



## The effect of adding emulsifier and multienzyme in diets containing rapeseed meal with different energy levels on performance, intestinal morphology and digesta viscosity in broiler chickens

Sepideh Gazani<sup>1</sup> , Mansour Rezaei<sup>2</sup> , Mohammad Kazemifard<sup>3</sup>

1. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: [sepidehgazani25@gmail.com](mailto:sepidehgazani25@gmail.com)
2. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: [mrezaei2000@yahoo.com](mailto:mrezaei2000@yahoo.com)
3. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: [mo.kazemifard@gmail.com](mailto:mo.kazemifard@gmail.com)

| Article Info                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Article type:</b><br>Research Article                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | In a 2×2×2 factorial experiment, the effect of two levels of multienzyme Vemozyme (0 and 0.01%) and two levels of emulsifier (0 and 0.05%) in a diet containing rapeseed meal with two levels of energy (recommended and 100 kcal lower than the recommended level) on performance, intestinal morphology and digesta viscosity in 800 Ross male broilers chickens were investigated for 42 days. Using enzyme in the starter, grower and the whole period of the experiment, improved feed conversion ratio, villus surface area and reduced digesta viscosity in the jejunum and ileum. Adding an emulsifier to diet improved feed conversion ratio in the starter, finisher and the whole period and increased the villus length and decreased digesta viscosity in the jejunum. Recommended energy level improved feed conversion ratio in the grower, finisher and the whole period of the experiment, and increased the villus length in the duodenum. The three interaction effects of enzyme and emulsifier in the diet with low energy level in the finisher and the whole period, compared to diets with the recommended level of energy with enzyme or emulsifier had no significant effect on feed conversion ratio. The results of the present experiment, showed that use of multienzyme, Vemozyme and emulsifier in diets containing canola meal, with low energy level improved feed conversion ratio in the finisher, and whole periods, increased the villus surface area and reduced digesta viscosity in the jejunum. |
| <b>Article history:</b><br>Received: 29 July 2024<br>Received in revised form:<br>28 October 2024<br>Accepted: 29 October 2024<br>Published online: Summer 2025                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Keywords:</b><br><i>Broilers,</i><br><i>Emulsifier,</i><br><i>Feed Conversion ratio,</i><br><i>Multi-enzyme,</i><br><i>Viscosity.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Cite this article:</b> 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, intestinal morphology and digesta viscosity in broiler chickens. <i>Iranian Journal of Animal Science</i> , 56 (2), 283-300. DOI: <a href="https://doi.org/10.22059/ijas.2024.379324.654020">https://doi.org/10.22059/ijas.2024.379324.654020</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



Publisher: The University of Tehran Press.

[10.22059/ijas.2024.379324.654020](https://doi.org/10.22059/ijas.2024.379324.654020)

### Extended Abstract

#### Introduction

Formulating rations with low density and feed substitutes will reduce costs. Protein and energy are the most expensive components of the diet. Some anti-nutritional compounds such as non-starch polysaccharides in the food ration components is one of the problems of ration preparation in poultry farming. The non-starch polysaccharides in the diet increase the viscosity in the intestine, prevent the effective functioning of digestive enzymes and reduce the availability of nutrients. Dietary non-starch polysaccharides directly and indirectly affect digestive function through their effects on the growth and morphology of the digestive tract. Dietary fat and oil are sources of energy supply for broiler chickens diets. The digestive system of broiler chickens has less ability to produce endogenous emulsifier in the first weeks, therefore, the ability to digest fat in the intestine at a young age is not efficient for optimal energy supply. It appears that the use of appropriate supplements (such as enzymes and emulsifiers) can enhance nutrient availability and digestibility in diets. Therefore, this study was conducted to evaluate the effects of adding multi-enzyme, Vemozyme and emulsifier in diets

containing rapeseed meal and its influence on the growth performance, intestinal morphology and viscosity of digestive contents in broiler chickens fed with diet containing different levels of energy.

### **Materials and methods**

A total of 800 one-day-old male broiler chickens of Ross 308 strain were used in a design with 8 treatments and 5 replicates per each during 1 to 42 days of age. This experiment was conducted as a completely randomized design with a 2x2x2 factorial arrangement of treatments including two levels of energy (recommended and one hundred kcal less than the recommended amount), two levels of multi-enzyme (Vemozyme) (0 and 0.01% of diet) and two levels of emulsifier (0 and 0.05% of diet). The diets used were: 1) Diet with the recommended energy level without adding multi-enzyme and emulsifier 2) Diet with the recommended energy level with the addition of multi-enzyme 3) Diet with the recommended energy level with the addition of emulsifier 4) Diet with the recommended energy level with the addition of multi-enzyme and emulsifier 5) Diet with reduced energy level (100 kcal less than the recommended amount) without adding multi-enzyme and emulsifier 6) Diet with reduced energy level (100 kcal less than the recommended amount) with the addition of multi-enzyme 7) Diet with reduced energy level (100 kcal less than the recommended amount) with the addition of emulsifier 8) diet with reduced energy level (100 kcal less than the recommended amount) with the addition of multi-enzyme and emulsifier. Also, in the starter, grower and finisher periods, rapeseed meal was used in the amount of 6, 10 and 18% respectively.

### **Results**

Using enzyme in the starter, grower and the whole period of the experiment, improved feed conversion ratio villus surface area and reduced digesta viscosity in the jejunum and ileum. Adding emulsifier to diet improved feed conversion ratio in the starter, finisher and the whole period and increased the villus length and decreased digesta viscosity in the jejunum. Recommended energy level improved feed conversion ratio in the grower, finisher and the whole period of the experiment, and increased the villus length in the duodenum. The three interaction effects of enzyme and emulsifier in the diet with low energy level in the finisher and the whole period, compared to diets with the recommended level of energy with enzyme or emulsifier had not significant effect on feed conversion ratio. The results of the present experiment, showed that use of multienzyme, Vemozyme and emulsifier in diets containing canola meal, with low energy level enhanced feed conversion ratio in the finisher, and whole periods, increased the villus surface area and reduced digesta viscosity in the jejunum.

### **Conclusion**

The results of the present experiment, showed that the use of multi-enzyme, Vemozyme or emulsifier in diets containing rapeseed meal with energy levels lower than the recommended improved the feed conversion ratio in the finisher and whole periods, intestinal morphology and reduced digesta viscosity in the jejunum.

### **Author Contributions**

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

### **Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank all participants of the present study.

### **Ethical considerations**

The study was approved by the Ethics Committee of the Sari Agricultural Sciences and Natural resources University (Ethical code: IR.UT.RES.2024.500). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

### **Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.



## اثر افزودن امولسیفایر و مولتی آنزیم در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا با سطوح متفاوت انرژی بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده و گرانروی محتویات گوارشی در جوجه‌های گوشتی

سپیده گزانی<sup>۱</sup> | منصور رضایی<sup>۲</sup> | محمد کاظمی فرد<sup>۳</sup>

۱. گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: [sepidehgazani25@gmail.com](mailto:sepidehgazani25@gmail.com)
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: [mrezaei2000@yahoo.com](mailto:mrezaei2000@yahoo.com)
۳. گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: [mo.kazemifard@gmail.com](mailto:mo.kazemifard@gmail.com)

| اطلاعات مقاله                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>نوع مقاله:</b></p> <p>مقاله پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۳/۰۵/۰۸</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۳/۰۸/۰۷</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۳/۰۸/۰۹</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> تابستان ۱۴۰۴</p> <p><b>کلیدواژه‌ها:</b></p> <p>امولسیفایر، جوجه‌های گوشتی،<br/>ضریب تبدیل خوراک، گرانروی،<br/>مولتی آنزیم.</p> | <p>در یک آزمایش فاکتوریل ۲×۲×۲، اثر دو سطح مولتی آنزیم و موزایم (صفر و ۰/۱ درصد) و دو سطح امولسیفایر (صفر و ۰/۰۵ درصد) در جیره حاوی کنجاله کلزا با دو سطح انرژی (توصیه شده و ۱۰۰ کیلو کالری کمتر) بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده و گرانروی محتویات گوارشی، ۸۰۰ جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ به مدت ۴۲ روز بررسی شد. استفاده از آنزیم در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک، مساحت پرز و کاهش گرانروی محتویات هضمی در ژژنوم و ایلئوم شد. افزودن امولسیفایر به جیره، سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره و افزایش ارتفاع پرز در ژژنوم و کاهش گرانروی محتویات هضمی در ژژنوم شد. سطح انرژی توصیه شده، سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره آزمایش و افزایش ارتفاع پرز در دئودنوم شد. اثر متقابل آنزیم و امولسیفایر سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره در مقایسه با جیره‌های بدون افزودن آنزیم و امولسیفایر شد. اثر متقابل آنزیم و امولسیفایر در جیره با سطح پایین انرژی در دوره پایانی در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی با استفاده از آنزیم و یا امولسیفایر تاثیر معنی دار بر ضریب تبدیل خوراک نداشت. نتایج این آزمایش نشان داد، استفاده از مولتی آنزیم و موزایم و امولسیفایر در جیره‌های حاوی کلزا، با سطح انرژی پایین‌تر از مقدار توصیه شده سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی و کل دوره، افزایش مساحت پرز و کاهش گرانروی محتویات هضمی در ژژنوم شد.</p> |

**استناد:** گزانی، سپیده؛ رضایی، منصور و کاظمی فرد، محمد (۱۴۰۴). اثر افزودن امولسیفایر و مولتی آنزیم در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا با سطوح متفاوت انرژی بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده و گرانروی محتویات گوارشی در جوجه‌های گوشتی. نشریه علوم دامی ایران، ۵۶ (۲)، ۳۶۹-۳۸۹. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.379324.654020>



© نویسندگان.

[0.22059/ijas.2024.379324.654020](https://doi.org/10.22059/ijas.2024.379324.654020)

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## مقدمه

مصرف گوشت طیور در کشورهای در حال توسعه، افزایش یافته که این امر موجب افزایش تقاضا و قیمت مواد اولیه خوراک شده است (FAO., 2020). بیشترین هزینه جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی مربوط به تامین انرژی و پروتئین می‌باشد (Classen., 2013). علاوه بر هزینه بالا، وجود برخی ترکیبات ضدتغذیه‌ای در مواد خوراکی از مشکلات تهیه جیره غذایی جوجه‌های گوشتی می‌باشد. محتوای بالای پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در دانه‌های غلات استفاده از آنها را در جیره طیور محدود کرده است. پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، گرانروی محتویات گوارشی را افزایش داده و اثرات منفی بر هضم و جذب و همچنین ریخت شناسی دیواره روده دارند (Wickramasuriya et al., 2019). پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای به دلیل ایجاد گرانروی، قابلیت دسترسی مواد مغذی را در جیره کاهش داده و موجب کاهش عملکرد موثر آنزیم‌های گوارشی و قابلیت هضم مواد مغذی می‌شوند (Tiwari et al., 2018). گرانروی، سرعت عبور مواد غذایی را در دستگاه گوارش کاهش داده و موجب کاهش مصرف خوراک می‌شود (Tejeda et al., 2021). پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای ۲۰ تا ۴۰ درصد از ماده خشک کنجاله کلزا را تشکیل می‌دهند (Slominski & Campbell., 1990) که شامل پلی‌ساکاریدهای پکتیکی (هموگالاکتورونان، رامنوگالاکتورونان I، آرابینان، گالاتومانان و آرابینوگالاکتان)، همی‌سلولزها (زایلوگلوکان، گلوکان و گلوکوروکسیلان) و سلولز می‌باشند (Long et al., 2022). کنجاله کلزا دارای فیبر غذایی نسبتاً بالا، به ویژه پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای است ولی منبع ارزشمندی از پروتئین برای طیور به شمار می‌آید (Watts et al., 2021). پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای کنجاله سویا شامل پلی‌ساکاریدهای پکتیکی از جمله رامنوگالاکتورونان‌ها، آرابینوگالاکتان I و زایلوگالاکتورونان هستند و حدود ۸ درصد از پلی‌ساکاریدهای باقیمانده را سلولز تشکیل می‌دهد (Choct et al., 2010). ذرت حاوی تقریباً ۸ درصد پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای نامحلول عمدتاً (آرابینوزایلانها، بتاگلوکان‌ها و سلولز) و مقدار کمی پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول است (Choct., 1997). این ترکیبات پیچیده از دسترسی آنزیم‌های درون‌زادی به نشاسته و پروتئین محبوس شده در سلول جلوگیری می‌کنند و در نتیجه ارزش غذایی جیره را کاهش می‌دهند. پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای جیره غذایی به طور مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد گوارشی از طریق تأثیر آن بر رشد و ریخت شناسی دستگاه گوارش تأثیر می‌گذارند (Kheraviet al., 2018). تأثیر پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای جیره غذایی بر دستگاه گوارش به کمیت و ترکیب فیزیکی و شیمیایی و ساختار آن بستگی دارد (Jha et al., 2019). پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول و نامحلول خواص بسیار متفاوتی دارند. پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول با وزن مولکولی بالا دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی می‌باشند که منجر به افزایش گرانروی و در نتیجه افزایش مصرف آب، افزایش رطوبت فضولات و کاهش کیفیت بستر، افزایش ترشحات درون‌زادی و در نتیجه اتلاف مواد مغذی می‌شود (Konieczka et al., 2018). در جیره‌های طیور استفاده از آنزیم‌های کربوهیدرازی (مانند بتاگلوکاناز و زایلاناز) دارای فوایدی از جمله هیدرولیز پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، کاهش گرانروی محتویات گوارشی و آزاد کردن مواد مغذی محبوس شده و بهبود استفاده از مواد مغذی و عملکرد رشد می‌باشد (Attia et al., 2020). تامین انرژی یکی از هزینه‌های اصلی در جیره غذایی حیوانات است (Classen., 2013). چربی و روغن جیره به عنوان منابع تامین انرژی و اسیدهای چرب ضروری، کمک به جذب ویتامین‌های محلول در چربی و بهبود کیفیت بافت خوراک (شاخص دوام پلت) در نظر گرفته می‌شوند (Hossain & Das., 2014). افزایش قابلیت هضم چربی می‌تواند باعث کاهش میزان چربی مورد استفاده در جیره، کاهش احتیاجات انرژی و هزینه‌های تولید جیره جوجه‌های گوشتی شود (Khonyoung et al., 2015). یکی از عواملی که استفاده از چربی را در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی مخصوصاً "در هفته اول پرورش محدود می‌کند، عدم هضم کارآمد چربی به دلیل محدودیت ترشح صفرا است (Lai et al., 2018). استفاده از امولسیفایرهای برون‌زادی در جیره طیور، بویژه در پرندگان جوان می‌تواند موجب کاهش اثرات محدودیت‌های فیزیولوژیکی دستگاه گوارش از نظر قابلیت هضم لیپیدها و تا حدی مواد مغذی دیگر شود (De oliveira et al., 2019). در نتیجه، استفاده از امولسیفایرها مانند لیزوفسفولیپیدها، لسیتین‌ها و لیزولسیتین‌ها در تهیه جیره‌های جوجه‌های گوشتی مورد توجه قرار گرفته است (Soares & Ilopez-bote., 2002). این پژوهش با هدف بررسی

اثر افزودن مولتی آنزیم و موزایم و امولسیفایر لیزوفسفولیپید در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا با سطوح متفاوت انرژی بر عملکرد، ریخت شناسی روده و میزان گرانروی محتویات گوارشی در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

## پیشینه پژوهش

### پیشینه نظری

منابع پروتئین گیاهی شامل کنجاله سویا، کنجاله پنبه دانه، کنجاله کلزا و سایر محصولات پس از استخراج روغن از دانه‌های روغنی است (Yadav & Jha., 2021). کنجاله سویا به عنوان یک منبع پروتئینی مناسب در جیره طیور استفاده می‌شود. به دلیل بالا بودن قیمت کنجاله سویا بسیاری از پرورش دهندگان طیور به دنبال منابع جایگزین پروتئینی هستند که ممکن است با هزینه کمتری در دسترس باشند (Laudadio & Tufarelli., 2010). کنجاله سویا با پوسته حاوی مقادیر قابل توجهی آلفاگالاکتوساکارید و بتامانان است این ترکیبات در کاهش استفاده از مواد مغذی نقش دارند (Choctet *et al.*, 2010). استفاده از کنجاله کلزا نیز به دلیل وجود عوامل ضد تغذیه‌ای مانند گلوکوزینولات و اسید اروسیک محدود است (Negawoldes., 2018). کنجاله کلزا، محصول جانبی روغن‌کشی از دانه کلزا، یک منبع پروتئینی مناسب در خوراک دام و طیور است (Leming *et al.*, 2005). در طیور به دلیل عدم وجود آنزیم ۱ و ۶ آلفاگالاکتوزیداز درون‌زادی در روده کوچک، آلفاگالاکتوساکاریدها قابل هضم نیستند (Gitzelmann & Auriccio., 1965). تجزیه تعداد زیادی از پیوندها در ساختمان پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای با استفاده از یک آنزیم به تنهایی امکان پذیر نیست بنابراین استفاده از چندین آنزیم جهت تجزیه انواع پیوندها، مورد نیاز می‌باشند. لیپیدها ترکیبات نامحلول در آب هستند و هضم آنها به کمک نمک‌های صفراوی و آنزیم لیپاز در محیط آبی در روده کوچک انجام می‌شود. نمک‌های صفراوی نقش کلیدی در تشکیل میسل ایفا می‌کنند که متعاقباً توسط سلول‌های مخاطی در روده کوچک جذب می‌شوند (Krogdahl, 1985). نمک‌های صفراوی موجب هیدولیز چربی‌های غذایی شده و به دنبال آن لیپاز پانکراس تری‌گلیسریدها را به ۲- مونوگلیسرید و اسیدهای چرب آزاد هیدرولیز می‌کند (Leeson & Summers, 2001). ماهیت آمفی پاتیک (دارا بودن گروه‌های قطبی و غیر قطبی) نمک‌های صفراوی کشش را در سطح مشترک روغن و آب کاهش می‌دهد و موجب می‌شوند که ذرات لیپیدی در محیط آبی روده پایدار باشند. امولسیفایرها نیز مانند نمک‌های صفراوی می‌توانند مایعات را، با کاهش کشش سطحی بین دو ماده که مخلوط کردن آنها دشوار است پخش کنند و عمق نفوذ را افزایش دهند (Hejidenet *et al.*, 2010). لیزوفسفولیپیدها امولسیفایرهای طبیعی هستند که از هیدرولیز لسیترین سویا توسط آنزیم فسفولیپاز A2 با جدا کردن یک اسید چرب آبگریز تولید می‌شوند (Joshi *et al.*, 2006). لیزوفسفولیپیدها نسبت به لسیترین در خواص هیدرولیز چربی کارآمدتر هستند این مساله نشان دهنده توانایی تشکیل میسل‌های کوچکتر در روده حیوانات و ایجاد سطح بزرگتر قطرات چربی برای برهمکنش موثرتر لیپاز پانکراس است (Jansen *et al.*, 2015).

امولسیفایرها شامل مولکول‌های آبدوست و آبگریز هستند که می‌توانند پراکندگی قطرات روغن را در مخلوط‌های روغن و آب بهبود بخشند در چنین مواردی امولسیفایرها می‌توانند جذب و هضم لیپیدها را افزایش دهند (Rovers *et al.*, 2014). سر آبدوست امولسیفایر به سمت فاز آبی و دم چربی دوست ترجیحاً با فاز روغن تعامل دارد. لیزوفسفولیپیدها دارای تعادل آبدوست - آبگریز (۱۲- ۲) مطلوبی هستند که این تعادل در لیزوفسفولیپیدها بیشتر از صفا و لسیترین است (Van Nieuwenhuyzen & Tomás., 2008). تعادل آبدوست- آبگریز، تعادل در اندازه و قدرت بخش‌های آبدوست و چربی دوست یک مولکول امولسیفایر است (Zheng *et al.*, 2015). عدد تعادل بین صفر تا بیست است. هر چه این عدد کمتر باشد به سمت چربی دوست بودن و هر چه بیشتر باشد به سمت آبدوست بودن گرایش دارد (Rovers *et al.*, 2014). مکمل‌سازی جیره‌های غذایی با آنزیم‌های برون‌زادی، مانند کربوهیدرازها، فیتازها، پروتئازها و لیپازها و همچنین امولسیفایرها باعث استفاده بهتر از مواد مغذی در جیره‌های

حاوی (محصولات جانبی غلات، چربی و روغن‌ها) و در نتیجه بهبود عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی می‌شوند (Giacobbo et al., 2021; Wickramasuriya et al., 2020).

پررها مهمترین مکان‌های جذب مواد مغذی هستند و افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت مستقیماً با هضم و جذب بالاتر مرتبط است (Leonard et al., 2011). نشان داده شده است که امولسیفایرها و آنزیم‌ها توانایی تجدید فیزیکی مخاط آسیب دیده را دارند (kamiya et al., 2004). امولسیفایر می‌تواند به طور بالقوه ساختار مخاط روده جوجه‌های گوشتی را با تقویت سنتز میسل در روده کوچک بهبود بخشد (Majdollahosseini et al., 2019).

### پیشینه تجربی

در تحقیقی تأثیر زمان و دفعات مختلف کاربرد مولتی آنزیم را در جیره‌های حاوی ذرت، کنجاله سویا و چاودار را در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد، جوجه‌های که به طور متناوب مولتی آنزیم را در روزهای ۱ تا ۲۱ یا روزهای ۲۲ تا ۳۷، دریافت کردند نسبت به جوجه‌هایی که مولتی آنزیم را به صورت مداوم دریافت کرده بودند، رشد و ضریب تبدیل خوراک بهتری را در طول دوره‌های مختلف پرورش داشتند (Attia et al., 2020).

در پژوهشی اثر استفاده از امولسیفایر (لیزولیسیتین) بر عملکرد رشد و قابلیت هضم انرژی و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش، افزودن ۰/۱ درصد امولسیفایر برون‌زادی به خوراک جوجه‌های گوشتی باعث بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل خوراک شد. افزودن ۰/۲ درصد امولسیفایر برون‌زادی موجب کاهش نیروی لازم جهت برش گوشت سینه و بهبود کیفیت گوشت شد (An et al., 2020).

در تحقیقی اثر افزودن لیزولیسیتین و مولتی آنزیم در جیره‌های حاوی ذرت، کنجاله سویا، چربی اشباع (پیه) و انرژی کمتر از سطح استاندارد مورد بررسی قرار گرفت نتایج بدست آمده نشان داد که افزودن مولتی آنزیم و امولسیفایر در جیره‌های با انرژی کم باعث بهبود عملکرد در جوجه‌های گوشتی شد. مکمل‌سازی جیره‌های کم انرژی با ۰/۱ درصد مولتی آنزیم و ۰/۱ درصد امولسیفایر موجب بهبود افزایش وزن بدن شد (Mohammadigheisari et al., 2018).

در تحقیقی اثر افزودن زایلاناز و امولسیفایر در جیره‌های حاوی گندم و ذرت و مخلوطی از چربی اشباع (پیه) و روغن غیر اشباع (روغن کلزا) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج این مطالعات نشان داد در جیره‌های آزمایشی که به طور همزمان با هر دو افزودنی مکمل شدند، کاهش گرانروی گوارشی مشاهده شده که احتمالاً به علت تخمیر مطلوب در سکوم، جایی که فعالیت آنزیم‌های باکتریایی در آن بیشتر است، می‌باشد (Kubis et al., 2020).

### روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر، ۸۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یکروزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲ در هشت تیمار با پنج تکرار (۲۰ قطعه جوجه گوشتی نر در هر تکرار) و ۴۰ واحد آزمایشی (پن) به ابعاد ۲×۱ توزیع و در سه دوره آغازین (۱۰-۱۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی)، پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) و به مدت ۴۲ روز در یک مزرعه پرورش مرغ گوشتی در شهرستان آمل پرورش داده شدند. دمای سالن در هفته نخست آزمایش در محدوده ۳۳ درجه سلسیوس تنظیم و به وسیله دماسنج نصب شده در سطح جوجه‌ها کنترل می‌شد. پس از آن هر هفته به میزان دو درجه از دمای تنظیم شده تا رسیدن به دمای ۲۴ درجه سلسیوس کاسته شد. رطوبت سالن در محدوده ۶۰ تا ۷۰ درصد تنظیم شد. از یک برنامه نوری بر اساس توصیه راهنمای پرورشی جوجه گوشتی راس ۳۰۸ (Specifications Nutrition, ROSS 2014) ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی استفاده شد. خوراک و آب در طول دوره آزمایش به صورت آزاد در اختیار جوجه‌های گوشتی قرار داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) جیره با سطح انرژی توصیه شده (۱۰۰ کیلو کالری کمتر از مقدار توصیه شده، بدون افزودن مولتی آنزیم و امولسیفایر (۲) جیره با سطح انرژی توصیه شده با افزودن مولتی آنزیم (۳) جیره با سطح انرژی توصیه شده با افزودن امولسیفایر (۴) جیره با سطح انرژی توصیه شده با افزودن مولتی آنزیم و امولسیفایر (۵) جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰

کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه شده) بدون افزودن مولتی آنزیم و امولسیفایر (۶ جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه شده) با افزودن مولتی آنزیم (۷ جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه شده) با افزودن امولسیفایر (۸ جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه شده) با افزودن مولتی آنزیم و امولسیفایر بودند (جدول ۱). همچنین در دوره آغازین، رشد و پایداری 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 تولید کننده) آنزیم و موزایم (حاوی آنزیم‌های کربوهیدرازی بتاماناز، زایلاناز، بتاگلوکاناز، سلولاز شرکت وومو ۹۹، بلغارستان) و جیره‌های حاوی امولسیفایر با ۵۰۰ گرم در تن (بر اساس توصیه تولید کننده) لیزوفسفولیپید دیپالیز (شرکت طلوعی دارو) مکمل شدند. تیمارهای آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲ با استفاده از نرم افزار آماری (SAS 2004) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از انجام آزمون همگنی واریانس‌ها، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد. مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش به این صورت بود:

$$Y = (A)_i + (B)_j + (C)_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + e_{ijkl} \quad \text{رابطه ۱)}$$

K: مقدار هر مشاهده؛  $\mu$ : میانگین جامعه؛ l: تکرار؛  $A_i$ : اثر انرژی؛  $B_j$ : اثر مولتی آنزیم؛  $C_k$ : اثر امولسیفایر؛  $AB_{ij}$ : اثر متقابل انرژی و مولتی آنزیم؛  $AC_{ik}$ : اثر متقابل انرژی و امولسیفایر؛  $BC_{jk}$ : اثر متقابل مولتی آنزیم و امولسیفایر؛  $ABC_{ijk}$ : اثر متقابل انرژی، مولتی آنزیم و امولسیفایر؛  $e_{ijkl}$ : خطای آزمایشی

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

| اجزای جیره (درصد) | آغازین (۱-۱۰ روزگی) | رشد (۱۱-۲۴ روزگی) | پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) | جیره غذایی | جیره غذایی | جیره غذایی |
|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------|------------|------------|
|                   | جیره غذایی          | جیره غذایی        | جیره غذایی           | جیره غذایی | جیره غذایی | جیره غذایی |
|                   | آزمایشی با          | آزمایشی با        | آزمایشی با           | آزمایشی با | آزمایشی با | آزمایشی با |
|                   | سطح انرژی           | سطح انرژی         | سطح انرژی            | سطح انرژی  | سطح انرژی  | سطح انرژی  |
|                   | توصیه شده           | توصیه شده         | توصیه شده            | توصیه شده  | توصیه شده  | توصیه شده  |
| ذرت               | ۵۱/۴۶               | ۵۰/۳۷             | ۴۹/۶۷                | ۵۲/۰۵      | ۴۸/۶۷      | ۵۱/۰۳      |
| کنجاله سویا       | ۳۱/۵۲               | ۳۱/۷۲             | ۲۹/۳۵                | ۲۸/۸۹      | ۲۱/۹۹      | ۲۱/۵۵      |
| کنجاله گلوتن ذرت  | ۴/۰۰                | ۴/۰۰              | ۲/۰۰                 | ۲/۰۰       | ۰/۰۰       | ۰/۰۰       |
| کنجاله کلزا       | ۶/۰۰                | ۶/۰۰              | ۱۰/۰۰                | ۱۰/۰۰      | ۱۸/۰۰      | ۱۸/۰۰      |
| روغن سویا         | ۲/۲۷                | ۱/۵۰              | ۴/۹۳                 | ۳/۰۰       | ۷/۸۹       | ۵/۹۶       |
| سنگ آهک           | ۱/۱۴                | ۱/۱۳              | ۰/۹۸                 | ۰/۹۹       | ۰/۸۱       | ۰/۸۲       |
| دی کلسیم فسفات    | ۱/۸۶                | ۱/۸۶              | ۱/۶۰                 | ۱/۶۰       | ۱/۳۷       | ۱/۳۷       |
| کلرید سدیم        | ۰/۲۶                | ۰/۲۶              | ۰/۲۶                 | ۰/۲۶       | ۰/۲۳       | ۰/۲۳       |
| بیکربنات سدیم     | ۰/۲۰                | ۰/۲۰              | ۰/۲۰                 | ۰/۲۰       | ۰/۲۰       | ۰/۲۰       |
| مکمل ویتامینی     | ۰/۲۵                | ۰/۲۵              | ۰/۲۵                 | ۰/۲۵       | ۰/۲۵       | ۰/۲۵       |

۱. مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره ۱۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۲۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D3، ۱۰ میلی گرم ویتامین E، ۱ میلی گرم ویتامین K، ۰/۰۱۵ میلی گرم ویتامین B12، ۱ میلی گرم تیامین (B1)، ۵ میلی گرم ریبوفلاوین (B2)، ۳۰ میلی گرم نیاسین (B3)، ۱/۵ میلی گرم پیریدوکسین هیدروکلراید (B6)، ۱۰ میلی گرم پانتوتنیک اسید (B5)، ۰/۰۵ میلی گرم بیوتین (B8)، ۱ میلی گرم اسید فولیک (B9) تامین نمود.

| آغازین (۱۰-۱ روزگی)                                      |                                                    | رشد (۲۴-۱۱ روزگی)                             |                                                    | پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)                          |                                                    |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| اجزای جیره (درصد)                                        | جیره غذایی<br>آزمایشی با<br>سطح انرژی<br>توصیه شده | جیره غذایی<br>آزمایشی با<br>کاهش سطح<br>انرژی | جیره غذایی<br>آزمایشی با<br>سطح انرژی<br>توصیه شده | جیره غذایی<br>آزمایشی با<br>کاهش سطح<br>انرژی | جیره غذایی<br>آزمایشی با<br>سطح انرژی<br>توصیه شده |
| مکمل معدنی                                               | ۰/۲۵                                               | ۰/۲۵                                          | ۰/۲۵                                               | ۰/۲۵                                          | ۰/۲۵                                               |
| دی-ال متیونین                                            | ۰/۳۱                                               | ۰/۳۱                                          | ۰/۲۵                                               | ۰/۲۵                                          | ۰/۲۰                                               |
| ال-لیزین                                                 | ۰/۴۰                                               | ۰/۳۹                                          | ۰/۲۲                                               | ۰/۲۴                                          | ۰/۱۵                                               |
| ال-ترئونین                                               | ۰/۰۹                                               | ۰/۰۹                                          | ۰/۰۳                                               | ۰/۰۴                                          | -                                                  |
| ماسه شسته                                                | ۱/۶۷                                               | -                                             | -                                                  | -                                             | -                                                  |
| آنزیم و موزایم                                           | ۰/۰۱                                               | -                                             | ۰/۰۱                                               | -                                             | ۰/۰۱                                               |
| لیزوفسفولیبید                                            | ۰/۰۵                                               | -                                             | ۰/۰۵                                               | -                                             | -                                                  |
| ترکیبات شیمیایی محاسبه شده                               |                                                    |                                               |                                                    |                                               |                                                    |
| انرژی قابل متابولیسم (کیلوگرم/کیلوکالری) پروتئین خام (%) | ۲۹۰۰                                               | ۲۸۰۰                                          | ۳۰۰۰                                               | ۲۹۰۰                                          | ۳۰۰۰                                               |
| کلسیم (%)                                                | ۰/۹۳                                               | ۰/۹۳                                          | ۰/۸۴                                               | ۰/۸۴                                          | ۰/۷۷                                               |
| فسفر قابل استفاده (%)                                    | ۰/۴۶                                               | ۰/۴۶                                          | ۰/۴۲                                               | ۰/۴۲                                          | ۰/۳۸                                               |
| سدیم (%)                                                 | ۰/۱۸                                               | ۰/۱۸                                          | ۰/۱۸                                               | ۰/۱۸                                          | ۰/۱۷                                               |
| لیزین (%)                                                | ۱/۳۹                                               | ۱/۳۹                                          | ۱/۲۵                                               | ۱/۲۵                                          | ۱/۱۲                                               |
| متیونین + سیستین (%)                                     | ۱/۰۴۰                                              | ۱/۰۴۰                                         | ۰/۹۶                                               | ۰/۹۶                                          | ۰/۸۸                                               |
| ترئونین (%)                                              | ۰/۹۳                                               | ۰/۹۳                                          | ۰/۸۵                                               | ۰/۸۵                                          | ۰/۷۶                                               |

وزن کشتی 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 وزن کشتی جوجه‌ها، با تفاضل خوراک داده شده و خوراک باقی‌مانده در دانخوری‌ها بدست آمد. ضریب تبدیل غذایی از تقسیم خوراک مصرفی بر افزایش وزن در هر واحد آزمایشی برای هر دوره و کل دوره آزمایشی محاسبه شد. همچنین تلفات روزانه وزن کشتی شده و در تصحیح ضریب تبدیل خوراک محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری گرانروی محتویات دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم، در سن ۴۲ روزگی از هر تکرار یک قطعه جوجه گوشتی با شرایط نزدیک به میانگین وزنی واحد آزمایشی، انتخاب و پس از توزین، کشتار شد. حدود یک و نیم گرم از محتویات دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم به داخل میکروتیوپ ریخته و در سانتیفریوژ با دور ۱۲۷۰۰ به مدت پنج دقیقه سانتیفریوژ شد. تمامی مقدار سوپرناتانت جدا شده را با اضافه کردن آب به حجم ۱۶ سی‌سی رسانده و سپس گرانروی آن توسط دستگاه ویسکومتر دیجیتال بروک فیلد (LVDVE مدل ۲۳۰ ساخت کشور آمریکا) با اسپیندل ۲۱ درمای ۲۵ درجه سانتیگراد با واحد سانتی پواز پس از ۱۰ ثانیه اندازه‌گیری شد. میانگین عدد به دست آمده از دو زیر نمونه به عنوان عدد ویسکوزیته برای آنالیز آماری مورد استفاده قرار گرفت (Jaroni et al., 1999).

جهت بررسی ریخت شناسی روده در ۴۲ روزگی از هر تکرار دو قطعه جوجه گوشتی با شرایط نزدیک به میانگین وزنی گروه انتخاب و پس از توزین، کشتار شدند. پس از باز کردن حفره شکمی قسمت ایلئوم، دودنوم و ژژنوم روده باریک تفکیک و پس از شستشو با سرم فیزیولوژیک، با محلول فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند. آماده‌سازی بافت شامل سه مرحله آگیری، شفاف‌سازی و آغشته‌گری نمونه‌ها است که به ترتیب با الکل، گزین و پارافین مذاب انجام شد. پس از قالب‌گیری نمونه‌ها، برش‌هایی از بافتهای مورد نظر تهیه شده و برای رنگ‌آمیزی از روش هماتوکسیلین و ائوزین استفاده شد، در نهایت ارتفاع پرز، و عمق کریپت با میکروسکوپ اندازه‌گیری شد (Bradley et al., 1994). ارتفاع پرز از نوک آن به محل اتصال پرز به کریپت همچنین عمق کریپت به عنوان عمق پیچ خوردگی بین پرزهای مجاور اندازه‌گیری شد. سطح پرز به روش (Sakamoto et al., 2000) از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{ارتفاع} \times \text{پرز عرض نصف} \times 2\pi = \text{پرز مساحت} \quad \text{رابطه ۲}$$

## یافته‌های پژوهشی

### عملکردی (افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل)

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۲، تاثیر 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. براساس نتایج بدست آمده نشان داده شد که تاثیر سطح انرژی جیره بر افزایش وزن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). بیشترین افزایش وزن مربوط به جیره‌های با سطوح انرژی توصیه شده بود. همچنین 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 ( $P < 0.05$ ). استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره و جیره‌های حاوی امولسیفایر در دوره‌های 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 مشاهده شد. استفاده از آنزیم بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره و استفاده از امولسیفایر در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). بهترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم و همچنین جیره‌های حاوی امولسیفایر بود. اثر متقابل سطح انرژی و استفاده از آنزیم بر افزایش وزن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر افزایش وزن در دوره رشد و پایانی و کل دوره در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون و یا با استفاده از آنزیم تاثیر معنی‌داری نشان داد. اثر متقابل سطح انرژی و استفاده از آنزیم بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم به جیره‌های با سطح پایین انرژی در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون آنزیم بر ضریب تبدیل خوراک در دوره رشد و کل دوره در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون و یا با افزودن آنزیم تاثیر معنی‌داری نشان داد. اثر متقابل سطح انرژی و استفاده از آنزیم بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار شد ( $P < 0.05$ ). افزودن امولسیفایر به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره رشد و کل دوره در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون و یا با افزودن امولسیفایر تاثیر معنی‌داری نشان داد. افزودن امولسیفایر به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن امولسیفایر تاثیر معنی‌داری نشان داد. اثر متقابل استفاده از آنزیم و امولسیفایر در دوره آغازین بر افزایش وزن معنی‌دار شد ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم و امولسیفایر به جیره در دوره آغازین بر افزایش وزن در مقایسه با جیره‌های بدون افزودن آنزیم و امولسیفایر تاثیر معنی‌داری نشان داد. اثر استفاده از آنزیم و امولسیفایر در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره بر ضریب تبدیل خوراک معنی‌دار شد ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم و امولسیفایر به جیره بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین و پایانی و کل دوره در مقایسه با جیره‌های بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر تاثیر معنی‌داری نشان داد.

جدول ۲. اثرات اصلی و اثرات متقابل دو جانبه تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

| اثر سطح انرژی | دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) |                      |                      | دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی) |                     |                      | دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) |                      |                      | کل دوره (۴۲-۱ 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) |
|               | تبدیل                    | وزن                  | تبدیل                | تبدیل                  | وزن                 | تبدیل                | تبدیل                     | وزن                  | تبدیل                | تبدیل                 | وزن                  | تبدیل                |
| توصیه شده     | ۲۰۱/۲۰                   | ۲۰۱/۸۵               | ۰/۹۹                 | ۱۰۷۷/۸۵ <sup>b</sup>   | ۷۶۹/۸۵ <sup>a</sup> | ۱/۴۰ <sup>b</sup>    | ۲۹۹۴/۱۵                   | ۱۶۱۳/۵۵ <sup>a</sup> | ۱/۸۵ <sup>b</sup>    | ۴۲۷۳/۳۰               | ۲۶۲۲/۹۵ <sup>a</sup> | ۱/۶۳ <sup>b</sup>    |
| کاهش انرژی    | ۲۰۳/۰۵                   | ۱۹۹/۹۵               | ۱/۰۱                 | ۱۱۰۲/۵۵ <sup>a</sup>   | ۷۱۱/۶۰ <sup>b</sup> | ۱/۵۵ <sup>a</sup>    | ۳۰۱۲/۱۰                   | ۱۵۸۷/۶۵ <sup>b</sup> | ۱/۸۸ <sup>a</sup>    | ۴۳۰۳/۹۵               | ۲۵۳۷/۱۰ <sup>b</sup> | ۱/۷۰ <sup>a</sup>    |
| P-value       | ۰/۴۸                     | ۰/۴۷                 | ۰/۲۷                 | ۰/۰۱                   | ۰/۰۰۱               | ۰/۰۰۱                | ۰/۷۵                      | ۰/۰۰۰۵               | ۰/۰۰۳                | ۰/۰۵                  | ۰/۰۰۰۱               | ۰/۰۰۰۱               |
| SEM           | ۱/۸۷                     | ۱/۸۶                 | ۰/۰۱                 | ۶/۶۲                   | ۳/۹۶                | ۰/۰۱                 | ۹/۴۲                      | ۴/۷۴                 | ۰/۰۰۷                | ۱۰/۹۷                 | ۴/۹۶                 | ۰/۰۰۴                |
| اثر سطح انرژی | ۲۰۴/۲۵                   | ۱۹۷/۸۵ <sup>b</sup>  | ۱/۰۳ <sup>a</sup>    | ۱۰۹۲/۷۵                | ۷۳۱/۶۵ <sup>b</sup> | ۱/۴۹ <sup>a</sup>    | ۳۰۰۴/۲۰                   | ۱۵۹۸/۸۰              | ۱/۸۷                 | ۴۳۰۱/۳۰               | ۲۵۶۶/۱۵ <sup>b</sup> | ۱/۶۷ <sup>a</sup>    |
| ۰/۰۱          | ۱۹۹/۹۰                   | ۲۰۳/۹۵ <sup>a</sup>  | ۰/۹۸ <sup>b</sup>    | ۱۰۸۷/۶۵                | ۷۴۹/۸۰ <sup>a</sup> | ۱/۴۵ <sup>b</sup>    | ۲۹۸۸/۳۰                   | ۱۶۰۲/۴۰              | ۱/۸۶                 | ۴۲۷۵/۸۵               | ۲۵۹۳/۹۰ <sup>a</sup> | ۱/۶۴ <sup>b</sup>    |
| P-value       | ۰/۱۰                     | ۰/۰۲                 | ۰/۰۰۲                | ۰/۵۹                   | ۰/۰۰۲               | ۰/۰۰۵                | ۰/۲۴                      | ۰/۵۹                 | ۰/۱۸                 | ۰/۱۱                  | ۰/۰۰۰۴               | ۰/۰۰۰۲               |
| SEM           | ۱/۸۷                     | ۱/۸۶                 | ۰/۰۱                 | ۶/۶۲                   | ۳/۹۶                | ۰/۰۱                 | ۹/۴۲                      | ۴/۷۴                 | ۰/۰۰۷                | ۱۰/۹۷                 | ۴/۹۶                 | ۰/۰۰۴                |
| اثر سطح       | ۲۰۳/۶۰                   | ۱۹۷/۹۰ <sup>b</sup>  | ۱/۰۳ <sup>a</sup>    | ۱۰۹۱/۲۰                | ۷۳۶/۰۰              | ۱/۴۸                 | ۳۰۰۸/۷۵                   | ۱۵۹۳/۸۵              | ۱/۸۸ <sup>a</sup>    | ۴۳۰۳/۵۵               | ۲۵۶۵/۰ <sup>b</sup>  | ۱/۶۷ <sup>a</sup>    |
| ۰/۰۵          | ۲۰۰/۶۵                   | ۲۰۳/۹۰ <sup>a</sup>  | ۰/۹۸ <sup>b</sup>    | ۱۰۸۹/۲۰                | ۷۴۵/۴۵              | ۱/۴۶                 | ۲۹۸۳/۷۵                   | ۱۶۰۷/۳۵              | ۱/۸۵ <sup>b</sup>    | ۴۲۷۳/۶۰               | ۲۵۹۴/۵۵ <sup>a</sup> | ۱/۶۴ <sup>b</sup>    |
| P-value       | ۰/۲۷                     | ۰/۰۲                 | ۰/۰۱                 | ۰/۸۳                   | ۰/۱۰                | ۰/۱۵                 | ۰/۰۶                      | ۰/۰۵                 | ۰/۰۰۴                | ۰/۰۶                  | ۰/۰۰۰۲               | ۰/۰۰۰۱               |
| SEM           | ۱/۸۷                     | ۱/۸۶                 | ۰/۰۱                 | ۶/۶۲                   | ۳/۹۶                | ۰/۰۱                 | ۹/۴۲                      | ۴/۷۴                 | ۰/۰۰۷                | ۱۰/۹۷                 | ۴/۹۶                 | ۰/۰۰۴                |
| اثرات متقابل  | ۲۰۳/۱۰                   | ۱۹۹/۸۰               | ۱/۰۱ <sup>ab</sup>   | ۱۰۷۹/۷۰                | ۷۶۵/۰۰ <sup>a</sup> | ۱/۴۱ <sup>c</sup>    | ۲۹۹۲/۵۰                   | ۱۶۱۲/۷۰ <sup>a</sup> | ۱/۸۵ <sup>b</sup>    | ۴۲۷۵/۳۰               | ۲۶۱۵/۳۰ <sup>a</sup> | ۱/۶۳ <sup>c</sup>    |
| توصیه شده ×   | ۱۹۹/۳۰                   | ۲۰۳/۹۰               | ۰/۹۷ <sup>b</sup>    | ۱۰۷۶/۰۰                | ۷۷۴/۷۰ <sup>a</sup> | ۱/۳۸ <sup>c</sup>    | ۲۹۹۵/۸۰                   | ۱۶۱۴/۴۰ <sup>a</sup> | ۱/۸۵ <sup>b</sup>    | ۴۲۷۱/۱۰               | ۲۶۳۰/۶۰ <sup>a</sup> | ۱/۶۳ <sup>c</sup>    |
| توصیه شده ×   | ۰/۰۱                     | ۰/۰۱                 | ۰/۹۷ <sup>b</sup>    | ۱۰۷۶/۰۰                | ۷۷۴/۷۰ <sup>a</sup> | ۱/۳۸ <sup>c</sup>    | ۲۹۹۵/۸۰                   | ۱۶۱۴/۴۰ <sup>a</sup> | ۱/۸۵ <sup>b</sup>    | ۴۲۷۱/۱۰               | ۲۶۳۰/۶۰ <sup>a</sup> | ۱/۶۳ <sup>c</sup>    |
| کم انرژی ×    | ۲۰۵/۶۰                   | ۱۹۵/۹۰               | ۱/۰۵ <sup>a</sup>    | ۱۱۰۵/۸۰                | ۶۹۸/۳۰ <sup>c</sup> | ۱/۵۸ <sup>a</sup>    | ۳۰۱۵/۹۰                   | ۱۵۸۴/۹۰ <sup>b</sup> | ۱/۹۰ <sup>a</sup>    | ۴۳۲۷/۳۰               | ۲۵۱۷/۰۰ <sup>c</sup> | ۱/۷۱ <sup>a</sup>    |
| کم انرژی ×    | ۲۰۰/۵۰                   | ۲۰۴/۰۰               | ۰/۹۸ <sup>b</sup>    | ۱۰۹۹/۳۰                | ۷۲۴/۹۰ <sup>b</sup> | ۱/۵۱ <sup>b</sup>    | ۲۹۸۰/۸۰                   | ۱۵۹۰/۴۰ <sup>b</sup> | ۱/۸۷ <sup>ab</sup>   | ۴۲۸۰/۶۰               | ۲۵۵۷/۲۰ <sup>b</sup> | ۱/۶۷ <sup>b</sup>    |
| ۰/۰۱          | ۰/۳۱                     | ۰/۱۲                 | ۰/۰۱                 | ۰/۰۵                   | ۰/۰۰۱               | ۰/۰۰۱                | ۰/۳۴                      | ۰/۰۰۸                | ۰/۰۲                 | ۰/۰۵                  | ۰/۰۰۰۱               | ۰/۰۰۰۱               |
| P-value       | ۲/۵۴                     | ۲/۷۰                 | ۰/۰۱                 | ۸/۸۴                   | ۵/۵۵                | ۰/۰۱                 | ۱۳/۵۹                     | ۷/۱۳                 | ۰/۰۱                 | ۱۵/۷۳                 | ۸/۴۵                 | ۰/۰۰۸                |
| SEM           | ۲/۵۴                     | ۲/۷۰                 | ۰/۰۱                 | ۸/۸۴                   | ۵/۵۵                | ۰/۰۱                 | ۱۳/۵۹                     | ۷/۱۳                 | ۰/۰۱                 | ۱۵/۷۳                 | ۸/۴۵                 | ۰/۰۰۸                |
| اثرات متقابل  | ۲۰۲/۶۰                   | ۱۹۸/۳۰               | ۱/۰۲                 | ۱۰۷۹/۱۰                | ۷۶۳/۳۰ <sup>a</sup> | ۱/۴۱ <sup>b</sup>    | ۳۰۰۴/۹۰                   | ۱۶۱۰/۹۰ <sup>a</sup> | ۱/۸۶ <sup>b</sup>    | ۴۲۸۶/۶۰               | ۲۶۱۰/۱۰ <sup>b</sup> | ۱/۶۴ <sup>c</sup>    |
| توصیه شده ×   | ۱۹۹/۸۰                   | ۲۰۵/۴۰               | ۰/۹۷                 | ۱۰۷۶/۶۰                | ۷۷۶/۴۰ <sup>a</sup> | ۱/۳۸ <sup>b</sup>    | ۲۹۸۲/۴۰                   | ۱۶۱۶/۲۰ <sup>a</sup> | ۱/۸۴ <sup>b</sup>    | ۴۲۵۹/۸۰               | ۲۶۳۵/۸۰ <sup>a</sup> | ۱/۶۱ <sup>d</sup>    |
| توصیه شده ×   | ۰/۰۵                     | ۰/۰۵                 | ۰/۹۷                 | ۱۰۷۶/۶۰                | ۷۷۶/۴۰ <sup>a</sup> | ۱/۳۸ <sup>b</sup>    | ۲۹۸۲/۴۰                   | ۱۶۱۶/۲۰ <sup>a</sup> | ۱/۸۴ <sup>b</sup>    | ۴۲۵۹/۸۰               | ۲۶۳۵/۸۰ <sup>a</sup> | ۱/۶۱ <sup>d</sup>    |
| کم انرژی ×    | ۲۰۴/۶۰                   | ۱۹۷/۵۰               | ۱/۰۳                 | ۱۱۰۳/۳۰                | ۷۰۸/۷۰ <sup>b</sup> | ۱/۵۵ <sup>a</sup>    | ۳۰۱۲/۶۰                   | ۱۵۷۶/۸۰ <sup>b</sup> | ۱/۹۱ <sup>a</sup>    | ۴۳۲۰/۵۰               | ۲۵۲۰/۹۰ <sup>d</sup> | ۱/۷۱ <sup>a</sup>    |
| کم انرژی ×    | ۲۰۱/۵۰                   | ۲۰۲/۴۰               | ۰/۹۹                 | ۱۱۰۱/۸۰                | ۷۱۴/۵۰ <sup>b</sup> | ۱/۵۴ <sup>a</sup>    | ۲۹۸۴/۱۰                   | ۱۵۹۸/۵۰ <sup>a</sup> | ۱/۸۶ <sup>b</sup>    | ۴۲۸۷/۴۰               | ۲۵۵۳/۳۰ <sup>c</sup> | ۱/۶۷ <sup>b</sup>    |
| ۰/۰۵          | ۰/۶۲                     | ۰/۱۵۸۷               | ۰/۰۸                 | ۰/۰۶                   | ۰/۰۰۱               | ۰/۰۰۱                | ۰/۳۳                      | ۰/۰۰۰۹               | ۰/۰۰۲                | ۰/۰۸                  | ۰/۰۰۰۱               | ۰/۰۰۰۱               |
| P-value       | ۲/۶۰                     | ۲/۷۲                 | ۰/۰۱                 | ۸/۸۸                   | ۶/۲۵                | ۰/۰۱                 | ۱۳/۵۷                     | ۶/۶۶                 | ۰/۰۱                 | ۱۵/۹۰                 | ۸/۵۶                 | ۰/۰۰۸                |
| SEM           | ۲/۶۰                     | ۲/۷۲                 | ۰/۰۱                 | ۸/۸۸                   | ۶/۲۵                | ۰/۰۱                 | ۱۳/۵۷                     | ۶/۶۶                 | ۰/۰۱                 | ۱۵/۹۰                 | ۸/۵۶                 | ۰/۰۰۸                |
| اثرات متقابل  | ۲۰۵/۹۰                   | ۱۹۴/۳۰ <sup>b</sup>  | ۱/۰۶ <sup>a</sup>    | ۱۰۹۴/۳۰                | ۷۲۷/۵۰              | ۱/۵۰                 | ۳۰۱۱/۳۰                   | ۱۵۹۶/۸۰              | ۱/۸۸ <sup>a</sup>    | ۴۳۱۱/۵۰ <sup>a</sup>  | ۲۵۵۶/۴۰              | ۱/۶۸ <sup>a</sup>    |
| ۰ ×           | ۲۰۲/۸۰                   | ۲۰۱/۴۰ <sup>ab</sup> | ۱/۰۰ <sup>ab</sup>   | ۱۰۹۱/۲۰                | ۷۳۵/۸۰              | ۱/۴۸                 | ۲۹۹۷/۱۰                   | ۱۶۰۰/۸۰              | ۱/۸۷ <sup>ab</sup>   | ۴۲۹۱/۱۰ <sup>ab</sup> | ۲۵۷۵/۹۰              | ۱/۶۶ <sup>ab</sup>   |
| ۰ ×           | ۲۰۱/۳۰                   | ۲۰۱/۵۰ <sup>ab</sup> | ۰/۹۹ <sup>b</sup>    | ۱۰۸۸/۱۰                | ۷۴۴/۵۰              | ۱/۴۶                 | ۳۰۰۶/۲۰                   | ۱۵۹۰/۹۰              | ۱/۸۹ <sup>a</sup>    | ۴۲۹۵/۶۰ <sup>ab</sup> | ۲۵۷۴/۶۰              | ۱/۶۶ <sup>ab</sup>   |
| ۰ ×           | ۱۹۸/۵۰                   | ۲۰۶/۴۰ <sup>a</sup>  | ۰/۹۶ <sup>b</sup>    | ۱۰۸۷/۲۰                | ۷۵۵/۱۰              | ۱/۴۴                 | ۲۹۷۰/۴۰                   | ۱۶۱۳/۹۰              | ۱/۸۴ <sup>b</sup>    | ۴۲۵۶/۱۰ <sup>b</sup>  | ۲۶۱۳/۲۰              | ۱/۶۳ <sup>b</sup>    |
| ۰/۰۱          | ۰/۲۳                     | ۲/۵۴                 | ۰/۰۱                 | ۹/۷۵                   | ۱۱/۱۶               | ۰/۰۲                 | ۱۳/۲۲                     | ۱۱/۶۶                | ۰/۰۱                 | ۱۶/۰۹                 | ۱۵/۹۵                | ۰/۰۱                 |
| P-value       | ۲/۵۱                     | ۲/۵۴                 | ۰/۰۱                 | ۹/۷۵                   | ۱۱/۱۶               | ۰/۰۲                 | ۱۳/۲۲                     | ۱۱/۶۶                | ۰/۰۱                 | ۱۶/۰۹                 | ۱۵/۹۵                | ۰/۰۱                 |
| SEM           | ۲/۵۱                     | ۲/۵۴                 | ۰/۰۱                 | ۹/۷۵                   | ۱۱/۱۶               | ۰/۰۲                 | ۱۳/۲۲                     | ۱۱/۶۶                | ۰/۰۱                 | ۱۶/۰۹                 | ۱۵/۹۵                | ۰/۰۱                 |

<sup>a-b</sup>: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ). SEM: خطای استاندارد میانگین

اثرات متقابل سه جانبه 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 توصیه شده 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 هر دو افزودنی نشان دادند. در دوره پایانی استفاده از جیره‌های با سطح پایین انرژی و استفاده از آنزیم و یا امولسیفایر با سطح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و یا با هر دو افزودنی نسبت به جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسیفایر یا هر دو افزودنی افزایش وزن بهتری را نشان دادند. اثرات متقابل سطح انرژی، استفاده از آنزیم و امولسیفایر بر ضریب تبدیل خوراک در دوره 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 سطح انرژی توصیه شده بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر و همچنین جیره‌های با سطح پایین انرژی، بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر شد. در دوره رشد ضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسیفایر و یا با افزودن آنزیم یا امولسیفایر و یا هر دو افزودنی در مقایسه با جیره‌های با سطح 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 سطح 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 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 سطح پایین انرژی بدون افزودن و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسیفایر و یا هر دو افزودنی نشان دادند.

جدول ۳. اثرات متقابل سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

| اثرات متقابل سطح انرژی آنزیم و امولسیفایر | دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) |                  |                      | دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی) |                      |                      | دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) |                        |                      | کل دوره (۱-۴۲ 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) |
| توصیه شده $0.05 \times 0.01$              | ۲۰۴/۴۰                   | ۱۹۶/۴۰           | ۱/۰۴ <sup>ab</sup>   | ۱۰۸۱/۴۰                | ۷۵۸/۶۰ <sup>a</sup>  | ۱/۴۲ <sup>c</sup>    | ۳۰۰۵/۲۰                   | ۱۶۱۱/۲۰ <sup>abc</sup> | ۱/۸۶ <sup>bc</sup>   | ۴۲۹۱/۰۰              | ۲۶۰۳/۸۰ <sup>bc</sup> | ۱/۶۴ <sup>b</sup>    |
| توصیه شده $0.05 \times 0.01$              | ۲۰۰/۸۰                   | ۲۰۰/۲۰           | ۱/۰۰ <sup>bc</sup>   | ۱۰۷۶/۸۰                | ۷۶۸/۰۰ <sup>a</sup>  | ۱/۴۰ <sup>c</sup>    | ۳۰۰۴/۶۰                   | ۱۶۱۰/۶۰ <sup>abc</sup> | ۱/۸۶ <sup>bc</sup>   | ۴۲۸۲/۲۰              | ۲۶۱۶/۴۰ <sup>ab</sup> | ۱/۶۳ <sup>bc</sup>   |
| توصیه شده $0.05 \times 0.01$              | ۲۰۱/۸۰                   | ۲۰۳/۲۰           | ۰/۹۹ <sup>bc</sup>   | ۱۰۷۸/۰۰                | ۷۷۱/۴۰ <sup>a</sup>  | ۱/۳۹ <sup>c</sup>    | ۲۹۷۹/۸۰                   | ۱۶۱۴/۲۰ <sup>ab</sup>  | ۱/۸۴ <sup>c</sup>    | ۴۲۵۹/۶۰              | ۲۶۲۶/۸۰ <sup>ab</sup> | ۱/۶۲ <sup>bc</sup>   |
| توصیه شده $0.05 \times 0.01$              | ۱۹۷/۸۰                   | ۲۰۷/۶۰           | ۰/۹۵ <sup>c</sup>    | ۱۰۷۵/۲۰                | ۷۸۱/۴۰ <sup>a</sup>  | ۱/۳۷ <sup>c</sup>    | ۲۹۸۷/۰۰                   | ۱۶۱۸/۲۰ <sup>a</sup>   | ۱/۸۴ <sup>c</sup>    | ۴۲۶۰/۰۰              | ۲۶۴۴/۸۰ <sup>a</sup>  | ۱/۶۱ <sup>c</sup>    |
| کم انرژی $0.05 \times 0.01$               | ۲۰۷/۴۰                   | ۱۹۲/۲۰           | ۱/۰۸ <sup>a</sup>    | ۱۱۰۷/۲۰                | ۶۹۶/۴۰ <sup>d</sup>  | ۱/۵۸ <sup>a</sup>    | ۳۰۱۷/۴۰                   | ۱۵۸۲/۴۰ <sup>cd</sup>  | ۱/۹۰ <sup>ab</sup>   | ۴۳۳۲/۰۰              | ۲۵۰۹/۰۰ <sup>d</sup>  | ۱/۷۳ <sup>a</sup>    |
| کم انرژی $0.05 \times 0.01$               | ۲۰۱/۸۰                   | ۲۰۲/۸۰           | ۰/۹۹ <sup>bc</sup>   | ۱۰۹۹/۴۰                | ۷۳۱/۰۰ <sup>bc</sup> | ۱/۵۲ <sup>ab</sup>   | ۳۰۰۷/۸۰                   | ۱۵۷۱/۲۰ <sup>d</sup>   | ۱/۹۱ <sup>a</sup>    | ۴۳۰۹/۰۰              | ۲۵۳۲/۸۰ <sup>d</sup>  | ۱/۷۰ <sup>a</sup>    |
| کم انرژی $0.05 \times 0.01$               | ۲۰۳/۸۰                   | ۱۹۹/۶۰           | ۱/۰۲ <sup>abc</sup>  | ۱۱۰۴/۴۰                | ۷۰۰/۲۰ <sup>cd</sup> | ۱/۵۷ <sup>a</sup>    | ۳۰۱۴/۴۰                   | ۱۵۸۷/۴۰ <sup>bcd</sup> | ۱/۸۹ <sup>ab</sup>   | ۴۳۲۲/۶۰              | ۲۵۲۵/۰۰ <sup>d</sup>  | ۱/۷۱ <sup>a</sup>    |
| کم انرژی $0.05 \times 0.01$               | ۱۹۹/۲۰                   | ۲۰۵/۲۰           | ۰/۹۷ <sup>bc</sup>   | ۱۰۹۹/۲۰                | ۷۳۸/۸۰ <sup>b</sup>  | ۱/۵۰ <sup>b</sup>    | ۲۹۵۳/۸۰                   | ۱۶۰۹/۶۰ <sup>abc</sup> | ۱/۸۳ <sup>c</sup>    | ۴۲۵۲/۲۰              | ۲۵۸۱/۶۰ <sup>c</sup>  | ۱/۶۴ <sup>b</sup>    |
| P-value                                   | ۰/۷۰                     | ۰/۱۳             | ۰/۰۱                 | ۰/۴۱                   | ۰/۰۰۱                | ۰/۰۰۱                | ۰/۲۸                      | ۰/۰۰۷                  | ۰/۰۰۱                | ۰/۰۰۹                | ۰/۰۰۱                 | ۰/۰۰۱                |
| SEM                                       | ۳/۷۴                     | ۳/۷۳             | ۰/۰۲                 | ۱۳/۲۵                  | ۷/۹۳                 | ۰/۰۲                 | ۱۸/۸۴                     | ۹/۴۸                   | ۰/۰۱                 | ۲۱/۹۵                | ۹/۹۲                  | ۰/۰۰۹                |

<sup>a-b</sup>: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ). SEM: خطای استاندارد میانگین

## ریخت شناسی روده

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۴، اثر سطح انرژی بر ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در دئودنوم و مساحت پرز در دئودنوم، ژرژنوم و ایلئوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). بیشترین ارتفاع و مساحت پرز مربوط به جیره‌های با سطوح توصیه شده انرژی بود. اثر استفاده از آنزیم بر ارتفاع پرز در دئودنوم، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در دئودنوم، ژرژنوم و ایلئوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). بیشترین نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز مربوط به جیره‌های با استفاده از آنزیم بود همچنین اثر استفاده از آنزیم بر عمق کریپت در ایلئوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). کمترین عمق کریپت مربوط به جیره‌های با استفاده از آنزیم بود. اثر استفاده از امولسیفایر بر ارتفاع پرز در ژرژنوم، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ژرژنوم و ایلئوم و مساحت پرز در دئودنوم، ژرژنوم و ایلئوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). بیشترین ارتفاع پرز، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز مربوط به جیره‌های با امولسیفایر بود. اثر استفاده از امولسیفایر بر عمق کریپت در ژرژنوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). کمترین عمق کریپت مربوط به جیره‌های با استفاده از امولسیفایر بود. اثر متقابل سطح انرژی و آنزیم بر ارتفاع پرز در دئودنوم و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در دئودنوم، ژرژنوم و ایلئوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر ارتفاع پرز، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در دئودنوم در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و یا با افزودن آنزیم تفاوت معنی داری را نشان داد. افزودن آنزیم به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در ژرژنوم و ایلئوم و عمق کریپت در ایلئوم در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و یا با افزودن آنزیم تفاوت معنی داری نشان داد. افزودن امولسیفایر در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در دئودنوم و ژرژنوم و مساحت پرز در دئودنوم و ژرژنوم و ایلئوم و همچنین عمق کریپت در ژرژنوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن امولسیفایر به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در دئودنوم در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن امولسیفایر و یا افزودن امولسیفایر تفاوت معنی داری نشان داد. افزودن امولسیفایر در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بر عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در ژرژنوم و مساحت پرز در ایلئوم در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون افزودن امولسیفایر و یا جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن امولسیفایر تفاوت معنی داری نشان داد. اثر متقابل استفاده از آنزیم و امولسیفایر بر ارتفاع پرز در ژرژنوم، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ژرژنوم و ایلئوم و مساحت پرز در دئودنوم، ژرژنوم و ایلئوم و عمق کریپت در ژرژنوم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم و امولسیفایر به جیره بر ارتفاع پرز در ژرژنوم، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ژرژنوم و ایلئوم و مساحت پرز در دئودنوم، ژرژنوم و ایلئوم و عمق کریپت در ژرژنوم در مقایسه با جیره‌های بدون افزودن آنزیم و امولسیفایر تفاوت معنی داری نشان داد.

جدول ۴. اثرات اصلی و اثرات متقابل دو جانبه تیمارهای آزمایشی بر ریخت شناسی روده باریک (دئودنوم، ژرژنوم، ایلئوم) جوجه های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (میکرومتر)

| اثر سطح انرژی | دئودنوم              |            |                              | ژرژنوم     |            |                              | ایلئوم     |            |                              |
|---------------|----------------------|------------|------------------------------|------------|------------|------------------------------|------------|------------|------------------------------|
|               | ارتفاع پرز           | عمق کریپت  | نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت | ارتفاع پرز | عمق کریپت  | نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت | ارتفاع پرز | عمق کریپت  | نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت |
|               | (میلی متر)           | (میلی متر) | (مربع)                       | (میلی متر) | (میلی متر) | (مربع)                       | (میلی متر) | (میلی متر) | (مربع)                       |
| توصیه شده     | ۱۲۹۰/۴۷ <sup>a</sup> | ۱۸۳/۴۰     | ۷/۰۴ <sup>a</sup>            | ۱۵۴/۹۶     | ۶/۵۳       | ۰/۵۰ <sup>a</sup>            | ۷۳۴/۱۶     | ۱۳۵/۳۸     | ۵/۳۶                         |
| کاهشانرژی     | ۱۰۹۴/۱۹ <sup>b</sup> | ۱۸۷/۲۸     | ۵/۸۴ <sup>b</sup>            | ۱۵۸/۳۵     | ۶/۳۴       | ۰/۴۸ <sup>b</sup>            | ۷۱۸/۶۸     | ۱۳۶/۲۱     | ۵/۲۹                         |
| P-value       | ۰/۰۰۰۱               | ۰/۰۰۰۱     | ۰/۰۰۰۱                       | ۰/۰۰۰۱     | ۰/۰۰۰۱     | ۰/۰۰۰۱                       | ۰/۰۰۰۱     | ۰/۰۰۰۱     | ۰/۰۰۰۱                       |
| SEM           | ۵/۰۹                 | ۱/۵۲       | ۰/۰۵                         | ۱/۵۷       | ۰/۰۷       | ۰/۰۰۵                        | ۲/۵۳       | ۱/۲۱       | ۰/۰۵                         |

| اثر سطح آنزیم      |                    |                     |        |                    |                    |                      |                      |                    |                   |               |                      |                      |
|--------------------|--------------------|---------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| ۰                  | ۰/۰۱               | P-value             | SEM    | اثر سطح امولسیفایر | ۰                  | ۰/۰۵                 | P-value              | SEM                | اثرات متقابل      | انرژی × آنزیم | توصیه شد ×           | توصیه شده ×          |
| ۰/۳۴ <sup>b</sup>  | ۵/۱۴ <sup>b</sup>  | ۱۳۹/۹۵ <sup>a</sup> | ۷۱۹/۵۵ | ۰/۴۶ <sup>b</sup>  | ۶/۳۱ <sup>b</sup>  | ۱۵۸/۲۹               | ۹۹۷/۱۲               | ۰/۵۸ <sup>b</sup>  | ۶/۳۰ <sup>b</sup> | ۱۸۷/۵۴        | ۱۱۸۰/۳۶ <sup>b</sup> | ۱۲۰۴/۳۱ <sup>a</sup> |
| ۰/۲۸ <sup>a</sup>  | ۵/۵۰ <sup>a</sup>  | ۱۳۱/۶۴ <sup>b</sup> | ۷۲۳/۲۸ | ۰/۵۲ <sup>a</sup>  | ۶/۵۶ <sup>a</sup>  | ۱۵۵/۰۳               | ۱۰۱۴/۹۳              | ۰/۶۳ <sup>a</sup>  | ۶/۵۸ <sup>a</sup> | ۱۸۳/۱۴        | ۱۱۸۶/۳۱ <sup>a</sup> | ۱۲۰۴/۳۱ <sup>a</sup> |
| ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱              | ۰/۳    | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۱               | ۰/۱۵                 | ۰/۰۵                 | ۰/۰۳               | ۰/۰۰۲             | ۰/۰۵          | ۰/۰۰۲۲               | ۰/۰۰۲۲               |
| ۰/۰۰۴              | ۰/۰۵               | ۱/۲۱                | ۲/۵۳   | ۰/۰۰۵              | ۰/۰۷               | ۱/۵۷                 | ۶/۱۹                 | ۰/۰۱               | ۰/۰۵              | ۱/۵۲          | ۵/۰۹                 | ۵/۰۹                 |
| ۰/۳۴ <sup>b</sup>  | ۵/۲۴ <sup>b</sup>  | ۱۳۷/۴۶              | ۷۱۹/۲۷ | ۰/۴۷ <sup>b</sup>  | ۶/۲۱ <sup>b</sup>  | ۱۶۰/۳۵ <sup>a</sup>  | ۹۹۴/۹۷ <sup>b</sup>  | ۰/۵۷ <sup>b</sup>  | ۶/۴۷              | ۱۸۵/۵۸        | ۱۱۹۸/۳۷              | ۱۱۸۶/۳۹              |
| ۰/۲۸ <sup>a</sup>  | ۵/۴۰ <sup>a</sup>  | ۱۳۴/۱۳              | ۷۲۳/۵۶ | ۰/۵۰ <sup>a</sup>  | ۶/۶۵ <sup>a</sup>  | ۱۵۲/۹۷ <sup>b</sup>  | ۱۰۱۷/۰۹ <sup>a</sup> | ۰/۶۳ <sup>a</sup>  | ۶/۴۲              | ۱۸۵/۱۰        | ۱۱۸۶/۳۹              | ۱۱۸۶/۳۹              |
| ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۳۹              | ۰/۰۶                | ۰/۲۴   | ۰/۰۰۰۲             | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۲                | ۰/۰۱                 | ۰/۰۰۲              | ۰/۵۳              | ۰/۸۲          | ۰/۱۰                 | ۰/۱۰                 |
| ۰/۰۰۴              | ۰/۰۵               | ۱/۲۱                | ۲/۵۳   | ۰/۰۰۵              | ۰/۰۷               | ۱/۵۷                 | ۶/۱۹                 | ۰/۰۱               | ۰/۰۵              | ۱/۵۲          | ۵/۰۹                 | ۵/۰۹                 |
| ۰/۲۵ <sup>bc</sup> | ۵/۲۱ <sup>b</sup>  | ۱۳۸/۶۶ <sup>a</sup> | ۷۲۱/۳۵ | ۰/۴۷ <sup>b</sup>  | ۶/۴۳ <sup>ab</sup> | ۱۵۶/۵۱               | ۱۰۰۲/۹۸              | ۰/۶۴ <sup>a</sup>  | ۶/۹۰ <sup>b</sup> | ۱۸۵/۹۲        | ۱۲۸۱/۰۰ <sup>a</sup> | ۱۲۸۱/۰۰ <sup>a</sup> |
| ۰/۲۹ <sup>a</sup>  | ۵/۵۰ <sup>a</sup>  | ۱۳۲/۰۹ <sup>b</sup> | ۷۲۶/۹۷ | ۰/۵۲ <sup>a</sup>  | ۶/۶۴ <sup>a</sup>  | ۱۵۳/۴۱               | ۱۰۱۶/۰۰              | ۰/۶۸ <sup>a</sup>  | ۷/۱۹ <sup>a</sup> | ۱۸۰/۸۹        | ۱۲۹۹/۹۴ <sup>a</sup> | ۱۲۹۹/۹۴ <sup>a</sup> |
| ۰/۲۴ <sup>c</sup>  | ۵/۰۸ <sup>b</sup>  | ۱۴۱/۲۳ <sup>a</sup> | ۷۱۷/۷۶ | ۰/۴۵ <sup>b</sup>  | ۶/۳۰ <sup>b</sup>  | ۱۶۰/۰۶               | ۹۹۱/۲۸               | ۰/۵۳ <sup>b</sup>  | ۵/۷۱ <sup>d</sup> | ۱۸۹/۱۶        | ۱۰۷۹/۷۳ <sup>c</sup> | ۱۰۷۹/۷۳ <sup>c</sup> |
| ۰/۲۸ <sup>ab</sup> | ۵/۴۹ <sup>a</sup>  | ۱۳۱/۱۹ <sup>b</sup> | ۷۱۹/۵۹ | ۰/۵۱ <sup>a</sup>  | ۶/۴۸ <sup>ab</sup> | ۱۵۶/۶۵               | ۱۰۱۳/۸۸              | ۰/۵۶ <sup>b</sup>  | ۵/۹۸ <sup>c</sup> | ۱۸۵/۴۰        | ۱۱۰۸/۶۸ <sup>b</sup> | ۱۱۰۸/۶۸ <sup>b</sup> |
| ۰/۰۰۱              | ۰/۰۰۰۶             | ۰/۰۰۰۳              | ۰/۳۱   | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۹               | ۰/۳۱                 | ۰/۲۲                 | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱            | ۰/۰۵          | ۰/۰۰۰۱               | ۰/۰۰۰۱               |
| ۰/۰۰۹              | ۰/۰۷               | ۱/۷۱                | ۳/۵۸   | ۰/۰۰۹              | ۰/۱۱               | ۲/۴۴                 | ۹/۲۵                 | ۰/۰۱               | ۰/۰۸              | ۲/۰۶          | ۷/۵۵                 | ۷/۵۵                 |
| ۰/۲۵ <sup>bc</sup> | ۵/۲۹               | ۱۳۶/۵۶              | ۷۲۲/۲۱ | ۰/۴۸ <sup>b</sup>  | ۶/۳۰ <sup>bc</sup> | ۱۵۹/۰۶ <sup>a</sup>  | ۱۰۰۰/۳۰              | ۰/۶۲ <sup>b</sup>  | ۷/۰۵ <sup>a</sup> | ۱۸۳/۷۱        | ۱۲۹۴/۳۰ <sup>a</sup> | ۱۲۹۴/۳۰ <sup>a</sup> |
| ۰/۲۹ <sup>a</sup>  | ۵/۴۲               | ۱۳۴/۱۹              | ۷۲۶/۱۱ | ۰/۵۲ <sup>a</sup>  | ۶/۷۶ <sup>a</sup>  | ۱۵۰/۸۶ <sup>b</sup>  | ۱۰۱۸/۶۸              | ۰/۶۹ <sup>a</sup>  | ۷/۰۳ <sup>a</sup> | ۱۸۳/۰۹        | ۱۲۸۶/۶۵ <sup>a</sup> | ۱۲۸۶/۶۵ <sup>a</sup> |
| ۰/۲۴ <sup>c</sup>  | ۵/۱۸               | ۱۳۸/۳۶              | ۷۱۶/۳۴ | ۰/۴۶ <sup>b</sup>  | ۶/۱۳ <sup>c</sup>  | ۱۶۱/۶۳ <sup>a</sup>  | ۹۸۹/۶۴               | ۰/۵۳ <sup>c</sup>  | ۵/۸۸ <sup>b</sup> | ۱۸۷/۴۴        | ۱۱۰۲/۴۵ <sup>b</sup> | ۱۱۰۲/۴۵ <sup>b</sup> |
| ۰/۲۸ <sup>ab</sup> | ۵/۳۹               | ۱۳۴/۰۶              | ۷۲۱/۰۱ | ۰/۴۹ <sup>ab</sup> | ۶/۵۵ <sup>ab</sup> | ۱۵۵/۰۸ <sup>ab</sup> | ۱۰۱۵/۵۱              | ۰/۵۶ <sup>c</sup>  | ۵/۸۰ <sup>b</sup> | ۱۸۷/۱۱        | ۱۰۸۵/۹۵ <sup>b</sup> | ۱۰۸۵/۹۵ <sup>b</sup> |
| ۰/۰۰۰۹             | ۰/۳۰               | ۰/۴۴                | ۰/۳۰   | ۰/۰۲               | ۰/۰۰۰۷             | ۰/۰۰۷                | ۰/۰۹                 | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱            | ۰/۳۷          | ۰/۰۰۰۱               | ۰/۰۰۰۱               |
| ۰/۰۰۹              | ۰/۰۹               | ۲/۱۴                | ۳/۵۸   | ۰/۰۱               | ۰/۱۰               | ۲/۱۷                 | ۹/۰۰                 | ۰/۰۱               | ۰/۰۹              | ۲/۱۸          | ۸/۳۱                 | ۸/۳۱                 |
| ۰/۲۱ <sup>b</sup>  | ۵/۰۴ <sup>c</sup>  | ۱۴۱/۸۸ <sup>a</sup> | ۷۱۵/۳۲ | ۰/۴۴ <sup>d</sup>  | ۶/۰۷ <sup>c</sup>  | ۱۶۱/۹۴ <sup>a</sup>  | ۹۸۱/۰۶ <sup>b</sup>  | ۰/۵۵ <sup>b</sup>  | ۶/۲۶              | ۱۸۸/۸۳        | ۱۱۷۹/۱۳              | ۱۱۷۹/۱۳              |
| ۰/۲۸ <sup>a</sup>  | ۵/۲۵ <sup>bc</sup> | ۱۳۸/۰۱ <sup>a</sup> | ۷۲۳/۷۹ | ۰/۴۷ <sup>c</sup>  | ۶/۵۵ <sup>ab</sup> | ۱۵۴/۶۳ <sup>bc</sup> | ۱۰۱۳/۱۹ <sup>a</sup> | ۰/۶۱ <sup>ab</sup> | ۶/۳۵              | ۱۸۶/۲۴        | ۱۱۸۱/۵۹              | ۱۱۸۱/۵۹              |
| ۰/۲۷ <sup>a</sup>  | ۵/۴۴ <sup>ab</sup> | ۱۳۳/۰۴ <sup>b</sup> | ۷۲۳/۲۳ | ۰/۵۰ <sup>b</sup>  | ۶/۳۶ <sup>b</sup>  | ۱۵۸/۷۶ <sup>ab</sup> | ۱۰۰۸/۸۸ <sup>a</sup> | ۰/۵۹ <sup>ab</sup> | ۶/۶۸              | ۱۸۲/۳۲        | ۱۲۱۷/۶۲              | ۱۲۱۷/۶۲              |
| ۰/۲۹ <sup>a</sup>  | ۵/۵۶ <sup>a</sup>  | ۱۳۰/۲۴ <sup>b</sup> | ۷۲۳/۲۳ | ۰/۵۳ <sup>a</sup>  | ۶/۷۵ <sup>a</sup>  | ۱۵۱/۳۰ <sup>c</sup>  | ۱۰۲۱/۰۰ <sup>a</sup> | ۰/۶۴ <sup>a</sup>  | ۶/۴۸              | ۱۸۳/۹۶        | ۱۱۹۱/۰۰              | ۱۱۹۱/۰۰              |
| ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱              | ۰/۲۹   | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۲             | ۰/۰۰۸                | ۰/۰۱                 | ۰/۰۹               | ۰/۵۳              | ۰/۱۷          | ۰/۸۴                 | ۰/۸۴                 |
| ۰/۰۰۶              | ۰/۰۷               | ۱/۶۵                | ۳/۵۸   | ۰/۰۰۸              | ۰/۰۹               | ۲/۱۸                 | ۸/۴۳                 | ۰/۰۲               | ۰/۲۱              | ۲/۱۳          | ۸/۸۷                 | ۸/۸۷                 |

<sup>a-b</sup>: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی دار است ( $P < 0.05$ ). SEM: خطای استاندارد میانگین

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۵، اثرات متقابل سطح آنزیمی و امولسیفایر بر ارتفاع پرز در دئودنوم و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در دئودنوم و ژنوم و ایلئوم و عمق کریپت در ایلئوم معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم و امولسیفایر در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی، موجب افزایش ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق

کریپت و مساحت پرز در دئودنوم در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی، بدون افزودن آنزیم و امولسیفایر و یا با افزودن آنزیم یا امولسیفایر و یا هر دو افزودنی شد. نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ژژنوم در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی با افزودن آنزیم و امولسیفایر در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسیفایر و یا با افزودن آنزیم و همچنین جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسیفایر و یا با افزودن آنزیم تفاوت معنی‌داری را نشان داد. مساحت پرز در ژژنوم با استفاده از جیره‌های با سطح پایین انرژی با افزودن آنزیم و امولسیفایر در مقایسه با جیره‌های با سطح انرژی توصیه شده با استفاده از آنزیم و امولسیفایر تفاوت معنی‌داری نشان نداد. نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت، مساحت پرز و عمق کریپت در ایلئوم در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی با استفاده از آنزیم و امولسیفایر در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر و همچنین جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر تفاوت معنی‌داری نشان داد.

**جدول ۵.** اثرات متقابل سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر ریخت شناسی روده باریک (دئودنوم، ژژنوم، ایلئوم) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (میکرومتر)

| اثرات<br>انرژی × آنزیم ×<br>امولسیفایر | سطح<br>ارتفاع<br>پرز | عمق<br>کریپت | دئودنوم                                          |                                          |              | ژژنوم                                            |                                          |              | ایلئوم                                           |                                          |              |
|----------------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
|                                        |                      |              | مساحت<br>ارتفاع<br>پرز<br>(میلی<br>متر<br>کریپت) | نسبت<br>ارتفاع<br>پرز به<br>عمق<br>کریپت | عمق<br>کریپت | مساحت<br>ارتفاع<br>پرز<br>(میلی<br>متر<br>کریپت) | نسبت<br>ارتفاع<br>پرز به<br>عمق<br>کریپت | عمق<br>کریپت | مساحت<br>ارتفاع<br>پرز<br>(میلی<br>متر<br>کریپت) | نسبت<br>ارتفاع<br>پرز به<br>عمق<br>کریپت | عمق<br>کریپت |
| توصیه شده × ×                          | ۱۲۷۹/۵۶ <sup>a</sup> | ۱۸۷/۵۲       | ۶/۸۴ <sup>b</sup>                                | ۱۸۷/۵۲                                   | ۱۶۰/۱۸       | ۹۹۱/۰۱                                           | ۶/۶۰ <sup>cd</sup>                       | ۱۸۷/۵۲       | ۵/۱۳ <sup>cd</sup>                               | ۱۴۰/۳۸ <sup>ab</sup>                     | ۱۱۹/۲۹       |
| توصیه شده ×                            | ۱۳۰۹/۰۴ <sup>a</sup> | ۱۷۹/۹۱       | ۷/۲۷ <sup>a</sup>                                | ۱۷۹/۹۱                                   | ۱۵۷/۹۴       | ۱۰۰۹/۵۸                                          | ۶/۶۴ <sup>bc</sup>                       | ۱۷۹/۹۱       | ۵/۴۶ <sup>abc</sup>                              | ۱۳۲/۷۴ <sup>bcd</sup>                    | ۷۲۵/۱۳       |
| × × ×                                  | ۱۲۸۲/۴۴ <sup>a</sup> | ۱۸۴/۳۱       | ۶/۹۶ <sup>ab</sup>                               | ۱۸۴/۳۱                                   | ۱۵۲/۸۴       | ۱۰۱۴/۹۴                                          | ۶/۶۴ <sup>ab</sup>                       | ۱۸۴/۳۱       | ۵/۲۹ <sup>abcd</sup>                             | ۱۳۶/۹۴ <sup>abc</sup>                    | ۷۲۳/۴۱       |
| توصیه شده ×                            | ۱۲۹۰/۸۵ <sup>a</sup> | ۱۸۱/۸۷       | ۷/۱۰ <sup>ab</sup>                               | ۱۸۱/۸۷                                   | ۱۴۸/۸۸       | ۱۰۲۲/۴۳                                          | ۰/۷۱ <sup>a</sup>                        | ۱۸۱/۸۷       | ۵/۵۴ <sup>ab</sup>                               | ۱۳۱/۴۴ <sup>cd</sup>                     | ۷۲۸/۸۰       |
| × × ×                                  | ۱۰۷۸/۷۰ <sup>c</sup> | ۱۹۰/۱۵       | ۵/۶۸ <sup>d</sup>                                | ۱۹۰/۱۵                                   | ۱۶۳/۷۰       | ۹۷۱/۱۱                                           | ۰/۵۰ <sup>e</sup>                        | ۱۹۰/۱۵       | ۴/۹۶ <sup>d</sup>                                | ۱۴۳/۲۸ <sup>a</sup>                      | ۷۱۱/۳۵       |
| کم انرژی × ×                           | ۱۱۲۶/۲۰ <sup>b</sup> | ۱۸۴/۷۴       | ۶/۰۹ <sup>c</sup>                                | ۱۸۴/۷۴                                   | ۱۵۹/۵۷       | ۱۰۰۸/۱۷                                          | ۰/۵۴ <sup>de</sup>                       | ۱۸۴/۷۴       | ۵/۴۱ <sup>abc</sup>                              | ۱۳۳/۳۴ <sup>bcd</sup>                    | ۷۲۱/۳۳       |
| کم انرژی × ×                           | ۱۰۸۰/۷۴ <sup>c</sup> | ۱۸۸/۱۷       | ۵/۷۴ <sup>cd</sup>                               | ۱۸۸/۱۷                                   | ۱۵۶/۴۳       | ۱۰۱۱/۴۵                                          | ۰/۵۴ <sup>de</sup>                       | ۱۸۸/۱۷       | ۵/۲۱ <sup>bcd</sup>                              | ۱۳۹/۰۸ <sup>abc</sup>                    | ۷۲۴/۱۷       |
| کم انرژی ×                             | ۱۰۹۱/۱۵ <sup>c</sup> | ۱۸۶/۰۵       | ۵/۸۶ <sup>cd</sup>                               | ۱۸۶/۰۵                                   | ۱۵۳/۷۳       | ۱۰۱۹/۵۸                                          | ۰/۵۷ <sup>cde</sup>                      | ۱۸۶/۰۵       | ۵/۵۷ <sup>a</sup>                                | ۱۲۹/۰۴ <sup>d</sup>                      | ۷۱۷/۸۶       |
| P-value                                | ۰/۰۰۱                | ۰/۳۱         | ۰/۰۰۱                                            | ۰/۰۰۱                                    | ۰/۱۰         | ۰/۰۵                                             | ۰/۰۰۱                                    | ۰/۰۰۱        | ۰/۰۰۳                                            | ۰/۰۰۲                                    | ۰/۳۸         |
| SEM                                    | ۱۰/۱۹                | ۳/۰۴         | ۰/۱۱                                             | ۳/۰۴                                     | ۳/۱۵         | ۱۲/۳۹                                            | ۰/۰۲                                     | ۳/۱۵         | ۰/۱۰                                             | ۲/۴۲                                     | ۵/۰۷         |

<sup>a-b</sup>: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ). SEM: خطای استاندارد میانگین

### گرانروی محتویات دودنوم، ژژنوم و ایلئوم

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول ۶، نشان داده شده است که اثر سطح انرژی بر میزان گرانروی در هیچ کدام از قسمتهای روده باریک معنی‌دار نشد ( $P > 0.05$ ). استفاده از آنزیم در جیره بر میزان گرانروی در ژژنوم و ایلئوم تاثیر معنی‌داری داشت ( $P < 0.05$ ). استفاده از آنزیم در جیره موجب کاهش گرانروی در ژژنوم و ایلئوم شد. همچنین استفاده از امولسیفایر بر میزان گرانروی در ژژنوم تاثیر معنی‌داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ) که موجب کاهش گرانروی در این قسمت شد. اثر متقابل سطح انرژی و استفاده از آنزیم بر میزان گرانروی در ژژنوم و ایلئوم معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم با سطح پایین انرژی تاثیر معنی‌داری در کاهش گرانروی در ژژنوم و ایلئوم در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم نشان داد. اثرات متقابل سطح انرژی و استفاده از امولسیفایر بر میزان گرانروی در ژژنوم معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن امولسیفایر به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی تاثیر معنی‌داری را در کاهش گرانروی در ژژنوم در مقایسه با جیره‌های با

سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از امولسیفایر نشان داد. اثرات متقابل آنزیم و امولسیفایر بر میزان گرانی در ژرژنوم و ایلئوم معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). افزودن آنزیم و امولسیفایر به جیره تاثیر معنی‌داری را بر کاهش میزان گرانی در مقایسه با جیره‌های بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر نشان داد.

**جدول ۶.** اثرات اصلی و اثرات متقابل دو جانبه تیمارهای آزمایشی بر گرانی محتویات روده باریک جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (سانی پواز)

| اثر سطح انرژی                   | دندونم | ژژنوم              | ایلئوم             |
|---------------------------------|--------|--------------------|--------------------|
| توصیه شده                       | ۱۰/۱۰  | ۹/۶۹               | ۹/۳۸               |
| کاهش انرژی                      | ۹/۹۸   | ۹/۵۰               | ۹/۱۰               |
| P-value                         | ۰/۲۱   | ۰/۰۵               | ۰/۰۶               |
| SEM                             | ۰/۰۶   | ۰/۰۶               | ۰/۱۰               |
| اثر سطح آنزیم                   |        |                    |                    |
| ۰                               | ۱۰/۱۲  | ۹/۹۴ <sup>a</sup>  | ۹/۹۳ <sup>a</sup>  |
| ۰/۰۱                            | ۹/۹۶   | ۹/۲۶ <sup>b</sup>  | ۸/۵۵ <sup>b</sup>  |
| P-value                         | ۰/۰۹   | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱             |
| SEM                             | ۰/۰۶   | ۰/۰۶               | ۰/۱۰               |
| اثر سطح امولسیفایر              |        |                    |                    |
| ۰                               | ۱۰/۰۰  | ۹/۸۵ <sup>a</sup>  | ۹/۲۰               |
| ۰/۰۵                            | ۱۰/۰۶  | ۹/۳۴ <sup>b</sup>  | ۹/۲۴               |
| P-value                         | ۰/۷۲   | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۹۹               |
| SEM                             | ۰/۰۶   | ۰/۰۶               | ۰/۱۰               |
| اثرات متقابل انرژی × آنزیم      |        |                    |                    |
| توصیه شده ×                     | ۱۰/۲۱  | ۱۰/۰۶ <sup>a</sup> | ۱۰/۱۶ <sup>a</sup> |
| توصیه شده ×                     | ۹/۹۹   | ۹/۳۳ <sup>b</sup>  | ۸/۶۱ <sup>b</sup>  |
| ۰/۰۱                            |        |                    |                    |
| کم انرژی ×                      | ۱۰/۰۴  | ۹/۸۳ <sup>a</sup>  | ۹/۷۱ <sup>a</sup>  |
| کم انرژی ×                      | ۹/۹۳   | ۹/۱۸ <sup>b</sup>  | ۸/۴۹ <sup>b</sup>  |
| ۰/۰۱                            |        |                    |                    |
| P-value                         | ۰/۱۶   | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱             |
| SEM                             | ۰/۰۹   | ۰/۱۲               | ۰/۱۹               |
| اثرات متقابل انرژی × امولسیفایر |        |                    |                    |
| توصیه شده ×                     | ۱۰/۰۶  | ۹/۹۹ <sup>a</sup>  | ۹/۴۷               |
| توصیه شده ×                     | ۱۰/۱۴  | ۹/۴۰ <sup>b</sup>  | ۹/۳۰               |
| ۰/۰۵                            |        |                    |                    |
| کم انرژی ×                      | ۹/۹۹   | ۹/۷۳ <sup>ab</sup> | ۹/۰۲               |
| کم انرژی ×                      | ۹/۹۷   | ۹/۲۹ <sup>b</sup>  | ۹/۱۹               |
| ۰/۰۵                            |        |                    |                    |
| P-value                         | ۰/۵۷   | ۰/۰۰۸              | ۰/۷۵               |
| SEM                             | ۰/۰۹   | ۰/۱۴               | ۰/۲۹               |
| اثرات متقابل آنزیم × امولسیفایر |        |                    |                    |
| ×                               | ۱۰/۱۶  | ۱۰/۱۳ <sup>a</sup> | ۱۰/۳۳ <sup>a</sup> |
| × ۰/۰۵                          | ۱۰/۰۹  | ۹/۷۶ <sup>b</sup>  | ۹/۵۵ <sup>b</sup>  |
| × ۰/۰۱                          | ۹/۸۹   | ۹/۵۹ <sup>b</sup>  | ۸/۱۶ <sup>d</sup>  |
| × ۰/۰۵                          | ۱۰/۰۳  | ۸/۹۳ <sup>c</sup>  | ۸/۹۴ <sup>c</sup>  |
| ۰/۰۱                            |        |                    |                    |
| P-value                         | ۰/۲۱   | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱             |
| SEM                             | ۰/۰۹   | ۰/۰۹               | ۰/۱۵               |

<sup>a-b</sup>: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ). SEM: خطای استاندارد میانگین

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول ۷، اثرات متقابل سطح انرژی و استفاده از آنزیم و امولسیفایر بر میزان گرانروی در ژژنوم و ایلئوم معنی دار شد ( $P < 0.05$ ). میزان گرانروی در ژژنوم با استفاده از جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی و با افزودن آنزیم و امولسیفایر در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و یا امولسیفایر و یا با افزودن آنزیم و امولسیفایر تفاوت معنی داری نشان داد. میزان گرانروی در ژژنوم با استفاده از جیره‌های با سطح پایین انرژی با افزودن آنزیم و امولسیفایر در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و یا امولسیفایر و یا با افزودن آنزیم و امولسیفایر تفاوت معنی داری نشان داد. میزان گرانروی در ایلئوم با استفاده از جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی با افزودن آنزیم و یا امولسیفایر و یا هر دو افزودنی و همچنین جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر و یا با افزودن آنزیم یا امولسیفایر و یا هر دو افزودنی تفاوت معنی داری نشان داد. بیشترین میزان گرانروی در ایلئوم مربوط به جیره‌های با سطوح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسیفایر بود.

جدول ۷. اثرات متقابل سه جانبه تیمارهای آزمایشی برگرانروی محتویات روده باریک جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (سانتی پواز)

| اثرات سطح انرژی × آنزیم × امولسیفایر | دئودنوم | ژژنوم              | ایلئوم             |
|--------------------------------------|---------|--------------------|--------------------|
| توصیه شده × ×                        | ۱۰/۲۴   | ۱۰/۳۰ <sup>a</sup> | ۱۰/۶۴ <sup>a</sup> |
| توصیه شده × × ×                      | ۹/۸۸    | ۹/۶۸ <sup>bc</sup> | ۸/۲۹ <sup>d</sup>  |
| توصیه شده × × ×                      | ۱۰/۱۹   | ۹/۸۳ <sup>bc</sup> | ۹/۶۷ <sup>b</sup>  |
| توصیه شده × × ×                      | ۱۰/۱۰   | ۸/۹۸ <sup>d</sup>  | ۸/۹۳ <sup>c</sup>  |
| کم انرژی × × ×                       | ۱۰/۰۸   | ۹/۹۴ <sup>ab</sup> | ۱۰/۰۱ <sup>b</sup> |
| کم انرژی × × ×                       | ۹/۹۰    | ۹/۵۰ <sup>c</sup>  | ۸/۰۳ <sup>d</sup>  |
| کم انرژی × × ×                       | ۹/۹۹    | ۹/۷۱ <sup>bc</sup> | ۹/۴۲ <sup>bc</sup> |
| کم انرژی × × ×                       | ۹/۹۶    | ۸/۸۶ <sup>d</sup>  | ۸/۹۶ <sup>c</sup>  |
| P-value                              | ۰/۴۶    | ۰/۰۰۰۱             | ۰/۰۰۰۱             |
| SEM                                  | ۰/۱۳    | ۰/۱۳               | ۰/۲۰               |

<sup>a-b</sup>: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی دار است ( $P < 0.05$ ); SEM: خطای استاندارد میانگین

## بحث

در راستای نتایج این پژوهش، نتایج تحقیقی نشان داد که استفاده از امولسیفایر در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا و چربی اشباع، موجب کاهش ضریب تبدیل خوراک و بهبود عملکرد رشد شد (An et al., 2020). با توجه به اینکه دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی در سنین پایین توانایی تولید امولسیفایر درون‌زادی کمتری دارد، بنابراین، هضم چربی در روده در سنین پایین برای تامین بهینه انرژی کارآمد نیست (Bontempo et al., 2018). ترکیبات امولسیفایر را می‌توان به جیره جوجه‌های گوشتی اضافه کرد تا قابلیت هضم چربی در سنین پایین و عملکرد پرندگان را در کل دوره پرورش بهبود بخشد (et al., 2015Kaczmarek). در آزمایشی اثر آنزیم‌های مولتی‌کربوهیدرازی را بر تجزیه پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای و عملکرد در جوجه‌های گوشتی در جیره‌های با سطوح بالای کنجاله کلزا مورد بررسی قرار دادند بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۱/۵ گرم بر کیلوگرم از ترکیب آنزیمی در دوره رشد و کل دوره بیشتر از گروه شاهد بود (Niu et al., 2022). آنزیم‌های کربوهیدرازی نقش‌های مختلفی در جیره‌های جوجه‌های گوشتی از جمله تخریب پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در ماتریکس دیواره سلولی، در دسترس قرار دادن مواد مغذی کپسوله شده توسط آنزیم‌های گوارشی، بهبود جذب مواد مغذی را دارند (Roofchaei et al., 2019).

نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت بیشتر موجب بهبود جذب مواد مغذی می‌شود (Yoon et al., 2012). افزودن امولسیفایر و آنزیم ممکن است به دلیل افزایش جریان در شیره گوارشی، وضعیت مخاط را بهبود بخشد و باعث پراکندگی بهتر اسیدهای

صفراوی درون‌زادی شود. اسیدهای صفراوی به عنوان عاملی برای تضمین شرایط مناسب برای رشد پرزها شناخته شده‌اند (Sheen-Chen *et al.*, 2002). بهبود وضعیت مخاط روده سطح پرز را افزایش می‌دهد و در نتیجه جذب بهتر مواد مغذی را به همراه دارد (Gopinger *et al.*, 2014). همچنین امولسیفایر و آنزیم توانایی تجدید فیزیکی مخاط آسیب دیده را دارند (Kamiya *et al.*, 2004). افزودن امولسیفایر به جیره موجب رشد مطلوبی در پرزهای روده می‌شود (Alzawqari *et al.*, 2011). در پژوهشی اثر افزودن لیزولسیتین در جیره‌های حاوی ذرت و کنجاله سویا را بر بیان کلاژن و طول پرز در ژژنوم جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار دادند، نتایج مطالعات آنها نشان دهنده افزایش رسوب کلاژن در پرزها، افزایش ارتفاع پرز و در نتیجه افزایش جذب مواد مغذی در ژژنوم جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی لیزولسیتین بود (Brautigam *et al.*, 2017). افزایش ارتفاع پرز ژژنوم نشان‌دهنده ظرفیت بیشتری برای جذب انرژی از چربی است، زیرا ژژنوم محل جذب ۸۲ درصد کل اسیدهای چرب است (Rodriguez-Sanchez *et al.*, 2019). گنجاندن آنزیم‌ها (کربوهیدراز و فیتاز) در جیره‌های جوجه‌های گوشتی، کاهش سطح انرژی خوراک را بدون تأثیر منفی بر پارامترهای عملکردی و ویژگی‌های ریخت شناسی ژژنوم ممکن می‌سازد (de França *et al.*, 2023).

در طیور وجود پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای هضم مواد مغذی را کاهش می‌دهند. پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول ویسکوزیته را افزایش داده و در اطراف پرزها، لایه محدودکننده سرعت جذب، را ضخیم می‌کند (Johnson & Gee, 1981). در نتیجه سرعت انتشار سوبستراها و آنزیم‌های گوارشی را کاهش می‌دهد و از برهمکنش موثر آنها در سطح مخاطی جلوگیری می‌کند (Choct., 1997). بخش محلول پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، شرایط چسبناکی را در روده کوچک ایجاد کرده و در نتیجه فعالیت آنزیم‌های گوارشی موجود را مختل می‌کند. ایجاد گرانروی موجب کاهش سرعت انتشار آنزیم‌های گوارشی و در نتیجه کاهش جذب مواد مغذی جیره می‌شود (Choctet *et al.*, 2010). آنزیم‌هایی که پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای را تجزیه می‌کنند، ماتریکس دیواره سلولی جایی که مواد مغذی در آن گنجانده شده است را تجزیه کرده و موجب کاهش ویسکوزیته می‌شوند، بنابراین، توانایی کپسوله‌سازی مواد مغذی توسط پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای را محدود می‌کنند (Slominski *et al.*, 2011). کمبود این آنزیم‌ها منجر به کاهش قابلیت هضم و استفاده از پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای به عنوان منبع انرژی برای جوجه‌های گوشتی می‌شود (Sun *et al.*, 2015). افزودن امولسیفایر احتمالاً دسترسی فیزیکی آنزیم‌های تجزیه کننده پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای را به سوبسترا به دلیل بهبود قابلیت هضم چربی تضمین می‌کند (Danicke *et al.*, 1999).

## نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از مولتی آنزیم و موزایم و امولسیفایر در جیره‌های حاوی کلزا با سطح انرژی پایین‌تر از میزان توصیه شده می‌تواند در بهبود ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی، ریخت شناسی روده و کاهش گرانروی محتویات گوارشی موثر باشد.

## پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی اثر مولتی آنزیم‌ها و امولسیفایرهای دیگر در جیره‌های با سطوح متفاوت انرژی بر عملکرد، ریخت شناسی روده، قابلیت هضم مواد مغذی بررسی شود.

## منابع

روفچایی، امین؛ رضایی پور، وحید؛ وطن دور، صفیه و زعفریان، فائقه (۱۳۹۸). تأثیر کربوهیدرات‌های جیره، به صورت جداگانه یا در ترکیب با فیتازی اسیدی کننده، بر عملکرد، ریخت شناسی روده و جمعیت میکروبی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره بر پایه گندم. *تغذیه حیوانات*، ۵ (۱)، ۶۳-۶۷.

مجدال‌حسینی، لیلا؛ قاسمی، حسینی؛ حاج خدادادی، ایمان و مرادی، محمد حسین (۱۳۹۸). پاسخهای تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی به مکمل‌های غذایی با لسیترین سویا در سطوح مختلف انرژی قابل سوخت و ساز و منابع مختلف چربی. *مجله تغذیه*

بریتانیا، ۱۲۲ (۸)، ۸۶۳-۸۷۲

## REFERENCES

- Alzawqari, M., Moghaddam, H. N., Kermanshahi, H., & Raji, A. R. (2011). The effect of desiccated ox bile supplementation on performance, fat digestibility, gut morphology and blood chemistry of broiler chickens fed tallow diets. *Journal of Applied Animal Research*, 39(2), 169-174. doi.org/10.1080/09712119.2011.580999
- An, J. S., Yun, W., Lee, J. H., Oh, H. J., Kim, T. H., Cho, E. A., & Cho, J. H. (2020). Effects of exogenous emulsifier supplementation on growth performance, energy digestibility, and meat quality in broilers. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(1), 43. doi: 10.5187/jast.2020.62.1.43
- Attia, Y. A., Al-Harhi, M. A., & El-Shafey, A. S. (2020). Influence of different time and frequency of multienzyme application on the efficiency of broiler chicken rearing and some selected metabolic indicators. *Animals*, 10(3), 450. <https://doi.org/10.3390/ani10030450>
- 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. *Animal Feed Science and Technology*, 240, 157-164. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.04.010
- Braddley, G. L., Savage, T. F., & Timm, K. I. (1994). The effects of supplementing diets with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on male poult performance and ileal morphology. *Poultry Science*, 73(11), 1766-1770. doi: 10.3382/ps.0731766
- Brautigam, D. L., Li, R., Kubicka, E., Turner, S. D., Garcia, J. S., Weintraut, M. L., & Wong, E. A. (2017). Lysolecithin as feed additive enhances collagen expression and villus length in the jejunum of broiler chickens. *Poultry Science*, 96(8), 2889-2898. doi.org/10.3382/ps/pex078
- Classen, H. L. (2013). Response of broiler chickens to dietary energy and its relationship to amino acid nutrition.
- Choct, M. (1997). Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*, 191(1), 13-26
- Choct, M., Dersjant-Li, Y., McLeish, J., & Peisker, M. (2010). Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(10), 1386-1398. doi:10.5713/ajas.2010.90222
- 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. doi.org/10.1093/ps/78.9.1292
- de França, T. P., de Sousa Ferreira, R., Leo, R. A. R., de Oliveira, C. H., Dias, K. M. M., Gomes, K. M., ... & Albino, L. F. T. (2023). Effects of carbohydrase and phytase enzymes supplementation within low energy diets on performance and energy utilization of broiler chickens. *Livestock Science*, 274, 105271. doi:10.1016/j.livsci.2023.105271
- de Oliveira, L. S., Balbino, E. M., Silva, T. N. S., Ily, L., da Rocha, T. C., Strada, E. S. D. O., ... & de Brito, J. Á. G. (2019). Use of emulsifier and lipase in feeds for broiler chickens. doi:10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3181
- FAO (2020): Channels of transmission to food and agriculture, *FAO Publications*, Rome
- Giacobbo, F. C., Eyng, C., Nunes, R. V., de Souza, C., Teixeira, L. V., Pilla, R., ... & Bortoluzzi, C. (2021). Influence of enzyme supplementation in the diets of broiler chickens formulated with different corn hybrids dried at various temperatures. *Animals*, 11(3), 643. doi.org/10.3390/ani11030643
- Gitzelmann, R., & Auricchio, S. (1965). The handling of soya alpha-galactosides by a normal and a galactosemic child.
- Gopinger, E., Xavier, E. G., Elias, M. C., Catalan, A. A. S., Castro, M. L. S., Nunes, A. P., & Roll, V. F. B. (2014). The effect of different dietary levels of canola meal on growth performance, nutrient digestibility, and gut morphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 93(5), 1130-

- 1136.doi: [10.3382/ps.2013-03426](https://doi.org/10.3382/ps.2013-03426)
- Heijden, M. V. D., & Haan, D. D. (2010). Optimising moisture while maintaining feed quality.
- Hossain, M. E., & Das, G. B. (2014). Effect of Crude Soybean Oil Sediment as a Substitute for Refined Soybean Oil in Broiler Diet. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 4(3).
- Jansen, M., Nuyens, F., Buyse, J., Leleu, S., & Van Campenhout, L. (2015). Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds. *Poultry Science*, 94(10), 2506-2515 doi: [10.3382/ps/pev181](https://doi.org/10.3382/ps/pev181)
- Jaroni, D. I. V. Y. A., Scheideler, S. E., Beck, M., & Wyatt, C. (1999). The effect of dietary wheat middlings and enzyme supplementation. 1. Late egg production efficiency, egg yields, and egg composition in two strains of Leghorn hens. *Poultry Science*, 78(6), 841-847. doi:[10.1093/ps/78.6.841](https://doi.org/10.1093/ps/78.6.841)
- Jha, R., Foughse, J. M., Tiwari, U. P., Li, L., & Willing, B. P. (2019). Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Frontiers in veterinary science*, 6, 48. doi: [10.3389/fvets.2019.00048](https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048)
- Johnson, I. T., & Gee, J. M. (1981). Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport in vitro. *Gut*, 22(5), 398-403. doi: [10.1136/gut.22.5.398](https://doi.org/10.1136/gut.22.5.398)
- Joshi, A., Paratkar, S. G., & Thorat, B. N. (2006). Modification of lecithin by physical, chemical and enzymatic methods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(4), 363-373. doi:[10.1002/ejlt.200600016](https://doi.org/10.1002/ejlt.200600016)
- Kaczmarek, S. A., Bochenek, M., Samuelsson, A. C., & Rutkowski, A. (2015). Effects of glyceryl polyethylene glycol ricinoleate on nutrient utilisation and performance of broiler chickens. *Archives of animal nutrition*, 69(4), 285-296. doi: [10.1080/1745039X.2015.1061722](https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1061722)
- Kamiya, S., Nagino, M., Kanazawa, H., Komatsu, S., Mayumi, T., Takagi, K., ... & Nimura, Y. (2004). The value of bile replacement during external biliary drainage: an analysis of intestinal permeability, integrity, and microflora. *Annals of Surgery*, 239(4), 510-517.
- Kheravii, S. K., Morgan, N. K., Swick, R. A., Choct, M., & Wu, S. B. (2018). Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 74(2), 301-316. DOI:[10.1017/S0043933918000259](https://doi.org/10.1017/S0043933918000259)
- 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. doi.org/[10.1016/j.livsci.2015.03.011](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.03.011)
- Konieczka, P., & Smulikowska, S. (2018). Viscosity negatively affects the nutritional value of blue lupin seeds for broilers. *Animal*, 12(6), 1144-1153. doi.org/[10.1017/S1751731117002622](https://doi.org/10.1017/S1751731117002622)
- Krogdahl, Å. (1985). Digestion and absorption of lipids in poultry. *The Journal of nutrition*, 115(5), 675-685. doi: [10.1093/jn/115.5.675](https://doi.org/10.1093/jn/115.5.675)
- Kubiś, M., Kołodziejski, P., Pruszyńska-Oszmałek, E., Sassek, M., Konieczka, P., Górka, P., ... & Kaczmarek, S. A. (2020). Emulsifier and xylanase can modulate the gut microbiota activity of broiler chickens. *Animals*, 10(12), 2197. DOI: [10.3390/ani10122197](https://doi.org/10.3390/ani10122197).
- Laudadio, V and V. Tufarelli. (2010). Growth performance and carcass and meat quality of broiler chickens fed diets containing micronized-dehulled peas (*Pisum sativum* cv. Spirale) as a substitute of soybean meal. *Poultry Science*, 1537- 1543.
- Lai, W., Huang, W., Dong, B., Cao, A., Zhang, W., Li, J., & Zhang, L. (2018). Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens. *Poultry Science*, 97(1), 196-202. doi.org/[10.3382/ps/pex288](https://doi.org/10.3382/ps/pex288)
- Leeson, S., & SUMMERS, J. (2001). Scott: r Nufritionofthe Chicken
- Leming, R., & Lember, A. (2005). Chemical composition of expeller-extracted and cold-pressed rapeseed cake. *Agraarteadus*, 16(2), 96-109
- Leonard, S. G., Sweeney, T., Bahar, B., Lynch, B. P., & O'Doherty, J. V. (2011). Effect of dietary seaweed extracts and fish oil supplementation in sows on performance, intestinal microflora, intestinal morphology, volatile fatty acid concentrations and immune status of weaned

- pigs. *British Journal of Nutrition*, 105(4), 549-560. doi: [10.1017/S0007114510003739](https://doi.org/10.1017/S0007114510003739)
- Long, C., Qi, X. L., & Venema, K. (2022). Chemical and nutritional characteristics, and microbial degradation of rapeseed meal recalcitrant carbohydrates: A review. *Frontiers in nutrition*, 9, 948302. doi: [10.3389/fnut.2022.948302](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.948302)
- Majdollahosseini, L., Ghasemi, H. A., Hajkhodadadi, I., & Moradi, M. H. (2019). Nutritional and physiological responses of broiler chickens to dietary supplementation with de-oiled soyabean lecithin at different metabolisable energy levels and various fat sources. *British Journal of Nutrition*, 122(8), 863-872. (In Persian). doi: [10.1017/S000711451900182X](https://doi.org/10.1017/S000711451900182X)
- 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. doi: [10.1080/09712119.2018.1484358](https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1484358)
- Negawoldes, T. Y. (2018). Review on nutritional limitations and opportunities of using rapeseed meal and other rape seed by-products in animal feeding. *J Nutr Health Food Eng*, 8(1), 43-48. doi: [10.15406/jnhfe.2018.08.00254](https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00254)
- 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. doi: [10.1016/j.anifeedsci.2022.115450](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115450)
- Rodriguez-Sanchez, R., Tres, A., Sala, R., Guardiola, F., & Barroeta, A. C. (2019). Evolution of lipid classes and fatty acid digestibility along the gastrointestinal tract of broiler chickens fed different fat sources at different ages. *Poultry Science*, 98(3), 1341-1353. doi: [10.3382/ps/pey458](https://doi.org/10.3382/ps/pey458)
- 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 wheat-based diet. *Animal Nutrition*, 5(1), 63-67. (In Persian) doi: [10.1016/j.aninu.2017.12.001](https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.001)
- Rovers, M., & Excentials, O. (2014). Saving energy and feed cost with nutritional emulsifier. *Intl. Poult. Prod*, 22(4), 7-8.
- Sakamoto, K., Hirose, H., Onizuka, A., Hayashi, M., Futamura, N., Kawamura, Y., & Ezaki, T. (2000). Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. *Journal of Surgical Research*, 94(2), 99-106. doi: [10.1006/jsre.2000.5937](https://doi.org/10.1006/jsre.2000.5937)
- Sheen-Chen, S. M., Chen, H. S., Ho, H. T., Chen, W. J., Sheen, C. C., & Eng, H. L. (2002). Effect of Bile Acid Replacement on Endotoxin-induced Tumor Necrosis Factor- $\alpha$  Production in Obstructive Jaundice. *World Journal of Surgery*, 26, 448-450.
- Soares, M., & Lopez-Bote, C. J. (2002). Effects of dietary lecithin and fat unsaturation on nutrient utilisation in weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 95(3-4), 169-177. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00324-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00324-8)
- Slominski, B. A., & Campbell, L. D. (1990). Non-starch polysaccharides of canola meal: quantification, digestibility in poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 53(2), 175-184. doi: [10.1002/jsfa.2740530205](https://doi.org/10.1002/jsfa.2740530205)
- Slominski, B. A. (2011). Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poultry Science*, 90(9), 2013-2023. doi: [10.3382/ps.2011-01372](https://doi.org/10.3382/ps.2011-01372)
- Sun, Q., Liu, D., Guo, S., Chen, Y., & Guo, Y. (2015). Effects of dietary essential oil and enzyme supplementation on growth performance and gut health of broilers challenged by *Clostridium perfringens*. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 234-244. doi: [10.1016/j.anifeedsci.2015.06.021](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.021)
- Tejeda, O.J., & Kim, W.K. (2021). Role of dietary fiber in poultry nutrition. *Animals*, 11(2), 461. doi: [10.3390/ani11020461](https://doi.org/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.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.002
- Van Nieuwenhuyzen, W., & Tomás, M. C. (2008). Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. *European journal of lipid science and technology*, 110(5), 472-486. doi:10.1002/ejlt.200800041
- Watts, E. S., Rose, S. P., Mackenzie, A. M., & Pirgozliev, V. R. (2021). Investigations into the chemical composition and nutritional value of single-cultivar rapeseed meals for broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*, 75(3), 209-221. doi: 10.1080/1745039X.2021.1930455
- 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. doi:10.3382/japr/pfz002
- Wickramasuriya, S. S., Macelline, S. P., Cho, H. M., Hong, J. S., Park, S. H., & Heo, J. M. (2020). Physiological effects of a tallow-incorporated diet supplemented with an emulsifier and microbial lipases on broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 583998. doi.org/10.3389/fvets.2020.583998
- 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. doi: 10.5713/ab.22.0024
- Yadav, S., & Jha, R. (2021). Macadamia nut cake as an alternative feedstuff for broilers: effect on growth performance. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114873. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114873
- Yoon, J. H., Ingale, S. L., Kim, J. S., Kim, K. H., Lee, S. H., Park, Y. K., ... & Chae, B. J. (2012). Effects of dietary supplementation of antimicrobial peptide-A3 on growth performance, nutrient digestibility, intestinal and fecal microflora and intestinal morphology in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 177(1-2), 98-107. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.06.009
- Zheng, Y., Zheng, M., Ma, Z., Xin, B., Guo, R., & Xu, X. (2015). Sugar fatty acid esters. In *Polar lipids* (pp. 215-243). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-044-3.50012-1