

Determination of metabolizable energy value in Sunflower meal with and without enzymes addition by regression method in adult leghorn roosters

Ronak Zamani¹ , Hossein Janmohammadi² , Yousef Didehban³ , Ali Khodadadi⁴ 

1. Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: Zamani.ronak90@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: janmohammadi@tabrizu.ac.ir
3. Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: yousefdidehban@gmail.com
4. Food Hygiene, Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran. Email: ali.kh.1257@iau.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 24 February 2025

Received in revised form: 18 April 2025

Accepted: 6 May 2025

Published online: Winter 2025

Keywords:

Regression method,
metabolizable energy,
Sunflower meal,
Enzyme,
adult Leghorn roosters.

The present study was to determine apparent metabolizable energy values corrected to zero nitrogen balance (AMEn) of Sunflower Meal (SFM) with and without enzyme by regression method in adult Leghorn roosters. 48 adult Leghorn roosters were used in a completely randomized design as a 2×4 factorial arrangement, two levels of enzyme (0, 350 g/ ton) × four levels (0, 5, 10, 15 %) of SFM. The average values of DM, Ash, CP, EE, Neutral Detergent Fiber (NDF), and acid Detergent Fiber (ADF) were 88.90, 6.5, 32.33, 3.1, 44.8, and 25% respectively and gross energy value of SFM was 4547 kcal/kg. By increasing the level of SFM in the experimental diets, the values of apparent dry matter metabolizability (ADMM), apparent organic dry matter metabolizability (AOMM), AMEn, and GE efficiency decreased significantly ($p < 0.05$). The amount of AMEn decreased by 7.89%, equivalent to 260 kcal/kg in the diet containing 15% SFM compared to the control diet without SFM. The main effects of enzyme level caused a significant increase in AMEn values and GE efficiency ($P < 0.05$). The improvement of AMEn was 1.14 percent. The equations for estimating AMEn of SFM, with and without enzyme addition were $Y = 2009.75 - 4.171X$ ($R^2 = 0.91$) and $Y = 1596.14 - 2.414X$ ($R^2 = 0.91$), respectively. AMEn value of SFM with and without enzyme by regression method was estimated 1592 and 1354 kcal/kg, respectively. The values obtained for AMEn of sunflower meal at the present study are recommended for formulating poultry diets and it could be probably effective in predicting bird performance.

Cite this article: Zamani, R., Janmohammadi, H., Didehban, Y. & Khodadadi, A. (2025). Determination of metabolizable energy value in Sunflower meal with and without enzymes addition by regression method in adult leghorn roosters. *Iranian Journal of Animal Science*, 56 (4), 737-751. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.372490.654008>



© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.372490.654008>

Extended Abstract

Introduction

In the poultry industry, feed costs account for the majority of production costs, making sudden changes in feed prices challenging for nutritionists to maintain animal performance and health while managing feed costs. The first solution that comes to mind is the use of cheap raw materials when preparing food rations in practical

conditions. In addition, the feed used in the diet must be digestible by the poultry in the digestive tract. Feeds such as sunflower meal (SFM) due to their high cellulose content are not digested because there is no cellulase secretion in the digestive tract. The use of several enzymes that increase the digestibility of nutrients and reduce anti-nutritional compounds such as cellulose and non-starch polysaccharides in diets with sunflower meal can positively affect performance and profitability in poultry nutrition. The evaluation of a feed is completed by determining its nutrients and measuring its metabolizable energy. There are different methods to determine the amounts of metabolizable energy in poultry, each of which has advantages and disadvantages. The regression method is one of the methods of determining metabolizable energy, which provides the possibility of studying metabolizable energy in practical diets and at different levels. The aim of this experiment is to determine the amount of apparent metabolizable energy corrected for the zero point of nitrogen balance (AMEn) of sunflower meal with and without enzyme by regression method in adult Leghorn roosters.

Materials and methods

Sunflower meal samples were obtained from animal feed mills in East Azerbaijan, and its chemical composition was measured according to standard methods. 48 adult Leghorn roosters were used in a completely randomized design as a 2×4 factorial arrangement, two levels of enzyme (0, 350 gm/kg × four levels (0, 5, 10, 15 %) of SFM. SFM was replaced in different levels in a corn - soybean meal based diet. A total of 48 adult Leghorn roosters of the W36 strain with a similar average weight (1960 ± 72) were used. The roosters were housed in individual cages measuring 40 × 45 × 40 cm with separate feeders and drinking water at the metabolic cage. The temperature was maintained in the range of 20 to 26 °C for adult roosters in the metabolic room and a photoperiod of 16 hours of light and 8 hours of darkness was used. The roosters were fed a maintenance diet during the breeding period.

A corn-soybean meal basal diet was fed to meet nutrient requirements of the roosters. The European method was used to determine apparent metabolizable energy corrected to zero point nitrogen balance in the basal and experimental diets. Adult roosters were fed the experimental diets for 9 days (four days of adaptation to the experimental diets, one day of starvation before the start of feeding experimental diet, three days of feeding the experimental diets and one day of starvation after end of the feeding period). The amount of each experimental diet consumed during the experiment was recorded and all droppings were collected and stored in plastic bags at -20°C in a freezer until chemical analysis. After removing the droppings from the freezer, they were kept at laboratory temperature for thawing and then dried in an oven at 70°C for three days. After removing the droppings from the oven, they were cooled in a desiccator and placed in the laboratory for 24 hours for moisture exchange, and then weighed with a scale with an accuracy of 3 decimal places. For chemical analysis, the dried excreta were crushed with a mortar and pestle, and the remains of feathers and scales were separated and then ground with a 1 mm sieve.

Results and discussion

The average values of DM, Ash, CP, EE, Neutral Detergent Fiber (NDF), and acid Detergent Fiber (ADF) were 88.9, 6.5, 32.33, 3.1, 44.8, 25%, respectively and gross energy value of SFM was 4547 kcal/kg.

With increasing the level of SFM in the experimental diets, the values of ADMM, AOMM, AMEn, and GE efficiency decreased significantly ($p < 0.05$). The amount of AMEn decreased by 7.89%, equivalent to 260 kcal/kg in the diet containing 15% SFM compared to the control diet without SFM. The main effects of enzyme level caused a significant increase in AMEn values and GE efficiency of SFM ($P < 0.05$). The equations for estimating AMEn of SFM, with and without enzyme addition were $Y = 2009.75 - 4.171X$ ($R^2 = 0.91$) and $Y = 1596.14 - 2.414X$ ($R^2 = 0.91$), respectively. AMEn value of SFM with and without enzyme by regression method was estimated 1592 and 1354 kcal/kg, respectively.

Conclusions

The values obtained for AMEn of sunflower meal at the present study are recommended for formulating poultry diets and it could be probably better for predicting bird performance.

Author Contributions

Zamani, R., Janmohammadi, H., Dedehban, Y. & Khodadadi, A. contributed to conception, design, data collection, statistical analysis, and drafting of the manuscript. All authors approved the final version for submission.

Data Availability Statement

This article contains all the data that were created or evaluated during the research.

Acknowledgements

The authors would like to sincerely thank the members of Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tabriz University for the approval and support of this research.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ارزیابی انرژی قابل سوخت و ساز کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم به روش رگرسیون در خروس های بالغ لکه‌ورن

رونک زمانی^۱ | حسین جانمحمدی^۲ | یوسف دیده بان^۳ | علی خدادادی^۴

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: Zamani.ronak90@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: janmohammadi@tabrizu.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: yousefdidehban@gmail.com

۴. بهداشت و مواد غذایی، دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: ali.kh.1257@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل با چهار سطح کنجاله آفتابگردان (۰، ۵، ۱۰، ۱۵) و دو سطح آنزیم (۰، ۳۵۰ گرم در تن) با استفاده از ۴۸ قطعه خروس بالغ لکه‌ورن به منظور تعیین مقادیر انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای نقطه صفر تعادل نیتروژن (<i>AMEn</i>) کنجاله آفتابگردان به روش روش رگرسیون انجام شد. میانگین ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، عصاره اتری، فیبر نامحلول در شوینده خنثی (<i>NDF</i>) و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (<i>ADF</i>) در این آزمایش به ترتیب ۸۸/۹۰، ۵/۵، ۳۲/۳۳، ۳/۱، ۴۴/۸، ۲۵ درصد و انرژی خام کنجاله آفتابگردان نیز برابر ۴۵۴۷ کیلوکالری در کیلوگرم بدست آمد. مقادیر <i>AMEn</i> کنجاله آفتابگردان به روش اختلاف در جیره پایه تعیین شد. با افزایش سطوح کنجاله آفتابگردان مقادیر قابلیت سوخت و ساز ماده خشک، ماده آلی، <i>AMEn</i> و بازده انرژی خام به طور معنی داری کاهش یافت ($P < 0.05$). مقدار <i>AMEn</i> برابر ۷/۸۹ درصد معادل ۲۶۰ کیلوکالری در کیلوگرم درجیره حاوی سطح ۱۵ درصد کنجاله آفتابگردان در مقایسه با جیره کنترل فاقد کنجاله آفتابگردان کاهش یافت. اثرات اصلی سطح آنزیم باعث افزایش معنی دار مقادیر <i>AMEn</i> و بازده انرژی خام شد ($P < 0.05$)، بطوری که باعث بهبود <i>AMEn</i> به میزان ۱/۱۴ درصد گردید. معادلات برآورد کننده <i>AMEn</i> کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم به ترتیب برابر $Y = 2009.75 - 4.171X$ با ضریب تعیین ۰/۹ و $Y = 1596.14 - 2.414X$ با ضریب تعیین ۰/۹۱ بود. مقدار <i>AMEn</i> کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم به ترتیب برابر با ۱۵۹۲ و ۱۳۵۴ کیلوکالری در کیلوگرم برآورد شد. مقادیر حاصله برای <i>AMEn</i> کنجاله آفتابگردان در مطالعه حاضر برای تنظیم جیره های غذایی طیور پیشنهاد شده و احتمالاً می تواند در پیشگویی عملکرد پرنده موثر باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۶	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۹	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶	
تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۴	
کلیدواژه ها:	
روش رگرسیون، انرژی قابل سوخت و ساز، کنجاله آفتابگردان، آنزیم خروس بالغ لکه‌ورن	

استناد: زمانی، رونک؛ جانمحمدی، حسین؛ دیده بان، یوسف و خدادادی، علی (۱۴۰۴). ارزیابی انرژی قابل سوخت و ساز کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم به روش رگرسیون در خروس های بالغ لکه‌ورن. نشریه علوم دامی ایران، ۵۶ (۴)، ۷۵۱-۷۳۷. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.372490.654008>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.372490.654008>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

انرژی حداقل ۶۰ درصد هزینه خوراک را در تغذیه طیور به خود اختصاص می‌دهد. به همین علت تخمین محتوی انرژی موجود در مواد غذایی مهم است. تعیین ارزش غذایی و محدودیت سطح افزودن مواد تشکیل دهنده خوراک در تغذیه طیور برای انعطاف پذیری و دقت در فرمولاسیون جیره مهم است. بنابراین، تلاش‌های زیادی برای تعیین و به روز رسانی ارزش‌های تغذیه ای اجزاء جیره های غذایی به طور مداوم انجام می شود (Pereira & Adeola, 2016). در ایران، منابع انرژی غذایی مختلف برای طیور مورد مطالعه قرار گرفته است. با این حال، جایگزین‌های پروتئین گیاهی ارزان قیمت کمتر مطالعه شده و داده‌ها برای ارزش غذایی آن‌ها محدود است. امکان استفاده از کنجاله آفتابگردان در خوراک طیور، وابستگی به کنجاله سویا را به عنوان منبع پروتئین کاهش می‌دهد. این منبع می‌تواند هزینه خوراک را کاهش داده و محصولات طیور ایران را در بازارهای محلی و بین‌المللی رقابتی‌تر کند. در حالی که افزودن آنزیم‌های برون‌زادی به جیره در تغذیه طیور به وضوح مفید است، به خصوص که مربوط به جیره‌های با محتوای پلی ساکارید غیر نشاسته‌ای (NSP) زیاد باشد. انتظار نمی‌رود که علاقه به توسعه فناوری افزودن آنزیم به خوراک در آینده نزدیک کاهش یابد، زیرا این فناوری برای دستیابی به روش‌های ایمن و مقرون در سیستم تغذیه‌ای حیوانات برای تامین نیازهای در حال رشد جهان برای غذا موثر می باشد. علاوه بر این، نیاز به توانایی استفاده از طیف وسیعی از مواد غذایی غیر متعارف وجود دارد که در نتیجه پایداری صنعت پروتئین حیوانی را بهبود می‌بخشد (Anderson et al., 2022). کنجاله آفتابگردان با پروتئین زیاد محصول جانبی در کارخانه تولید روغن می‌باشد (Gupta, 2016). محتوای بالای فیبر غذایی، انرژی قابل سوخت و ساز (ME) کم و محتوای لیزین پایین و وجود اسید کلروژنیک در کنجاله آفتابگردان چالش‌های اصلی استفاده از آن در جیره طیور است (Alagawany et al., 2017; Ditta & King, 2017). محتوای فیبر کنجاله آفتابگردان تأثیر منفی بر در دسترس بودن مواد مغذی و محتوای انرژی قابل سوخت و ساز دارد (Janssen & Carre', 1985). پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای (NSPs) باعث کاهش در دسترس بودن مواد مغذی، ایجاد رطوبت بستر و کاهش عملکرد پرندگان می‌شود. با این حال، سیستم گوارش حیوانات تک معده پتانسیل ضعیفی برای تولید آنزیم‌هایی تجزیه کننده NSP مانند سلولز، گلوکان، زایلان دارد. بنابراین استفاده از آنزیم‌های برون‌زا در جیره غذایی این حیوانات از نظر هضم NSP مهم است (Tüzün et al., 2020). تلاش‌هایی برای بهبود در دسترس بودن مواد مغذی و محتوای ME از مواد مختلف از طریق مکمل آنزیمی انجام شده است (Friesen et al., 1992). استفاده از آنزیم در مواد خوراکی فرصتی مناسب برای غلبه به برخی از محدودیت‌های بالقوه اعمال شده توسط جیره‌های مبتنی بر پروتئین گیاهی از جمله قابلیت هضم کمتر پروتئین و نشاسته و غیره را فراهم می‌کند (Mushtaq et al., 2009). در این پژوهش، با گنجاندن سطوح مختلف کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم، انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده با نیتروژن کنجاله آفتابگردان در خروس‌های بالغ لگه‌ورن به روش رگرسیون برآورد می‌شود.

پیشینه پژوهش

در بحث تقسیم انرژی، انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده (AMEn) برای طیور پذیرفته شده است. اگر خوراک بدون هیچ گونه فرآوری و یا فرآوری شود، انرژی قابل متابولیسم ظاهری با جایگزینی بخشی از جیره پایه با ماده آزمایش اندازه گیری می‌شود. بر اساس سطوح مختلف جایگزینی ماده غذایی مورد آزمایش، می‌توان از معادلات رگرسیون برای پیش بینی مقادیر انرژی قابل متابولیسم محاسبه کرد. از آنجایی که ظاهراً انرژی قابل متابولیسم ظاهری برای جیره‌های غذایی پایه همیشه ثابت است، هر گونه تغییر انرژی در جیره‌های آزمایشی را می‌توان به ماده آزمایشی نسبت داد (McNab & Boorman, 2002). تعیین AMEn با استفاده از روش رگرسیون بر اساس روش جایگزینی برای اولین بار توسط Matterson et al. (1965)، پیشنهاد شد و بعداً مطالعات و تحقیقات زیادی توسط سایر محققین برای تعیین انرژی قابل متابولیسم مواد غذایی در طیور با پروتکل‌های مختلف انجام گردید (Pesti et al., 2005). Sibbald و Walynets (1989) گزارش کردند که AMEn تخمین دقیق‌تری از اجزای آزمایشی انرژی را ارائه می‌کند. در حال حاضر (AMEn) برای فرموله کردن خوراک در صنعت طیور استفاده می‌شود. معمولاً از خروس‌های بالغ یا جوجه‌های در حال رشد برای تخمین مقادیر انرژی قابل متابولیسم

مواد تشکیل دهنده خوراک با روش جایگزینی در جیره مرجع استفاده می‌شود (Liu et al., 2020). انرژی قابل متابولیسم، علیرغم محدودیت‌های آن در مقایسه با انرژی خالص، رایج‌ترین بیان انرژی قابل استفاده در خوراک طیور است (Olukosi, 2021).

براساس یافته‌های Mandal et al., (2000) اثر مثبت مکمل چند آنزیمی به جیره‌های غذایی مبتنی بر کنجاله آفتابگردان را گزارش کرد. بر اساس گزارش Bilal et al., (2017) بیان کرد که افزودن آنزیم به جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله آفتابگردان عملکرد جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌بخشد. همچنین گزارش شده است استفاده از کنجاله آفتابگردان با افزودن آنزیم باعث بهبود AMEn می‌شود، علت آن را به دلیل افزایش حالیت و قابلیت هضم NSP‌های موجود در کنجاله آفتابگردان عنوان شد (Mandal et al., 2000). بنابراین افزودن آنزیم به جیره حاوی کنجاله آفتابگردان که دارای NSP باعث افزایش قابلیت هضم و در نتیجه بهبود عملکرد پرندگان می‌شود. مطالعات چندی در منابع خارجی برای تخمین انرژی قابل سوخت و ساز مواد غذایی طیور انجام شده است، در همین راستا Agyekum & Woyengo (2022) میزان AMEn در کنجاله کانولا استخراج شده با خلال را ۱۶۰۸، کنجاله کانولا با پرس سرد را ۱۹۹۴ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش کردند. Adewole et al. (2017) نیز طی بررسی منابع مختلف کنجاله کانولا در کارخانجات ایالات متحد میزان AMEn را در محدوده ۱۵۹۰ الی ۲۰۴۱ ارایه کردند. مقدار AMEn دانه آفتابگردان پر چرب توسط Rodriguez et al. (1998, 2005) به ترتیب ۱۸/۷۱ و ۱۷/۶۷ مگاژول بر کیلوگرم گزارش کردند. نوری امام زاده و همکاران (۲۰۰۸) میزان AMEn کنجاله آفتابگردان را در خروس‌های سالم معادل ۱۴۵۷ و در خروس‌های سسکتومی ۱۳۹۶ کیلو کالری در کیلوگرم برآورد کردند. اخیراً Latifi et al., 2023 مقادیر AMEn به روش جایگزینی و رگرسیون را برای هشت نمونه کنجاله کانولا از کارنجات روغن‌گیری ایران، در محدوده بین ۱۵۷۸ تا ۲۱۰۹ کیلوکالری بر کیلوگرم برآورد کردند. Zamani et al., (2023) مقدار AMEn کنجاله کانولا را با و بدون آنزیم به روش رگرسیون به ترتیب ۱۹۸۵ و ۱۸۳۸ کیلوکالری بر کیلوگرم تخمین زدند. همچنین حسین تبار و همکاران (2020) توسط معادلات رگرسیون در خروس‌های بالغ نشان داد که میزان AMEn برای آمارانت خام بدون آنزیم، آمارانت خام با آنزیم، آمارانت خام فرآوری شده بدون آنزیم و آمارانت خام فرآوری شده با آنزیم را به ترتیب ۳۴۳۸، ۳۲۴۲، ۳۴۳۳، ۳۲۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم در ایران می‌باشد. همچنین مقادیر AMEn تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله گونه‌ها، سویه و سن و جنس قرار می‌گیرد (Fisher & Shannon, 1973).

روش شناسی پژوهش

در این مطالعه از ۴۸ خروس بالغ لگه‌ورن سویه W36 با میانگین وزنی مشابه (1960 ± 72) استفاده شد. دلیل استفاده از خروس‌های بالغ به دلیل مصرف مداوم غذا، سرعت رشد پایین، مصرف خوراک بیشتر نسبت به سایر پرندگان، سازگاری سریع با تغییرات جیره و دوره نگهداری طولانی بوده است. واریانس کمتر دلایل اضافی برای استفاده از این پرند، قدرت دستگاه گوارش و نیازهای کم نگهداری است (Bourdillon et al., 1990). خروس‌ها در اتاق متابولیسمی در قفس‌های انفرادی به ابعاد ۴۰ × ۴۵ × ۴۰ سانتی‌متر با دانخوری و آب آشامیدنی جداگانه قرار گرفتند. دمای سالن متابولیسمی خروس‌های بالغ در دامنه ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد حفظ شد و از دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی استفاده شد. خروس در مدت پرورش با یک جیره نگهداری تغذیه شدند (جدول ۱). محل انجام پژوهش سالن تحقیقاتی متابولیسمی خروس‌های بالغ در ایستگاه آموزشی و تحقیقاتی خلعت پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز بود.

کنجاله‌ی آفتابگردان از کارخانجات خوراک دام و طیور شهرستان تبریز تهیه گردید و مطابق روش‌های استاندارد مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت، و در آزمایشگاه تغذیه پیشرفته دام گروه علوم دامی اندازه‌گیری شد. ماده خشک و خاکستر خام بر اساس روش‌های AOAC (2005)، عصاره اتری به روش سوکسله (با دستگاه Velp ساخت کشور ایتالیا)، پروتئین خام به روش کدال با دستگاه Foss 2300 Kjeltac (ساخت کشور سوئد)، فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) با دستگاه فایبرتک Foss 1010 Fibre (ساخت کشور سوئد) در نمونه‌های کنجاله آفتابگردان،

جیره‌های غذایی آزمایشی و فضولات اندازه‌گیری شدند. از بمب کالریمتر آدیباتیک (Parr مدل ۱۳۵۱ ساخت آمریکا) برای انرژی خام در هر یک از نمونه‌ها استفاده شد.

جیره پایه بر اساس ذرت – کنجاله سویا جهت تامین احتیاجات خروس‌ها تنظیم و بطور آزادانه به تغذیه خروس‌ها رسید (جدول ۱). مقادیر لازم از جیره‌های آزمایشی با گنجاندن سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ درصد کنجاله آفتابگردان در بخش انرژی‌زای جیره پایه تولید شد. نیمی از جیره‌های آزمایشی تهیه شده با مولتی آنزیم به مقدار ۳۵۰ گرم در تن مورد عمل آوری قرار گرفت. مولتی آنزیم مورد استفاده شامل سلولاز (۶۰۰ واحد برگرم)، زایلاناز (۱۰۰۰۰ واحد برگرم)، بتاگلوکاناز (۷۰۰ واحد برگرم)، آلفاآمیلاز (۷۰۰ واحد برگرم)، پکتیناز (۷۰ واحد برگرم)، فیتاز (۱۵۰۰ واحد برگرم)، پروتئاز (۳۰۰۰ واحد برگرم) و لیپاز (۳۰ واحد برگرم) بود. از روش اروپایی برای تعیین انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای نقطه صفر تعادل نیتروژن در جیره پایه و آزمایشی با و بدون آنزیم استفاده شد (Bourdillon et al., 1990). تعداد ۶ خروس بالغ برای هریک از جیره‌های غذایی آزمایشی استفاده شد. خروس‌های بالغ به مدت ۹ روز (چهار روز دوره سازگاری با جیره‌های آزمایشی، یک روز گرسنگی قبل شروع آزمایش، سه روز تغذیه جیره‌های آزمایشی و یک روز گرسنگی بعد از اتمام دوره تغذیه) جیره‌های غذایی آزمایشی را تغذیه کردند. مقدار مصرف هر یک از جیره‌های غذایی آزمایشی در دوره آزمایش ثبت و کل فضولات نیز جمع آوری و در کیسه‌های پلاستیکی در دمای ۲۰- درجه سلسیوس در فریزر تا انجام تجزیه شیمیایی نگهداری شدند. فضولات پس از خارج شدن از فریزر در دمای آزمایشگاه برای یخ گشایی نگهداری و سپس در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت سه روز در آون خشک شدند. نمونه‌های فضولات پس خارج شدن از آون در دسیکاتور خنک و به منظور تبادل رطوبتی به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفته و سپس با ترازوی با دقت ۳ رقم اعشار توزین شدند. به منظور تجزیه شیمیایی، نمونه‌های خشک فضولات را با هاون خرد کرده و بقایای پرها و فلس‌های آنها جدا شده و سپس با الک ۱ میلی‌متری آسیاب گردیدند.

جدول ۱. ترکیب جیره پایه مورد استفاده برای تعیین انرژی قابل سوخت و ساز در کنجاله آفتابگردان

درصد	اقلام غذایی و ترکیب شیمیایی
۸۳/۷۱	ذرت
۱۲/۲۱	کنجاله سویا
۲/۰۶	دی کلسیم فسفات
۰/۹۸	کربنات کلسیم
۰/۲۵	مکمل ویتامینی
۰/۲۵	مکمل معدنی
۰/۴۴	نمک طعام
۰/۰۴	DL-متیونین
۰/۰۶	L-لیزین هیدروکلراید
۱۰۰	کل
مواد مغذی محاسبه شده	
۳۱۰۰	انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری در کیلوگرم)
۱۲/۵۶	پروتئین خام
۰/۹۸	کلسیم
۰/۴۵	فسفر قابل دسترس

برای محاسبه AMEn کنجاله آفتابگردان در هر سطح جایگزینی به روش اختلاف از فرمول زیر استفاده شد (Sibbald, 1960).

$$ME_{\text{test feed}} = ME_{\text{basal diet}} - ((ME_{\text{basal diet}} - ME_{\text{assay diet}}) / X$$

X = نسبت های جایگزینی کنجاله کانولادر جیره پایه

$ME_{\text{basal diet}}$ = انرژی قابل سوخت و ساز جیره پایه

$ME_{\text{assay diet}}$ = انرژی قابل سوخت و ساز جیره آزمایشی

برای تعیین قابلیت سوخت و ساز مواد مغذی، میزان ماده مغذی موجود در خوراک مصرفی و فضولات اندازه گیری شد. فرمول کلی برای محاسبه قابلیت سوخت و ساز مواد مغذی در جیره ها (پایه و آزمایشی) مورد نظر عبارت است از: (McDonald et al., 2002)

$$\text{مقدار ماده مغذی در فضولات} - \text{مقدار ماده مغذی مصرف شده} = \frac{\text{قابلیت سوخت و ساز مواد مغذی}}{\text{ماده مغذی مصرف شده}}$$

داده های حاصل از این پژوهش توسط نرم افزار SAS (نسخه ۹/۲) با رویه GLM بر پایه طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل 2×4 با استفاده از مدل آماری زیر تجزیه شدند. از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد برای مقایسه میانگین ها و از رویه Reg نرم افزار SAS (نسخه ۹/۲) برای تجزیه و تحلیل رگرسیونی استفاده شد.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

μ = میانگین جمعیت

A_i = اثر سطح کنجاله آفتابگردان ($i=1, 15, 5, 0$)

B_j = اثر سطح آنزیم ($j=0, 0.035$)

AB_{ij} = اثر متقابل سطح آنزیم و سطح کنجاله آفتابگردان

e_{ijk} = خطای آزمایشی است.

یافته های پژوهش

میانگین ترکیبات شیمیایی کنجاله آفتابگردان در جدول شماره ۲ آورده شده است. همان گونه که در جدول مشخص است، میانگین ماده خشک، خاکستر خام، پروتئین خام، عصاره اتری، فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و انرژی خام کنجاله آفتابگردان در این آزمایش در دامنه گزارش شده توسط سایر منابع در جدول می باشد، به استثناء اینکه درصد پروتئین خام در مقایسه با گزارش یعقوب فر و نوری امامی زاده (۲۰۰۸) بیشتر است. تغییرات در ترکیبات شیمیایی عمدتاً مربوط به روش های فیزیکی و شیمیایی عمل آوری دانه آفتابگردان و احتمالاً وارسته و شرایط های کاشت و داشت و برداشت دانه وابسته هست.

جدول ۲. میانگین ترکیبات شیمیایی کنجاله آفتابگردان در مطالعه حاضر و سایر گزارشات (براساس وزن تر)

متغیر	کنجاله آفتابگردان مورد مطالعه	جداول ایرانی ۲۰۱۴	یعقوب فر و نوری امامی زاده ۲۰۰۸	جداول برزیل ۲۰۱۷	NRC ۱۹۹۴
ماده خشک (%)	۸۸/۹۰	۹۲/۲۷	۹۴/۹۳	۸۹/۶	۹۰
انرژی خام (کیلو کالری در کیلو گرم)	۴۵۴۷	۴۵۶۱	۴۲۸۱	۴۲۱۶	-
ADF (%)	۲۵/۰	-	-	۲۶/۳	-
NDF (%)	۴۴/۸	-	۴۷/۶۰	۴۰/۷	-
عصاره اتری (%)	۳/۱	۶/۱	۰/۵۰	۱/۹۳	۱/۱
پروتئین خام (%)	۳۲/۱	۲۹/۴۶	۲۵	۳۳/۴	۳۲/۳
خاکستر (%)	۶/۵	۷/۰۲	۸/۰۷	-	-

نتایج حاصل از اثرات اصلی سطح کنجاله آفتابگردان و آنزیم بر $ADMM^1$ ، $AOMM^2$ ، $ACPM^3$ ، $AMEn$ و بازده انرژی خام در جدول ۳ ارائه شده است. همان طوری که مشاهده می شود با افزایش سطح کنجاله آفتابگردان در جیره های غذایی آزمایشی مقادیر $ADMM$ ، $AOMM$ ، $ACPM$ ، $AMEn$ و بازده انرژی خام بطور معنی داری کاهش می یابد ($P < 0.05$). سطح آنزیم باعث افزایش معنی دار مقادیر $ADMM$ ، $AOMM$ ، $ACPM$ ، $AMEn$ و بازده انرژی خام جیره کنجاله آفتابگردان شد ($P < 0.05$)، که در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

اثرات متقابل سطوح مختلف کنجاله آفتابگردان و آنزیم بر مقادیر $ADMM$ ، $AOMM$ ، $ACPM$ ، $AMEn$ و بازده انرژی خام جیره حاوی کنجاله آفتابگردان معنی دار بود ($P < 0.05$)، بطوری که بالاترین مقدار $ADMM$ ، $ACPM$ ، $AOMM$ ، $AMEn$ مربوط به جیره پایه حاوی آنزیم و کمترین آن مربوط به جیره ۱۵ درصد کنجاله آفتابگردان بدون آنزیم می باشد.

جدول ۳. اثرات اصلی و متقابل سطوح مختلف کنجاله آفتابگردان و آنزیم بر مقادیر قابلیت متابولیسم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای تعادل صفر نیتروژن و بازده انرژی خام (کیلوکالری در کیلوگرم) در جیره های غذایی خروس های بالغ لگه یون

AMEn/GE	AMEn	ACPM	AOMM	ADMM	
اثرات اصلی سطح کنجاله (درصد)					
۰/۸۶ ^a	۳۲۹۳ ^a	۵۶/۹۶ ^a	۸۵/۵۴ ^a	۹۲/۲۹ ^a	۰
۰/۸۴ ^b	۳۱۹۲ ^b	۳۳/۳۴ ^c	۸۲/۷۹ ^b	۸۸/۱۱ ^b	۵
۰/۸۳ ^c	۳۱۰۵ ^c	۳۹/۹۵ ^b	۸۰/۸۸ ^c	۸۵/۴۳ ^c	۱۰
۰/۸۰ ^c	۳۰۳۳ ^d	۲۵/۵۳ ^d	۷۹/۳۳ ^d	۸۳/۸۳ ^d	۱۵
۰/۰۰۰۷	۶/۹	۱/۱۷	۰/۰۷	۰/۰۸۳	SEM
سطح آنزیم (گرم در تن)					
۰/۸۳ ^b	۳۱۳۷ ^b	۳۵/۶۶ ^b	۸۱/۸۸ ^b	۸۶/۸۳ ^b	۰
۰/۸۳ ^a	۳۱۷۳ ^a	۴۲/۲۳ ^a	۸۲/۳۹ ^a	۸۸/۰۱ ^a	۳۵۰
۰/۰۰۰۵	۳/۸	۰/۸۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۹	SEM
اثرات متقابل (سطح کنجاله × آنزیم)					
۰/۸۵ ^b	۳۲۶۸ ^b	۵۳/۴۳ ^b	۸۴/۹۴ ^b	۹۱/۵۵ ^b	صفر × صفر
۰/۸۴ ^c	۳۱۹۴ ^c	۳۰/۴۸ ^f	۸۲/۸۹ ^c	۸۸/۲۸ ^c	صفر × ۵
۰/۸۳ ^d	۳۱۰۳ ^d	۴۲/۱۰ ^c	۸۰/۸۸ ^d	۸۵/۳۶ ^d	صفر × ۱۰
۰/۸۰ ^e	۲۹۸۳ ^f	۱۶/۶۳ ^g	۷۸/۸۳ ^e	۸۲/۰۹ ^e	صفر × ۱۵
۰/۸۷ ^a	۳۲۷۴ ^a	۶۰/۴۸ ^a	۸۶/۱۵ ^a	۹۳/۰۳ ^a	۰ × ۳۵۰
۰/۸۴ ^c	۳۱۹۵ ^c	۳۶/۲۰ ^d	۸۲/۶۹ ^c	۸۷/۹۴ ^c	۵ × ۳۵۰
۰/۸۳ ^d	۳۱۰۵ ^d	۳۷/۸۰ ^d	۸۰/۸۸ ^d	۸۵/۵ ^d	۱۰ × ۳۵۰
۰/۸۱ ^e	۳۰۸۳ ^e	۳۴/۴۳ ^e	۷۹/۸۳ ^d	۸۵/۵۷ ^d	۱۵ × ۳۵۰
۰/۰۰۱	۱۳/۸	۱/۶۵	۰/۱۱	۰/۱۱	SEM

^{a-g} میانگین هایی با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ می باشند ($P < 0.05$)

ns - عدم وجود اختلاف معنی دار.

در این پژوهش مقادیر میانگین مربوط به این قابلیت سوخت و ساز ماده خشک، ماده آلی و $AMEn$ برآورد شده کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم به همراه معادلات رگرسیون و میزان R^2 در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

1. Apparent Organic Matter Metabolizability
2. Apparent Dry Matter Metabolizability
3. Apparent Crude protein Metabolizability

جدول ۴. معادلات رگرسیون سطح کنجاله آفتابگردان با مقدار انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای تعادل صفر نیتروژن، بازده انرژی خام، قابلیت سوخت و ساز ماده خشک و ماده آلی در جیره‌های غذایی بر پایه ذرت و کنجاله سویا حاوی کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم در خروس‌های بالغ لگه‌ورن

تیمار	معادله رگرسیون خطی	ضریب R^2	مقدار برآورد
انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده			
کنجاله آفتابگردان بدون آنزیم	$Y=1596.14-2.414X$	۰/۹۰	۱۳۵۴
کنجاله آفتابگردان با آنزیم	$Y=2009.75-4.171X$	۰/۹۱	۱۵۹۲
بازده انرژی خام			
کنجاله آفتابگردان بدون آنزیم	$Y=0.85-0.0025X$	۰/۶۹	۰/۶۰
کنجاله آفتابگردان با آنزیم	$Y=0.88-0.0025X$	۰/۷۲	۰/۶۳
قابلیت سوخت و ساز ماده خشک			
کنجاله آفتابگردان بدون آنزیم	$Y=48.62-0.141 X$	۰/۷۵	۳۴/۶۲
کنجاله آفتابگردان با آنزیم	$Y=52.788-0.124X$	۰/۸۴	۴۰/۳۸
قابلیت سوخت و ساز ماده آلی			
کنجاله آفتابگردان بدون آنزیم	$Y=42.13-0.009X$	۰/۶۴	۴۱/۲۳
کنجاله آفتابگردان با آنزیم	$Y=46.161-0.002X$	۰/۶۹	۴۵/۹۶

ضریب تبیین $R^2=$

$X=$ درصد جایگزینی کنجاله آفتابگردان

$Y=$ مقادیر برآورد شده برای کنجاله آفتابگردان

مقادیر AMEn تعیین شده به روش اختلاف در کنجاله آفتابگردان در هر یک از سطوح جایگزینی با و بدون آنزیم و میانگین آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. میانگین مقادیر AMEn (کیلو کالری در کیلوگرم) کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم در خروس‌های بالغ لگه‌ورن به روش اختلاف.

سطح آنزیم میلی گرم در گیلو گرم	سطح کنجاله آفتابگردان %	AMEn
۰	۵	۱۲۷۳
۰	۱۰	۱۴۱۳
۰	۱۵	۱۵۶۰
میانگین AMEn		۱۴۱۵
۳۵۰	۵	۱۶۹۴
۳۵۰	۱۰	۱۵۸۴
۳۵۰	۱۵	۱۸۰۹
میانگین AMEn		۱۶۹۵

بحث

نتایج بررسی ترکیبات شیمیایی کنجاله آفتابگردان در تحقیق حاضر نشان داد، میانگین ماده خشک کنجاله آفتابگردان در این پژوهش ۸۸/۹ درصد بود، که کمتر از مقدار ماده خشک گزارش شده در جداول NRC (1994)، جداول ایرانی (2014) و جداول برزیلی (2017) و همچنین پژوهش‌های نوری‌امامی‌زاد و همکاران (2008) و، Lee et al (2015) بود، در حالی که میزان ماده خشک گزارش شده در پژوهش Silva et al., (2012) کمتر از میزان ماده خشک تحقیق حاضر است.

میانگین پروتئین خام در این پژوهش نیز ۳۲/۱ درصد بود که مشابه مقادیر گزارش شده در جداول NRC (1994)، جداول ایرانی (2014) و تحقیقات یعقوب‌فر و نوری‌امامی‌زاده (2008) بود. در حالی که میزان پروتئین خام در جداول برزیلی (2017) بیشتر از پژوهش حاضر گزارش شده است. میانگین عصاره اتری در این پژوهش ۳/۱ درصد بدست آمد که بیشتر از مقادیر گزارش شده عصاره اتری در جداول NRC (1994)، جداول برزیلی (2017) و پژوهش یعقوب‌فر و نوری‌امامی‌زاده (2008) بود، در حالی که کمتر از مقدار گزارش شده در جداول ایرانی (2014) می‌باشد. میانگین NDF و ADF کنجاله آفتابگردان در این پژوهش به ترتیب ۴۴/۸ و ۲۵ درصد می‌باشد، در حالی که از مقادیر گزارش شده NDF در پژوهش یعقوب‌فر و نوری‌امامی‌زاده

(2008) بیشتر از میزان NDF در این پژوهش بود. همچنین میزان ADF و NDF گزارش شده که میزان NDF در جداول برزیلی (2017) کمتر از این پژوهش، ولی میزان ADF آن بیشتر از این پژوهش گزارش شده است. میانگین انرژی خام در این پژوهش ۴۵۴۷ کیلوکالری در کیلوگرم بدست آمد که بیشتر از مقادیر گزارش شده در پژوهش یعقوب‌فر و نوری امامی زاده (2008) و جداول برزیلی (۲۰۱۷) می‌باشد. اما از مقدار انرژی خام گزارش شده در جداول ایرانی (2014) کمتر بود. از دلایل تفاوت در انرژی خام می‌توان به میزان چربی خام بالاتر در کنجاله مورد استفاده در این تحقیق اشاره کرد. علاوه بر آن الیاف خام، واریته و خاک کشت دانه آفتابگردان نیز بی‌تاثیر نیستند. Nadeem et al., (2005) بیان کردند مقدار انرژی خام کنجاله‌ها همچنین تحت تاثیر میزان خاکستر نیز می‌باشد. در تحقیق حاضر، ترکیبات شیمیایی کنجاله آفتابگردان به طور گسترده با سایر گزارش‌ها متفاوت است، عمدتاً به دلیل درجات مختلف پوسته پسته شدن دانه، که بر اجزای تغذیه‌ای آن تأثیر می‌گذارد (Costa et al., 2015). Silva et al., (2012) بیان کردند که تفاوت در میزان ترکیبات شیمیایی کنجاله آفتابگردان بیشتر در مقدار انرژی خام، پروتئین خام و الیاف خام آن‌ها است. به نظر می‌رسد روش‌های فرآوری کنجاله آفتابگردان عامل کلیدی موثر بر نتایج به دست آمده باشد. طیف گسترده‌ای از ترکیب شیمیایی کنجاله آفتابگردان ممکن است به روش‌های استخراج روغن از دانه‌ها بازگردد (Alagawany et al., 2015). همچنین Latifi et al., 2023 علت این تفاوت‌ها به دلیل متغیر بودن محتوای مواد مغذی نمونه‌های مختلف، ژنوتیپ گیاه، شرایط محیطی که گیاه در آن رشد کرده است، شرایط نگهداری و شرایط فرآوری پالایش روغن باشد (یکی از نشانه‌های مختلف فرآوری پالایش، رنگ متفاوت در نمونه‌های فرآوری) بیان کردند. نتایج حاصله از پژوهش حاضر بر اثرات اصلی سطح کنجاله آفتابگردان و آنزیم نشان داد کاهش مقدار AMEn برابر ۷/۸۹ درصد معادل ۲۶۰ کیلوکالری در کیلوگرم در سطح ۱۵ درصد کنجاله آفتابگردان در مقایسه با جیره غذایی کنترل فاقد کنجاله آفتابگردان می‌باشد. کاهش AMEn جیره پایه را می‌توان به سطوح جایگزینی کنجاله آفتابگردان در جیره پایه نسبت داد. کاهش AMEn کنجاله آفتابگردان نسبت به AMEn جیره پایه این اختلاف معنی‌دار انرژی را بوجود آورده است. میزان AMEn تحقیق حاضر با نتایج LoPez & Leeson (2008) با میزان AMEn بررسی شده در خروس‌ها مشابه با نتایج تحقیق حاضر گزارش کردند. Mandal et al., (2000) مقادیر AMEn در کنجاله آفتابگردان را به ترتیب ۱۴۵۸، ۱۴۵۸ و ۱۴۸۱ کیلوکالری بر کیلوگرم در مرغ، خروس و بلدرچین برآورد کردند. با توجه به میزان بالای NDF (۴۴/۸ درصد) و ADF (۲۵ درصد) در کنجاله آفتابگردان مورد استفاده در این پژوهش و میزان بالای فیبر خام در جیره‌ی حاوی کنجاله آفتابگردان نسبت به جیره پایه، باعث کاهش مقادیر ACPM، AOMM، ADMM جیره شده است. از طرف دیگر، کاهش قابلیت سوخت و ساز کنجاله آفتابگردان با افزایش سطح کنجاله آفتابگردان، باعث کاهش مقدار AMEn جیره مطابق جدول ۳ شده است. اثر سطح آنزیم بر مقدار AMEn جیره حاوی کنجاله آفتابگردان باعث افزایش ۱/۱۴ درصد معادل ۳۶ کیلوکالری در جیره حاوی آنزیم شد، به دلیل تکامل دستگاه گوارش در خروس‌های بالغ پاسخ به مکمل‌های آنزیمی در آن‌ها پایین بوده، اما در جوجه‌ها پاسخ به مکمل‌های آنزیمی افزودنی در جیره بالاتر می‌باشد. در همین راستا Cordeiro et al., (2022) مقادیر ماده خشک، پروتئین خام و انرژی قابل سوخت و ساز کنجاله آفتابگردان را به ترتیب ۹۴/۷۲، ۲۴/۲۹ درصد و ۲۶۲۹ کیلوکالری بر کیلوگرم در بلدرچین بدون استفاده از آنزیم تعیین کردند. به طوری که آن‌ها گزارش کردند استفاده از سطوح مختلف کنجاله آفتابگردان (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد) در تغذیه بلدرچین قابلیت متابولیسم ماده خشک و انرژی خام جیره به صورت خطی کاهش یافت، همچنین در سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد کنجاله آفتابگردان میزان AMEn نیز کاهش یافت. Mandal et al., (2005) گزارش کردند اثر مکمل آنزیمی جیره بر مقدار AMEn کنجاله آفتابگردان مثبت بود زیرا مقادیر AMEn کنجاله آفتابگردان را به میزان ۵/۹۸ درصد افزایش داد. Tavernari et al., (2008) گزارش کردند استفاده از کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم (سلولاز، β -گلوکاناز، زایلاناز و پکتیناز) در دو سطح (۰ و ۲۰ درصد) در تغذیه جوجه‌های گوشتی تأثیری بر AMEn نداشت ولی زمانی میزان AMEn جیره حاوی ۲۰ درصد نسبت به صفر درصد بهبود بخشید. به احتمال زیاد به دلیل فیبر بالا یا پایین بودن قابلیت سوخت و ساز جیره‌های حاوی کنجاله آفتابگردان است، که ظرفیت فلور میکروبی روده را برای استفاده از کربوهیدرات‌های پیچیده را محدود کند، که می‌تواند مقدار AMEn جیره را به هنگام استفاده از کنجاله آفتابگردان با و بدون

آنزیم را تحت تأثیر قرار داده و باعث اثرات متقابل سطح کنجاله و آنزیم می‌شود (Toghyani et al., 2014). همچنین استفاده از انرژی تحت تأثیر سن، گونه و کیفیت پروتئین یک خوراک قرار می‌گیرد (Pereira & Adeola, 2016).

میانگین AMEn کنجاله آفتابگردان با ۳۵۰ گرم در تن مولتی آنزیم ۱۵۹۲ کیلوکالری در کیلوگرم با استفاده از معادلات رگرسیون بدست آمد. در حالی که، میانگین AMEn کنجاله آفتابگردان بدون آنزیم ۱۳۵۴ کیلوکالری در کیلوگرم بدست آمد، که نسبت به مقدار AMEn کنجاله آفتابگردان گزارش شده در جدول NRC (1994) (۱۵۴۳ کیلوکالری در کیلوگرم) کمتر است. این اختلاف را می‌توان به وجود تفاوت بین ترکیبات شیمیایی کنجاله آفتابگردان مورد استفاده در این پژوهش با ترکیب شیمیایی کنجاله آفتابگردان مورد استفاده در جدول NRC (1994) دانست. نتایج برخی از گزارشات با نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد که از دلایل این اختلاف‌ها می‌توان به تفاوت در ترکیبات شیمیایی کنجاله‌ها، روش مورد استفاده برای برآورد انرژی، نوع پرنده از نظر سن، نژاد، وزن متابولیکی و غیره را می‌توان نام برد. علاوه بر اختلاف در ترکیبات شیمیایی، تفاوت در میزان AMEn در گزارشات مختلف به نوع فرآوری مورد استفاده برای تولید این کنجاله‌ها نیز بستگی دارد. Senkoyla & Dale (1999) مقادیر AMEn واریته‌های کنجاله آفتابگردان را در محدوده‌ای از ۱۱۸۰ تا ۲۲۴۳ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش کردند. همچنین بیان کردند که مقادیر کمتر با سطوح زیاد همی سلولز و فیبر خام کنجاله آفتابگردان ارتباط دارد. انرژی کم برخی از کنجاله‌های آفتابگردان به دلیل قابلیت سوخت و ساز و زیست فراهمی کم کربوهیدرات‌های آن و تأثیر الیاف خام بر قابلیت سوخت و ساز سایر مواد مغذی کنجاله آفتابگردان می‌باشد (Senkoyla & Dale, 1999). محققانی مانند Losada et al., (2010) مقدار AMEn کنجاله آفتابگردان را ۱۷۲۵ کیلوکالری در کیلوگرم براساس ماده خشک گزارش کردند.

SanjuanL & Villamide (2000) مقدار AMEn کنجاله آفتابگردان را ۱۸۲۳ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش کردند. Silva et al., (2012) مقدار AME و AMEn کنجاله آفتابگردان را به ترتیب ۱۷۸۱ و ۱۶۰۷ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش کردند. یعقوب‌فر و نوری امامزاده (2008) میانگین AMEn کنجاله آفتابگردان ۱۴۲۶ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش کردند. یعقوب‌فر و نوری امامزاده (2008) بیان کردند که مقدار AMEn کنجاله‌های آفتابگردان تحت تأثیر ترکیبات شیمیایی کنجاله، واریته و فرآوری در کارخانه روغن‌کشی می‌باشد. تحقیقات زیادی رابطه منفی بین میزان AMEn و مقدار فیبر کنجاله آفتابگردان گزارش کرده‌اند. SanjuanL & Villamide (2000) بیان کردند که انرژی قابل سوخت و ساز کنجاله‌ی آفتابگردان تحت تأثیر نوع کنجاله قرار دارد به طوری که مقدار انرژی قابل سوخت و ساز در کنجاله‌های آفتابگردان از ۱۵۵۸ تا ۲۰۲۳ کیلوکالری در کیلوگرم متغیر بوده و انرژی قابل سوخت و ساز این کنجاله‌ها همبستگی زیادی با مقدار همی سلولز، NDF و پروتئین خام کنجاله‌ها دارد. میانگین مقادیر مربوط به قابلیت سوخت و ساز ماده خشک و ماده آلی کنجاله آفتابگردان به ترتیب برابر با ۳۴/۶۲ و ۴۱/۲۳ درصد بدست آمد، در حالی که میانگین مقادیر مربوط به قابلیت سوخت و ساز ماده خشک و ماده آلی کنجاله آفتابگردان با ۳۵۰ گرم در تن مولتی آنزیم به ترتیب برابر با ۴۱/۲۳ و ۴۵/۹۶ درصد بدست آمد. Janssen & Carré (1985) اشاره کردند که مقدار فیبر موجود در کنجاله‌ها ممکن است بر ارزش تغذیه‌ای کنجاله تأثیر داشته باشد و از قابلیت سوخت و ساز مواد مغذی کنجاله بکاهد. استفاده از مولتی آنزیم که دارای سلولاز و پکتیناز می‌باشد با تأثیر بر هضم فیبر باعث افزایش مقادیر قابلیت سوخت و ساز کنجاله آفتابگردان شده است. AMEn بدست آمده به روش رگرسیون در حضور آنزیم برای کنجاله آفتابگردان برابر ۹/۸ درصد معادل ۲۳۸ کیلوکالری بهبود یافته است. این روند در سایر پاسخ‌های اندازه گیری شده شامل AMEn، AOMM، و بازده انرژی خام نیز مشاهده می‌شود. این ممکن است به دلیل افزایش حلالیت و قابلیت هضم NSP‌های موجود در کنجاله آفتابگردان باشد. بسیاری از گزارش‌ها بهبود قابل توجهی در ارزش غذایی کنجاله آفتابگردان را با افزودن آنزیم نشان داده‌اند (Friesen et al., 1992).

همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین مقادیر AMEn تعیین شده به روش اختلاف نیز در حضور آنزیم بهبود می‌یابد. ارقام حاصله برای AMEn در روش اختلاف به ترتیب برابر ۱۰۳ و ۶۱ کیلوکالری در کیلوگرم در مقایسه با مقادیر برآورد شده با و بدون آنزیم به روش رگرسیون بیشتر می‌باشد. همسو با نتایج به دست آمده (Zamani et al., 2023) نیز گزارش کردند مقادیر AMEn کنجاله کانولا به روش اختلاف در مقایسه با مقادیر برآورد شده با و بدون آنزیم به روش رگرسیون بیشتر بود. همچنین

Mandal et al., (2000) نیز گزارش کردند افزودن آنزیم به کنجاله آفتابگردان باعث بهبود AMEn می‌شود. استفاده از آنزیم‌های تجزیه کننده فیبر ممکن است در دسترس بودن انرژی و مواد مغذی را در جیره‌های غذایی با فیبر بالا بهبود بخشد (Njeri et al., 2023). اغلب مقادیر گزارش شده از محتوای AMEn مواد غذایی طیور در گذشته با استفاده از روش اختلاف با استفاده از جیره پایه متفاوت در خروس‌های بالغ صورت گرفته است (Council, 1994). بخشی از تفاوت‌ها در مقادیر AMEn توسط محققین همان‌طوری که فوقاً بیان شده است می‌تواند بسته به روش اندازه گیری توجیه شود. Mandal et al., (2000) مقدار AMEn کنجاله آفتابگردان را برابر ۱۵۸۴ کیلوکالری در کیلوگرم در جوجه‌های گوشتی تعیین کردند. به هر حال نباید از نظر دور داشت ارقام برآورد شده به روش رگرسیون بدلیل ارزیابی انرژی در سطوح مختلف در جیره غذایی پایه می‌تواند در عمل از اعتبار بیشتری برخوردار باشد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از ارزیابی محتوای انرژی قابل متابولیسم کنجاله آفتابگردان به روش رگرسیون، مقادیر AMEn برابر ۱۳۵۲ و ۱۵۹۲ کیلوکالری در کیلوگرم به ترتیب برای کنجاله آفتابگردان با و بدون آنزیم در هنگام استفاده از آن در جیره های غذایی طیور توصیه می شود.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام مینمایند که در این پژوهش هیچگونه تعارض منافی ندارند.

REFERENCES

- Abbasi, B., Fadaeli, H., Zahdifar, M., Mirhadi, S., Grami, A., Timuranjad, N. S., & Alavi, M. (2014). Tables of chemical composition of Iran's livestock and poultry feed sources (In Persian) <https://civilica.com/doc/1067428>.
- Adewole, D. I., Rogiewicz, A., Dyck, B., & Slominski, B. A. (2017). Effects of canola meal source on the standardized ileal digestible amino acids and apparent metabolizable energy contents for broiler chickens. *Poultry Science*, 96(12), 4298-4306.
- Agyekum, A. K., & Woyengo, T. A. (2022). Nutritive value of expeller/cold-pressed canola meal and pre-pressed solvent-extracted carinata meal for broiler chicken. *Poultry Science*, 101(1), 101528. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101528>
- Alagawany, M., & Attia, A. (2015). Effects of feeding sugar beet pulp and Avizyme supplementation on performance, egg quality, nutrient digestion and nitrogen balance of laying Japanese quail. *Avian biology research*, 8(2), 79-88. <https://doi.org/10.3184/175815515X14274754281188>
- Alagawany, M., Attia, A. I., Ibrahim, Z. A., Mahmoud, R. A., & El-Sayed, S. A. (2017). The effectiveness of dietary sunflower meal and exogenous enzyme on growth, digestive enzymes, carcass traits, and blood chemistry of broilers. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(13), 12319-12327. DOI 10.1007/s11356-017-8934-4
- Alagawany, M., Farag, M. R., Abd El-Hack, M. E., & Dhama, K. (2015). The practical application of sunflower meal in poultry nutrition. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3(12), 634-648.
- Anderson, A. G., Utterback, P. L., & Parsons, C. M. (2022). Evaluation of the precision-fed rooster assay for detecting effects of supplemental enzymes on metabolizable energy. *Poultry science*, 101(2), 101603.
- Association of Official Analytical Chemists, (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical. <http://dx.doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.12.634.648>
- Bilal, M., Mirza, M. A., Kaleem, M., Saeed, M., Reyad-ul-ferdous, M., & Abd El-Hack, M. E. (2017). Significant effect of NSP-ase enzyme supplementation in sunflower meal-based diet on the growth and nutrient digestibility in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(2), 222-228. <https://doi.org/10.1111/jpn.12552>
- Bourdillon, A., Carré, B., Conan, L., Duperray, J., Huyghebaert, G., Leclercq, B., ... & Wiseman, J. (1990). European reference method for the in vivo determination of metabolisable energy with

- adult cockerels: reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. *British Poultry Science*, 31(3), 557-565. <https://doi.org/10.1080/00071669008417287>
- Cordeiro, C. N., Freitas, E. R., Nepomuceno, R. C., Pinheiro, S. G., Souza, D. H., Watanabe, G. C. A., ... & Watanabe, P. H. (2022). Nutritional Composition, Metabolisable Energy and Total Use of Sunflower Seed Cake for Meat Quail. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 24, eRBCA-2021. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2021-1470>
- Costa, R. V., Silva, J. A., Galati, R. L., Silva, C. G. M., & Duarte Júnior, M. F. (2015). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and their coproduct in animal feed.
- Ditta, Y. A., & King, A. J. (2017). Recent advances in sunflower seed meal as an alternate source of protein in broilers. *World's Poultry Science Journal*, 73(3), 527-542. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000423>
- Fisher, C., & Shannon, D. W. F. (1973). Metabolisable energy determinations using chicks and turkeys. *British poultry science*, 14(6), 609-613. <https://doi.org/10.1080/00071667308416070>
- Friesen, O. D., Guenter, W., Marquardt, R. R., & Rotter, B. A. (1992). The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats, and rye for the young broiler chick. *Poultry Science*, 71(10), 1710-1721. <https://doi.org/10.3382/ps.0711710>
- Gupta, S. K. (2016). Brassicas. Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production, 33-53. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801309-0.00003-3>
- Janssen, W. M. M. A., & Carré, B. (1985). Influence of fibre on digestibility of poultry feeds.
- Kocher, A., Choct, M., Porter, M. D., & Broz, J. (2000). The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. *Poultry Science*, 79(12), 1767-1774. <https://doi.org/10.1093/ps/79.12.1767>
- Latifi, M., Moravej, H., Ghaziani, F., & Kim, W. K. (2023). Determination of prediction equations for apparent metabolizable energy corrected for nitrogen of corn gluten meal and canola meal in broilers. *Poultry Science*, 102(5), 102587.
- Lee, J. E., Lee, J. Y., Kim, H. R., Shin, H. Y., Lin, T., & Jin, D. I. (2015). Proteomic analysis of bovine pregnancy-specific serum proteins by 2D fluorescence difference gel electrophoresis. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 28(6), 788. <https://doi.org/10.5713%2Fajas.14.0790>
- Liu, W., Yan, X. G., Yang, H. M., Zhang, X., Wu, B., Yang, P. L., & Ban, Z. B. (2020). Metabolizable and net energy values of corn stored for 3 years for laying hens. *Poultry science*, 99(8), 3914-3920.
- LoPez, G.; Leeson, S. (2008). Assessment of the nitrogen correction factor in evaluating metabolizable energy of corn and soybean meal in diets for broilers. *Poultry Science* : 298-306. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00276>
- Losada, B., García-Rebollar, P., Álvarez, C., Cachaldora, P., Ibáñez, M. A., Méndez, J., & De Blas, J. C. (2010). The prediction of apparent metabolisable energy content of oil seeds and oil seed by-products for poultry from its chemical components, in vitro analysis or near-infrared reflectance spectroscopy. *Animal feed science and technology*, 160(1-2), 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.012>
- Mandal, A. B., Elangovan, A. V., Tyagi, P. K., Tyagi, P. K., Johri, A. K., & Kaur, S. (2005). Effect of enzyme supplementation on the metabolisable energy content of solvent-extracted rapeseed and sunflower seed meals for chicken, guinea fowl and quail. *British poultry science*, 46(1), 75-79. <https://doi.org/10.1080/00071660400023979>
- Matterson, L. D., Potter, L. M., Stutz, M. W., & Singsen, E. P. (1965). The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *The metabolizable energy of feed ingredients for chickens.*, (7). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.012>
- McDonald, P., Edwards, P. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition*, Six edition.
- McNab, J. M., & Boorman, K. N. (2002). *Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value* (pp. x+427). <https://doi.org/10.1079/9780851994642.0000>
- Mushtaq, T., Sarwar, M., Ahmad, G., Mirza, M. A., Ahmad, T., Noreen, U., ... & Kamran, Z. (2009). Influence of sunflower meal based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible

- lysine on performance, digestibility and carcass response of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3-4), 275-286. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.06.008>
- Nadeem, M. A., Anjum, M. I., Khan, A. G., & Azim, A. (2005). Effect of dietary supplementation of non-starch polysaccharide degrading enzymes on growth performance of broiler chicks. *Pakistan Veterinary Journal*, 25(4), 183.
- National Research Council, & Subcommittee on Poultry Nutrition. (1994). *Nutrient requirements of poultry: 1994*. National Academies Press.
- Njeri, F. M., Patterson, R., Gachuri, C. K., & Kiarie, E. G. (2023). Effects of pretreating wheat middlings and sunflower meal with fiber degrading enzymes on components solubilization and utilization in broiler chickens. *Translational Animal Science*, 7(1), txad108. <https://doi.org/10.1093/tas/txad108>
- Olukosi, O. A. (2021). Investigation of the effects of substitution levels, assay methods and length of adaptation to experimental diets on determined metabolisable energy value of maize, barley and soya bean meal. *British Poultry Science*, 62(2), 278-284. <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1849558>
- Pereira, L. F. P., & Adeola, O. (2016). Energy and phosphorus values of sunflower meal and rice bran for broiler chickens using the regression method. *Poultry Science*, 95(9), 2081-2089. <https://doi.org/10.3382/ps/pew089>
- Pesti, G. M., Bakalli, R. I., Driver, J. P., Atencio, A., & Foster, E. H. (2005). Poultry nutrition and feeding. *The University of Georgia. Department of Poultry Science. Athens Georgia*.
- Pirgozliev, V. R., Mansbridge, S. C., Whiting, I. M., Abdulla, J. M., Rose, S. P., Kljak, K., ... & Atanasov, A. G. (2023). The benefits of exogenous xylanase in wheat-soy based broiler chicken diets, consisting of different soluble non-starch polysaccharides content. *Poultry*, 2(2), 123-133. <https://doi.org/10.3390/poultry2020012>
- Rodriguez ML, Ortiz LT, Alzueta C, Rebole A, J Treviño (2005). Nutritive value of high-oleic acid sunflower seed for broiler chickens. *Poultry Science*. 84(3):395-402.
- Rodriguez, M. L., Ortiz, L. T., Treviño, J., Rebole, A., Alzueta, C., & Centeno, C. (1998). Studies on the nutritive value of full-fat sunflower seed in broiler chick diets. *Animal feed science and technology*, 71(3-4), 341-349. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00151-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00151-X)
- Rostagno, H. S., Albino, L. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., ... & Brito, C. O. (2017). Brazilian tables for poultry and swine. Feedstuff composition and nutritional requirements. Viçosa, Minas Gerais, 4th ed.; Universidade Federal de Viçosa: Visosa, Brazil.
- Sanjuan, L. S., & Villamide, M. J. (2000). Nutritional evaluation of sunflower seed and products derived from them. Effect of oil extraction. *British Poultry Science*, 41(2), 182-192. <https://doi.org/10.1080/713654913>
- Senkoylu, N., & Dale, N. (1999). Sunflower meal in poultry diets: a review1. *World's Poultry Science Journal*, 55(2), 153-174. <https://doi.org/10.1079/WPS19990011>
- Sibbald, I. R., & Wolynetz, M. S. (1989). Research note: Pellet binder and steam pelleting as nitrogen-corrected true metabolizable energy contributors: An example of the statistics used to evaluate a component of a mixture. *Poultry Science*, 68(9), 1299-1302. <https://doi.org/10.3382/ps.0681299>
- Sibbald, I. R., Summers, J. D., & Slinger, S. J. (1960). Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. *Poultry Science*, 39(3), 544-556. <https://doi.org/10.3382/ps.0390544>
- Silva, E. A. D., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., Ribeiro Junior, V., Vieira, R. A., Campos, A. M. D. A., & Messias, R. K. G. (2012). Chemical composition and metabolizable energy values of feedstuffs for broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 648-654. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300026>
- Tavernari, F. C., Albino, L. F. T., Morata, R. L., Dutra Júnior, W. M., Rostagno, H. S., & Viana, M. T. S. (2008). Inclusion of sunflower meal, with or without enzyme supplementation, in broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10, 233-238.
- Toghyani, M., Rodgers, N., Barekatin, M. R., Iji, P. A., & Swick, R. A. (2014). Apparent metabolizable energy value of expeller-extracted canola meal subjected to different processing

- conditions for growing broiler chickens. *Poultry Science*, 93(9), 2227-2236. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03790>
- Tüzün, A. E., Olgun, O., Yıldız, A. Ö., & Şentürk, E. T. (2020). Effect of different dietary inclusion levels of sunflower meal and multi-enzyme supplementation on performance, meat yield, ileum histomorphology, and pancreatic enzyme activities in growing quails. *Animals*, 10(4), 680. <https://doi.org/10.3390/ani10040680>
- Waititu, S. M., Sanjayan, N., Hossain, M. M., Leterme, P., & Nyachoti, C. M. (2018). Improvement of the nutritional value of high-protein sunflower meal for broiler chickens using multi-enzyme mixtures. *Poultry science*, 97(4), 1245-1252. <https://doi.org/10.3382/ps/pex418>
- Yaqub Far, A. and Nouri Imamzadeh, A. (2008) Determination of metabolizable energy of soybean, canola and sunflower meal using adult roosters. *Agricultural research: water, soil and plants in agriculture*. The eighth volume. Number four. winter. 87 p. 33. (In Persian).
- Zamani, R., Jonmohammadi, H., Mirgheleng, S. A., & Didehban, Y. (2023). Determination of metabolizable energy value in Canola meal with and without enzymes addition by regression method in adult leghorn roosters. *Research On Animal Production*, 1402(42), 11-19. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.61186/rap.14.42.11>