The University of Tehran Press

Iranian Journal of Animal Science

Online ISNN: 2008-4773

Homepage: http:// ijas.ut.ac.ir/

Estimation of energy requirements for maintenance and growth of male Afshari lambs from 40 to 50-kilogram using Relative Growth Index method

Mohsen Bayat [1], Ali Kiani [2] ✉ and Ayoub Azizi [3]

1. Animal Science Group, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Email: a.mohsen.bayat@gmail.com
2. Corresponding author, Animal Science Group, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Email: kiani.a@lu.ac.ir
3. Animal Science Group, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Email: azizi.ay@lu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 11 June 2025

Received in revised form:

13 September 2025

Accepted: 21 September 2025

Published online: Summer 2026

Keywords:

fat-tailed sheep,
growth energy requirement,
maintenance energy requirement,
Relative Growth Index.

ABSTRACT

Objective: Energy requirements for maintenance (MEm; kJ/$BW^{0.75}$) and growth (MEg; kJ/g) of growing fat-tailed Afshari lambs were estimated using Relative Growth Index (RGI) method.

Method: Thirty healthy fat-tailed Afshari male lambs (40±1.5 kg, age: 170± 10 days) that were individually housed were used. Lambs were randomly assigned to three plane of nutrition in a completely randomized design The lambs were fed either ad libitum (ADL, n=10), or restricted to 80% (R80, n=15) and 60% (R60, n=15) intake of ADL. The RGI was calculated by dividing metabolic body weight ($BW^{0.75}$) to average daily gain (ADG; g). Then, the MEm (kJ/$BW^{0.75}$) and MEg (kJ/g) were extrapolated from the intercept and slop of a linear regression between RGI and metabolizable energy intake (MEI) per unit of gain. The observed daily gain values of Afshari lambs were compared to the predicted value of daily gains from CNCPS-S.

Results: Estimated MEm was 440 kJ/$BW^{0.75}$ [ME (kJ/g ADG) = 440 RGI ($BW^{0.75}$) + 24.2 (kJ/g ADG), R^2=0.85]. The calculated MEm for a male Afshari lamb with 45 kg body weight and qm=0.64 and 250 g gain was 13.0 MJ per day based on RGI equation (440×15.9 + 24.2×250 = 6985(MEm) + 6050 (MEg)). The predicted ADG of fat-tailed Afshari lambs by the CNCPS-S model was markedly affected by feed intake level.

Conclusions: This study suggests that RGI method is suitable to predict energy requirement of fat-tailed sheep and that a single recommendation (e.g. NRC) for all sheep breeds under diverse management conditions cannot be feasible.

Cite this article: Bayat, M., Kiani, A. & Azizi, A. (2026). Estimation of energy requirements for maintenance and growth of male Afshari lambs from 40 to 50-kilogram using Relative Growth Index method. *Iranian Journal of Animal Science*, 57 **(2),** 177-194. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.396786.654081

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.396786.654081

Extended Abstract

Introduction

Fat-tailed sheep are the dominant sheep breeds in many part of the word. Feeding systems designed for tailed breeds may not be suitable for fat-tailed breeds. Two commonly used approaches to estimate the energy requirements of livestock are comparative slaughter technique (CST) and indirect calorimetry. The CST method is practical for determining retained energy (RE), but it is cumbersome, expensive, and inconsistent with animal welfare standards in many countries. On the other hand, indirect calorimetry is a non-invasive method for measuring whole-body heat production from respiratory gas exchange. While it is considered a standard method, it is not available in many countries and requires relatively sophisticated research facilities and financial resources to perform the experiments. These two methods have limitations, especially in areas that are poor in terms of financial resources. An alternative method for assessing energy requirements of growing animals is to use gain as an indirect measure of energy retention. This approach involves regression equations for plotting average daily gain (ADG) against metabolizable energy intake (MEI). Alternatively, relative growth index (RGI; $BW^{0.75}$/g) of an animal can be calculated as the metabolic body weight ($BW^{0.75}$) divided by ADG (g). The RGI represents an index for the efficiency of gain in animals. The RGI is regressed against MEI per unit of gain to establish a linear equation (Y=a + bx) where intercept (a) and slope (b) are the requirement of metabolizable energy for maintenance (MEm; kJ/$BW^{0.75}$) and growth (MEg; kJ/g), respectively. Afshari sheep breed is a fat-tailed breed known for its meat production and high productive characteristics. This study hypothesis that energy requirement of Afshari growing lambs can be estimated using the RGI method. Thus, the aims of the study were to (1) estimate energy requirements for maintenance (MEm)and growth (MEg) of Afshari male lambs from 40 to 50 kg body weight, (2) to compare the observed ADG of Afshari growing lambs with predicted ADG values from CNCPS-S system providing insights into the accuracy of the CNCPS system for estimating nutrient requirements of fat-tailed sheep breeds.

Materials and Methods

Thirty healthy Afshari male lambs (mean body weight: 40±1.3 kg, age: 170± 10 days) were used. The lambs were randomly assigned to three dietary intakes (10 lambs per treatment) in a completely randomized design. Thus, the lambs were either fed ad libitum (ADL, n=10) or restricted to 80% (R80, n=10) and 60% (R60, n=10) intake of ADL.The CNCPS-S model was used for predicting ADG of lambs. The predicted daily gain as output of the CNCPS-S model were 278, 181, and 91 g for ADL, 80R, and 60R respectively. The digestibility trials were conducted using eighteen lambs (six lambs of each group) close to the mean body weights (45 kg). Each trial lasted for seven days, with a two- days adaptation period and five-days of feces and urine collection. Relative growth index (RGI) was calculated as gram metabolic body weight ($BW^{0.75}$) divided by average daily gain (ADG) and total ME requirement = (MEm ×$BW^{0.75}$) + (MEg × gain). The slope and intercept of this Equation were assumed as metabolizable energy requirement for maintenance (MEm; kJ per $BW^{0.75}$) and ME requirement for growth (MEg; kJ per g ADG). For comparison with observed data, the CNCPS-S was used to estimate ADG for each lamb in the present study.

Results and Discussion

DM intake of control, R80 and R60 group was 3.9, 3.2 and 2.6% of body weight respectively. The DM intake of control lambs was 31 g per kg body weight and 82.2 g/$BW^{0.75}$. These values were within the range of sheep DMI with similar BW, i.e. 2.86-3.91% BW as recommended by NRC (2007). The metabolizability values obtained in this experiment were between 61 and 63.7% which was in the range (40 to 64%) proposed in several reports (ARC. 1980).. Relationship between MEI and ADG indicated that ADG increased linearly with increases in the metabolizable energy concentration in the diet: [ME (kJ/$BW^{0.75}$) = 1.13 ADG (g) + 500 (R^2 = 0.58)]. The estimated ME requirement for maintenance of Afshari growing lambs based on ADG was 500 kJ/$BW^{0.75}$. This value of MEm was in line with the value (560 kJ/$BW^{0.75}$ of Shrunk BW) recommended by NRC (2007) and close to the value of 542 kJ/$BW^{0.75}$ for tropical sheep breeds (Salah *et al.*,. 2014).. MEm in the present study was significantly differ from tailed sheep breeds. Around 31% higher than that obtained for Texel crossbred lambs (381 kJ/$BW^{0.75}$)(Galvani *et al.*,. 2008)., and 9% higher than the value of 460 kJ/$BW^{0.75}$ for English sheep breeds (Dawson and Steen. 1998). and 24% higher than the value of (403 kJ/$BW^{0.75}$) reported for Dorper crossbred ram lambs(Deng *et al.*,. 2012).. The inconsistency of MEm values found in the present study with those reported in the literature could be possibly explained by differences between breeds, age, bodyweight, body composition, feed ingredients, nutritional quality of diets and environmental effects, as well as methodological differences (Ben Ettoumia et al., 2022). The metabolisable energy requirement for gain (MEg) in finishing Afshari lamb based on ADG and RGI was estimated to be 20.9 kJ ME and 17.4 kJ ME per g of gain respectively. These estimates are inside the range of values published in the literature (13.7 to 27.9 kJ ME per g of gain These estimates are inside the range of values published in the literature (13.7 to 27.9 kJ ME per g of gain). The present values were slightly lower than 24.2 ME for gain reported for sheep in warm environment condition (Salah *et al.*,. 2014). Discrepancies might be explained by different used methods,

livestock genotypes, animal age and body composition of animals(Salah *et al.*,. 2014).. Based on RGI method, MEm was 439 kJ/$BW^{0.75}$ [ME (kJ/g ADG) = 2.47 RGI ($BWg^{0.75}$) + 24.2 (kJ/g ADG), R^2=0.85] when the RGI was as metabolic body weight divided by average daily gain ($BW^{0.75}$/g). The predicted MEm for a growing male lamb with 40 kg body weight and q_m=0.64 and 250 g gain based on RGI equation would be 440×15.9 + 24.2×250 = 6.985 (MEm) + 6050(MEg) = 13035 (13.0 MJ/d) and based on ADG equation is [ME (kJ/$BW^{0.75}$) = 493 (kJ/$BW^{0.75}$) + 20.0 ADG (g/$BW^{0.75}$), R^2=0.64] is 493×15.9 + 20.0×250 = 7839 (MEm) + 5000 (MEg) =12839 (12.8 MJ/d). According to the NRC (2007) and the AFRC system (AFRC. 1993). tables, the energy requirements for the same lamb is 15.1 and 18.6 MJ/d respectively. It means that the energy required to grow a 40 kg male Afshari lamb with a daily growth rate of 250 g in the NRC (2007) and the English system (AFRC. 1993) is about 20% and 30% higher than the present estimated value respectively. As comparison, the ADG of the present lambs were predicted by the CNCPS-S. Observed values were regressed on CNCPS-S model-predicted values (observed ADG, g/d = 1.04 (±0.085) - [36.9 (±0.079) × predicted ADG, g/d]; R^2 = 0.88). The ADG was markedly underestimated by the CNCPS-S for Afshari lambs both in control and restricted feed level. Differences between model predicted and observed ADG was 37 g. This difference might be attributed to the lower energy requirements for gain in Afashri lambs.

Conclusion

In this study, the energy requirement for maintenance and growth of a fat-tailed sheep was calculate based on ADG and relative growth intake. The Estimated MEm (440 kJ/$BW^{0.75}$) and MEg (24.2 kJ/g ADG) were in consistent of those reported in other studies using comparative slaughter technique and indirect calorimetry. The ADG values predicted from CNCPS-S model were underestimated as compared to observed ADG in fat-tailed Afshari lambs which suggests that a single recommendation for all sheep breeds under diverse management conditions cannot be feasible.

Author Contributions

"Conceptualization, A.K. and M.B.; methodology, M.B.; software, A.K.; validation, A.K., A.A. and M.B.; formal analysis, M.B.; investigation, M.B.; resources, M.B.; data curation, M.B.; writing—original draft preparation, M.B.; writing—review and editing, A.K.; visualization, A.A.; supervision, A.K.; project administration, M.B.; funding acquisition, A.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript."

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 Deputy of Research of Lorestan University for its financial support, and Riyhan Farm for their technical support and material used for experiment.

انتشارات دانشگاه تهران

نشریه علوم دامی ایران، دوره ۵۷، شماره ۲

شاپا الکترونیکی: ۷۹۴۹-۲۴۲۳

Homepage: http://ijas.ut.ac.ir//

برآورد نیاز انرژی نگهداری و رشد بره‌های نرافشاری از وزن ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم به روش شاخص رشد نسبی

محسن بیات [۱] | علی کیانی [۲] ✉ | ایوب عزیزی [۳]

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران : a.mohsen.bayat@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: kiani.a@lu.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: azizi.ay@lu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

گوسفند دنبه‌دار، انرژی رشد، انرژی نگهداری، شاخص رشد نسبی.

چکیده

هدف: تخمین انرژی مورد نیاز نگهداری و رشد بره‌های نر نژاد افشاری با استفاده از روش شاخص رشد نسبی.

روش پژوهش: تعداد ۳۰ رأس بره نر نژاد افشاری (وزن بدن: ۱/۵ ±۴۰ کیلوگرم، سن: ۱۰±۱۴۰ روز) به صورت انفرادی در قالب یک طرح کاملا تصادفی در سطح تغذیه تا حد اشتها (۱۰ رأس) و یا به صورت محدودیت غذایی ۸۰ درصد (۱۰ رأس) و ۶۰ درصد (۱۰ رأس) حد اشتها تا وزن ۵۰ کیلوگرم تغذیه شدند. شاخص نسبی رشد از تقسیم وزن متابولیکی (وزن بدن به توان ۰/۷۵) بر افزایش وزن روزانه (گرم) محاسبه شد. نیاز انرژی نگهداری (کیلوژول به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی) و رشد (کیلوژول به ازای گرم افزایش وزن) با استفاده از عرض از مبدا و شیب خط رگرسیونی بین شاخص رشد نسبی و میزان انرژی قابل متابوبسیم دریافتی به ازای هر گرم افزایش وزن تخمین زده شد.

یافته ها:نیاز انرژی نگهداری ۴۴۰ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی برآورد شد [ME (kJ/g ADG) = 440 RGI (BW0/75) + 24/2 (kJ/g ADG), R2=0.85].

مقدار انرژی قابل متابولیسم برای نگهداری یک بره نر افشاری با وزن ۴۵ کیلوگرم و افزایش وزن روزانه ۲۵۰گرم، بر اساس معادله شاخص رشد نسبی برابر ۱۳ مگاژول در روز تخمین زده شد.

نتیجه‌گیری:این مطالعه نشان داد که روش شاخص رشد نسبی یک روش مناسب برای برآورد نیاز انرژی در بره‌های دنبه‌دار درحال رشد است و اینکه استفاده از اعداد پیشنهادی در جداول احتیاجات غذایی (به عنوان مثال جداول (NRC) برای همه نژادها در شرایط متفاوت پرورش مناسب نیست.

استناد: بیات، محسن؛ کیانی، علی و عزیزی، ایوب (۱۴۰۵). برآورد نیاز انرژی نگهداری و رشد بره‌های نرافشاری از وزن ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم به روش شاخص رشد نسبی. *نشریه علوم دامی ایران*، ۵۷ (۲)، ۱۹۷-۱۷۷. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.397649.654085

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.397649.654085

مقدمه

احتیاجات غذایی گوسفندان دنبه دار در بسیاری از کشورها (ازجمله ایران) مورد غفلت واقع شده است و جهت تنظیم جیره غذایی معمولا از جداول تهیه شده برای احتیاجات نژاد های دم دار مانند جداول انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۲۰۰۷) و انجمن تحقیقات کشاورزی بریتانیا (۱۹۹۳)استفاده می شود. این در حالی است که نژادهای دنبه دار از لحاظ پتانسیل ژنتیکی، نوع خوراک و کیفیت غذایی، و شرایط محیطی با نژادهای دم دار اختلافات زیادی دارند (Martins *et al.*, 2019; NRC., 2007; Salah *et al.*, 2014). این گوسفندان از لحاظ عملکرد و ترکیب لاشه با نژادهای دم دار نیز متفاوت هستند (Ben Ettoumia *et al.*, 2022; Esmailizadeh *et al.*, 2011; Farid., 1991). لذا تعیین احتیاجات غذایی نژاد های ایرانی که غالبا دنبه‌دار هستند برای استفاده بهینه از توان ژنتیکی دام‌های بومی و بهره‌وری بالاتر از مواد خوراکی یک ضرورت ملی است.

محدودیت در روش‌ها و عدم وجود امکانات مناسب برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز دلیل اصلی عدم تدوین جداول احتیاجات غذایی گوسفندان ایرانی است. به طور کلی، دو شیوه متداول در دنیا برای تخمین نیازهای انرژی و پروتئین شامل روش کشتار مقایسه ای (Costa *et al.*, 2018; Deng *et al.*, 2014; Early *et al.*, 2001; Galvani *et al.*, 2008) و کالریمتری غیر مستقیم (Blaxter., 1986; Dawson and Steen., 1998; Kiani *et al.*, 2007). است. در روش کشتار مقایسه ای، برآورد انرژی مورد نیاز برای دام از کشتار تعدادی نسبتا زیادی دام ها در فواصل زمانی مشخص بدست می آید. این روش مستلزم صرف وقت، هزینه و توان زیادی است و در بسیاری از کشورها با استانداردهای رفاه حیوانات ناسازگار است. از سوی دیگر، در روش کالریمتری غیرمستقیم، برای برآورد احتیاجات نیاز به اندازه گیری دقیق گازهای تنفسی در اتاقک‌های کالریمتری است. علی رغم اینکه روش کالریمتری به عنوان روش استاندارد برای تعیین احتیاجات دام‌ها مرسوم است اما متاسفانه، در بسیاری از کشورها اتاقک‌های تنفسی در دسترس نیست.

یک روش کاربردی برای جایگزین روش‌های کشتار مقایسه‌ای و کالریمتری غیرمستقیم استفاده از افزایش وزن به عنوان مبنایی غیرمستقیم برای انرژی ذخیره شده در بدن دام جهت برآورد تخمین نیازهای انرژی بدن دام است (Luo *et al.*, 2004). این رویکرد به امکانات تحقیقاتی پیچیده یا منابع مالی گران‌قیمت نیاز ندارد. در این روش از معادلات رگرسیون متوسط افزایش وزن روزانه در مقابل میزان انرژی قابل سوخت و ساز دریافتی دام استفاده می‌شود. ابتدا معیاری به نام شاخص رشد نسبی که نشان دهنده بازدهی افزایش وزن در دام به ازای انرژی مصرفی است، محاسبه می شود. این شاخص برای یک دام در حال رشد از تقسیم نمودن وزن متابولیکی بدن دام بر متوسط افزایش وزن روزانه (گرم) آن محاسبه می شود. شاخص رشد نسبی بالا نشان می دهد که حیوان با کارایی کمتری نسبت به وزن بدن خود وزن اضافه می کند، در حالی که شاخص رشد نسبی پایین به این معنی است که حیوان به طور موثرتری وزن اضافه نمی‌کند. در این روش یک رگرسیون خطی ($Y=a+bX$) بین شاخص رشد نسبی و انرژی قابل متابولیسم دریافتی به ازای هر واحد افزایش وزن برقرار می شود. در این رابطه، عرض از مبدأ (a) معادل انرژی قابل سوخت و ساز برای نگهداری به صورت کیلوژول به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی دام است و شیب رابطه رگرسیونی (b) معادل انرژی قابل سوخت و ساز مورد نیاز برای رشد دام بر اساس کیلوژول به ازای هر گرم افزایش وزن است. این روش تاکنون برای تنظیم جداول احتیاجات غذایی بسیاری از نژادها با موفقیت انجام شده است (Luo *et al.*, 2004).

از اینرو هدف این پژوهش بررسی امکان برآورد احتیاجات انرژی مورد نیاز بره‌های در حال رشد افشاری با استفاده از روش شاخص رشد نسبی و مقایسه آن با مقادیر پیشنهادی در سیستم‌های رایج آمریکایی و اروپایی بود. بنابراین، ابتدا با استفاده از روش شاخص رشد نسبی احتیاجات انرژی مورد نیاز برای نگهداری و رشد بره های نر افشاری از ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم وزن بدن برآورد شد و سپس جداول احتیاجات انرژی بره‌های در حال رشد افشاری از وزن ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم با رشد روزانه ۵۰ الی ۴۰۰ گرم محاسبه و تدوین شد.

پیشینه پژوهش

روند توسعه سیستم‌های تغذیه‌ای ابتدا توسط برودی (Brody and Lardy., 1946)، کلیبر (Patton., 1962)و بلاکستر (Blaxter., 1962) پایه گذاری شد. نخستین سیستم تغذیه ای کلاسیک در سراسر اروپا برای سالیان متمادی سیستم معادل نشاسته‌ای کلنر است که در سال ۱۹۰۰ پایه‌ریزی شد. این سیستم بر پایه انرژی خالص است که در آن مقادیر انرژی مواد خوراکی

جهت تامین انرژی مورد نیاز برای رشد بر مبنای ارزش غذایی نشاسته بیان شده است و به عنوان زیربنای سایر سیستم‌های تغذیه‌ای انرژی خالص هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همزمان آت واتر و دستیارانش (۱۹۰۰) سیستمی متفاوت بر اساس انرژی قابل متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها (انرژی پروتئین تعدیل شده برای انرژی اوره دفع شده) ارائه کردند. آرمزبی و همکاران بین سالهای۱۹۰۳ تا ۱۹۱۷ با استفاده از کالریمتری تنفسی انرژی قابل‌متابولیسم را به صورت انرژی خالص بعلاوه انرژی اتلاف حرارتی جزبندی کردند. او و دستیارانش بسیاری از اصولی را که پایه سیستم‌های انرژی خالص حال حاضر دنیا از جمله سیستم‌های انرژی در بریتانیا (انجمن تحقیقات کشاورزی بریتانیا) و استرالیا (سازمان تحقیقات علمی و صنعتی مشترک المنافع استرالیا) را توسعه دادند(Blaxter., 1986) . گرت و همکارانش(۱۹۵۹) با استفاده از تکنیک کشتار مقایسه‌ای احتیاجات انرژی برای نگهداری و رشد گوساله های پرواری را محاسبه کردند (Garrett., 1980). تحقیقات گرت و همکارانش پایه‌ای برای سیستم تغذیه‌ای انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۲۰۰۷) شد.

در کشور ایران، کمال‌زاده و شبانی (۱۳۸۶) برای اولین بار احتیاجات انرژی و پروتئین نگهداری و رشد بره‌های نر نژاد بلوچی را تعیین کردند(Kamalzadeh and Shabani., 2007)، میزان انرژی قابل متابولیسم مصرفی برای دو گروه گوسفند بلوچی که یا زیر سطح نگهداری و یا بالای سطح نیاز نگهداری (رشد) تغذیه شده بودند به ترتیب معادل ۲۹۴ و ۷۹۵ کیلوژول به ازای هرکیلوگرم وزن متابولیکی در روز برآورد شد. در مطالعه دیگری، با استفاده از تعداد ۹۶ راس بره نر ۱۲ ماهه با میانگین وزن ۳۵ کیلوگرم مقادیر انرژی مورد نیاز نگهداری برای دو نژاد افشاری و سنگسری به ترتیب ۳۹۸ و ۴۰۰ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی گزارش شد (Kamalzadeh and Aouladrabiei., 2009). در سالهای اخیر، پژوهشگران چینی در حال پایه گذاری جداول احتیاجات غذایی برای گوسفندان دنبه‌دار بومی کشور چین هستند. دنگ و همکاران (۲۰۱۴) در یک آزمایش کشتار مقایسه ای احتیاجات انرژی خالص و قابل متابولیسم نگهداری و رشد بره های ماده آمیخته نژاد دورپر× هن با وزن ۳۵ تا ۵۰ کیلوگرم را برآورد کردند. مقدار انرژی قابل متابولیسم برای نگهداری معادل ۴۱۸ کیلوژول به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی در روز برآورد شد و کل انرژی متابولیسمی مورد نیاز نگهداری و رشد در محدوده رشد ۳۵ تا ۵۰ کیلوگرم برای افزایش وزن روزانه ۱۰۰ تا ۲۵۰ گرم از ۹/۱ تا ۱۶/۸ مگاژول تعیین شد (Deng *et al.*,2014).

روش شناسی پژوهش

محل آزمایش

مطالعه حاضر تحت نظارت گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان از اسفند ۱۳۹۹ تا فروردین ۱۴۰۰ در یک مزرعه پرورش گوسفند خصوصی (شرکت ریحان، استان مرکزی، ایران) انجام شد.

مدیریت حیوانات، نمونه برداری و طراحی آزمایشی

تعداد ۳۰ راس بره نر نژاد افشاری (میانگین وزن بدن: ۱/۳۴±۴۰/۹ کیلوگرم، سن: ۱۰±۱۷۰ روز) استفاده شد. قبل از شروع آزمایش همه بره‌ها با تزریق آیورمکتین (۰,۲ میلی‌گرم به ازای کیلوگرم وزن بدن) و سوسپانسیون خوراکی کلوزانتل ۵ درصد (۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن) انگل زدایی شدند. علاوه بر این بره ها علیه بیماری انتروتوکسمی (۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن، مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی، کرج، ایران) واکسینه شدند. بره ها به صورت انفرادی در جایگاه‌هایی (۱۰۰ × ۱۵۰ سانتی متر) با کف بتنی نگهداری شدند و آبخوری و آخور جداگانه در اختیار آنها قرار گرفت.

مدت زمان آزمایش ۵۵ روز بود که شامل ۱۵ روز برای سازگاری و ۴۰ روز دوره پروار برای رسیدن بره‌ها به وزن ۵۰ کیلوگرم بود. جیره‌ها با استفاده از نرم افزار CNCPS-S نسخه ۱,۰,۲۱؛ دانشگاه کرنل، ایتاکا، نیویورک، ایالات متحده آمریکا) فرموله شدند و به صورت کاملاً مخلوط در ساعت ۰۸:۰۰ و ۱۶:۳۰ ساعت تغذیه شدند. ترکیبات مواد خوراکی، مواد مغذی و انرژی جیره آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ترکیبات مواد خوراکی، مواد مغذی و انرژی جیره مصرفی

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diet

اجزای جیره	گرم در کیلوگرم ماده خشک
یونجه خشک	400
دانه جو	220
دانه ذرت	180
کنجاله سویا	50
سبوس گندم	120
مکمل ویتامین و مواد معدنی	20
نمک	6
جوش شیرین	4
مواد مغذی جیره	
ماده آلی (گرم درکیلوگرم ماده خشک)	479
پروتئین خام (گرم درکیلوگرم ماده خشک)	145
چربی خام (گرم درکیلوگرم ماده خشک)	54
خاکستر (گرم درکیلوگرم ماده خشک)	52
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (گرم درکیلوگرم ماده خشک)	277
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (گرم درکیلوگرم ماده خشک)	133
انرژی خام (مگاژول درکیلوگرم ماده خشک)	16.5
انرژی قابل هضم (مگاژول درکیلوگرم ماده خشک)	12.3
انرژی قابل سوخت و ساز(مگاژول درکیلوگرم ماده خشک)	9.16

*ترکیب پیش مخلوط متشکل از : ویتامینهای A، D و E به ترتیب ۱۰۰۰۰۰، ۵۰۰۰۰ و ۱۰۰۰ واحد بین المللی؛ منگنز، روی، مس و سلنیوم، آهن، کلسیم، کبالت و ید به ترتیب ۸۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰ و ۲۰، ۱۴۶،۴۰۰، ۲۰ و ۲۰ میلیگرم؛ گوگرد و منیزیم ۴ و ۲۰ گرم؛ آنتی اکسیدان ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم بود (ساخت شرکت مهرگان رشد، تهران، ایران).

نسبت کنسانتره به علوفه در طول آزمایش ثابت بود. به منظور کاهش تغییر احتمالی علوفه عرضه شده در طول آزمایش، یونجه مورد استفاده از یک دسته برداشت شد. بره‌ها در قالب یک طرح کاملا تصادفی در سه گروه یا به صورت اختیاری تاحد اشتها (تعداد: ۱۰رأس) یا به مقدار ۸۰ درصد (تعداد:۱۰ رأس) و ۶۰ درصد (تعداد: ۱۰رأس) با محدودیت مصرف تغذیه شدند. بره ها در گروه اول اجازه داشتندتا حد اشتها تغذیه کنند تا جاییکه هر روز حدود ۱۰ درصد از غذای آن‌ها در آخور باقی بماند. هر روز پس‌آخورها جمع‌آوری و توزین شد. خوراک روزانه گروه‌های محدود شده با توجه به مصرف گروه اول تنظیم شد. مصرف خوراک بره‌ها به صورت روزانه ثبت شد. بره‌ها همیشه به آب آشامیدنی تمیز دسترسی داشتند. وزن بره‌ها سه ساعت پس از تغذیه صبح و به صورت هفتگی با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل+WIC ، اعتماد ، تهران، ایران) تعیین شد.

علاوه بر این افزایش وزن روزانه بره‌ها با استفاده از مدل CNCPS-S پیش‌بینی شد. از اجزاء تشکیل دهنده جیره و مقدار خوراک مصرفی روزانه بره‌ها، وزن و سن بره به عنوان ورودی مدل استفاده شد. متوسط افزایش وزن پیش‌بینی شده به عنوان خروجی مدل CNCPS-S برای بره‌های تغذیه شده تا حد اشتها، ۸۰٪ و ۶۰٪ ، به ترتیب ۲۸۰، ۱۸۱ و ۹۱ گرم در روز برآورد شد.

آزمایشات تعادل انرژی و قابلیت هضم با استفاده از ۱۸ بره (شش بره از هر گروه) که بصورت تصادفی از بین هر گروه انتخاب شدند، انجام شد. هر دوره آزمایش به مدت هفت روز، با یک دوره سازگاری دو روزه و پنج روز جمع‌آوری ادرار و مدفوع به طول انجامید. بره‌ها در قفس‌های متابولیکی (عرض ۵۹ سانتی‌متر، طول ۱۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر) قرار گرفتند. مدفوع روزانه هر بره در یک ظرف پلاستیکی حاوی ۱۰ میلی لیتر فرمالین ۳۰ درصد جمع‌آوری شد. ادرار روزانه در بطری‌های حاوی ۶۰ میلی لیتر محلول ۱۰ درصد اسید سولفوریک جمع‌آوری شد. به منظور اندازه‌گیری نیتروژن و تخمین انرژی ادرار، کل حجم ادرار روزانه تولید شده توسط هر بره اندازه‌گیری و ۱۰ درصد ازآن در یک ظرف دربسته نگهداری شد و سپس در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد منجمد شد.

تجزیه‌های شیمیایی

نمونه‌های خوراک، پس‌آخورها و مدفوع ابتدا در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شد تا وزن آنها ثابت شود. درصد ماده‌خشک نمونه‌ها بوسیله خشک‌کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای حداقل ۸ ساعت تعیین شد(روش ۹۳۰). خاکستر با سوزاندن در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت (روش ۹۴۲،۰۵) و عصاره اتری با استفاده از دستگاه سوکسله (روش شماره ۹۲۰،۳۹) تعیین شد (AOAC ، ۲۰۰۴). ماده آلی از طریق کاهش وزن نمونه‌ها در طول خاکستر شدن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت محاسبه شد. محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی و شوینده اسیدی به روش ونسوست و همکاران (۱۹۹۱) محاسبه شد. محتوای نیتروژن خوراک، مدفوع و ادرار با استفاده از روش تقطیرکجلدال (روش ۱۳،۹۸۴ انجمن شیمیدانان رسمی کشاورزی) توسط دستگاه (Tecator AB) Tecator-Kjeltec 1026، Höganäs، سوئد) تعیین شد. انرژی خام محتوای خوراک و مدفوع با استفاده از دستگاه بمب کالریمتر (System C400، IKA Analysentechnic GmbH، Heitersheim، آلمان) اندازه‌گیری شد.

محاسبات داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش قابلیت هضم برای محاسبه ارزش انرژی جیره مورد استفاده قرار گرفت. انرژی قابل هضم جیره به عنوان تفاوت بین دریافت انرژی خام جیره و انرژی دفعی در مدفوع محاسبه شد(Galvani *et al.*, 2008; Martins *et al.*, 2019). محتوای انرژی ادرار از معادله ارائه شده توسط هافمن و کلاین (Hoffmann and Klein., 1980) محاسبه شد. اتلاف انرژی حاصل از متان به عنوان پنج درصد از انرژی خام در نظر گرفته شد (Freer *et al.*, 2007). انرژی قابل سوخت و ساز با کسرکردن انرژی ادرار و متان از انرژی قابل هضم دریافتی محاسبه شد. میانگین وزن بدن از تجمیع وزن اولیه و وزن نهایی هر بره تقسیم بر دو محاسبه شد. شاخص رشد نسبی از تقسیم وزن متابولیکی بدن (گرم) بر متوسط افزایش وزن روزانه بدست آمد. انرژی قابل سوخت و ساز به ازای هر گرم افزایش بدن از طریق تقسیم کل انرژی قابل متابولیسم دریافتی روزانه تقسیم بر متوسط افزایش وزن روزانه بدست آمد (رابطه ۱).

$$ME = (MEm \times BW0.75) + (MEg \times gain) \quad (۱)$$

دو طرف رابطه−۱ بر افزایش وزن روزانه تقسیم شد(رابطه۲)

$$ME\ (kJ)/gain\ (g) = MEm \times (BW^{0.75}/gain) + MEg \quad (۲)$$

شیب و عرض از مبدأ رابطه ۲ به عنوان انرژی قابل سوخت و ساز مورد نیاز نگهداری (کیلوژول/کیلوگرم وزن متابولیکی) و انرژی قابل سوخت و ساز رشد (کیلوژول/ متوسط افزایش وزن روزانه (گرم) فرض شد.

برای مقایسه داده‌های واقعی افزایش وزن با مقادیر پیش بینی شده در یک سیستم دیگر، متوسط افزایش وزن بره‌ها با استفاده از نرم افزار CNCPS-S و معادلات آن برآورد شد(Cannas *et al.*, 2004). داده‌های اندازه‌گیری شده از ترکیب شیمیایی خوراک‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر به کتابخانه خوراک مدل کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل وارد شد. از داده‌های کینتیک هضم و بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات از کتابخانه خوراک سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل استفاده شد(Tedeschi *et al.*,. 2010). برای برازش داده های واقعی افزایش وزن با مقادیر پیش بینی شده از معادله رگرسیون خطی استفاده شد.

تجزیه‌های آماری

داده ها در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از رویه GLM در نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۳) تجزیه و تحلیل آماری شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه ای توکی در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد. از معادله رگرسیون خطی برای به دست آوردن معادله‌ی رگرسیون بین نسبت انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی به متوسط افزایش وزن روزانه (کیلوگرم/ گرم) و متوسط افزایش روزانه به وزن متابولیکی بدن (وزن بدن به توان ۰/۷۵) استفاده شد. از شیب خط رگرسیون (Y=a+bX) جهت برآورد انرژی مورد نیاز برای نگهداری (کیلوژول/ وزن متابولیکی) استفاده شد. جهت برآورد انرژی مورد نیاز برای رشد (کیلوژول/گرم افزایش روزانه) از عرض از مبدأ معادله رگرسیونی استفاده شد. مفروضات مدل‌ها از نظر همسویی، مستقل و نرمال بودن خطاها با رسم باقیمانده‌ها در برابر مقادیر پیش‌بینی‌شده مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

مصرف ماده‌خشک بره‌های با محدودیت غذایی در سطح ۸۰ و ۶۰ درصد اشتها به ترتیب به میزان ۸ و ۳۰ درصد کمتر از مقدار ماده خشک مصرفی بره‌های بدون محدودیت بود (جدول ۲). وزن نهایی بره‌های تغذیه شده با محدودیت سطح ۶۰ درصد در مقایسه با بره‌های دو گروه بدون محدودیت و گروه محدودیت ۸۰ درصد به طور معنی‌داری سبک‌تر بود ($P <$ ۰/۰۵). متوسط افزایش وزن روزانه با محدودیت مصرف خوراک کاهش یافت ($P <$ ۰/۰۵) و ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت($P <$ ۰/۰۵). وزن مصرف ماده خشک و انرژی دریافتی به ازای هر گرم افزایش وزن با اعمال محدودیت غذایی بصورت خطی افزایش یافت ($P <$ ۰/۰۵). تفاوت بین متوسط افزایش وزن روزانه مشاهده شده و پیش بینی شده توسط نرم افزار CNCPS-S برای همه گروه‌های تغذیه‌ای مثبت بود. شاخص رشد نسبی (گرم وزن متابولیکی/گرم افزایش وزن) با محدودیت مصرف خوراک در بره ها افزایش یافت($P <$ ۰/۰۵). مقدار دریافت انرژی خام، انرژی قابل هضم، و انرژی قابل سوخت وساز بره‌ها به ازای هر گرم افزایش وزن با کاهش سطح مصرف خوراک افزایش یافت($P <$ ۰/۰۵). شاخص رشد نسبی محاسبه شده برای گروه ۶۰ درصد اشتها به ترتیب تقریبا دو و سه برابر بیشتر از گروه‌های ۸۰ و ۱۰۰ درصد اشتها بود (جدول۳).

جدول ۲.اثر محدودیت مصرف خوراک بر عملکرد و ضریب تبدیل غذایی بره‌های نر نژاد افشاری

Table 2. Effect of feed restriction on performance and feed conversion ratio of male Afshari lambs

	سطح مصرف خوراک			خطای استاندارد	معنی داری	خطی	کوادراتیک
	۱۰۰٪ اشتها	۸۰٪ اشتها	۶۰٪ اشتها				
وزن آغازین (کیلوگرم)	39.4	40.0	40.5	0.24	0.18	0.06	0.82
وزن پایانی (کیلوگرم)	50.2^{a}	48.9^{a}	46.4 ^{b}	0.39	<0.05	<0.01	0.30
افزایش وزن خالص (کیلوگرم)	10.8^{a}	8.87^{b}	5.95^{c}	0.42	<0.01	<0.01	0.26
مصرف ماده خشک (کیلوگرم)	1.42^{a}	1.34^{b}	1.00^{c}	0.03	<0.05	<0.01	<0.01
مصرف ماده خشک (گرم/وزن متابولیکی)	82.2^{a}	77.8^{b}	59.4^{c}	1.95	<0.05	<0.01	<0.01
ماده آلی مصرفی (گرم/وزن متابولیکی)	77.9^{a}	73.7^{b}	56.3^{c}	1.84	<0.05	<0.01	<0.01
متوسط افزایش وزن روزانه (گرم)	292^{a}	222^{b}	132^{c}	15.7	<0.01	<0.01	0.55
ضریب تبدیل غذایی	4.43^{c}	6.11^{b}	7.78^{a}	0.30	<0.01	<0.01	0.99

b،a و c ، مقادیربا حروف متفاوت در یک ردیف دارای اختلاف معنی داری ($P<$۰/۰۵) هستند.

جدول ۳. اثر محدودیت مصرف خوراک بر شاخص رشد نسبی بره‌های نر نژاد افشاری

Table 3. Effect of feed restriction on the Relative Growth Index of male Afshari lambs

	سطح مصرف خوراک			خطای استاندارد	معنی داری	خطی	کوادراتیک
	۱۰۰٪ اشتها	۸۰٪ اشتها	۶۰٪ اشتها				
متوسط افزایش وزن روزانه (مشاهده شده)	292^{a}	222^{b}	132^{c}	15.7	<0.01	<0.01	0.55
متوسط افزایش وزن روزانه پیشبینی شده	278^{a}	181^{b}	91^{c}	14.21	<0.01	<0.01	0.23
مشاهده شده – پیش بینی شده (گرم)	14	41	41	5.49	0.79	0.59	0.69
شاخص رشد نسبی (گرم وزن متابولیکی/گرم افزایش وزن)	9.56^{c}	13.9^{b}	23.3^{a}	1.14	<0.01	<0.01	0.01
شاخص رشد نسبی (کیلوگرم وزن متابولیکی/گرم افزایش وزن)	0.062^{c}	0.079^{b}	0.131^{a}	0.011	<0.01	<0.01	0.01
انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی/افزایش وزن (کیلوژول/گرم)	46.7^{c}	62.9^{b}	78.7^{a}	3.06	<0.01	<0.01	0.95
انرژی قابل هضم مصرفی/ افزایش وزن (کیلوژول/ گرم)	51.3^{c}	70.9^{b}	89.7^{a}	3.81	<0.01	<0.01	0.92
انرژی خام مصرفی/ افزایش وزن (کیلوژول/گرم)	73.3^{c}	101^{b}	128^{a}	5.00	<0.01	<0.01	0.99

b،a و c ، مقادیربا حروف متفاوت در یک ردیف دارای اختلاف معنی داری ($P<$۰/۰۵) هستند.

مقدار دریافت روزانه انرژی خام، انرژی قابل هضم، انرژی دفعی متان و انرژی قابل سوخت وساز برهها با کاهش سطح مصرف خوراک کاهش یافت($P < ۰/۰۵$). انرژی دفعی مدفوع در برههای با محدودیت ۶۰٪ کمتر از دو گروه دیگر بود ($P < ۰/۰۵$). اما انرژی دفعی ادرار تحت تاثیر سطح مصرف خوراک قرار نگرفت ($P > ۰/۰۵$). انرژی قابل سوخت و ساز دریافتی به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی بدن از ۵۹۹ تا ۸۶۷ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی متغیر بود و با محدویت غذایی کاهش یافت (جدول ۴). مقدار (ME/DE) در گروه حد اشتها و محدود شده غذایی مشابه بود. تفاوت در قابلیت متابولیسم و مقادیر ME/DE بین گروهها معنیدار نبود ($P > ۰/۰۵$).

قابلیت هضم ماده خشک، محتوای انرژی قابل هضم، انرژی قابل سوخت و ساز و همچنین نسبت انرژی قابل متابولیسم به انرژی خام (q=ME/GE) در همه گروهها مشابه بود (جدول ۴).

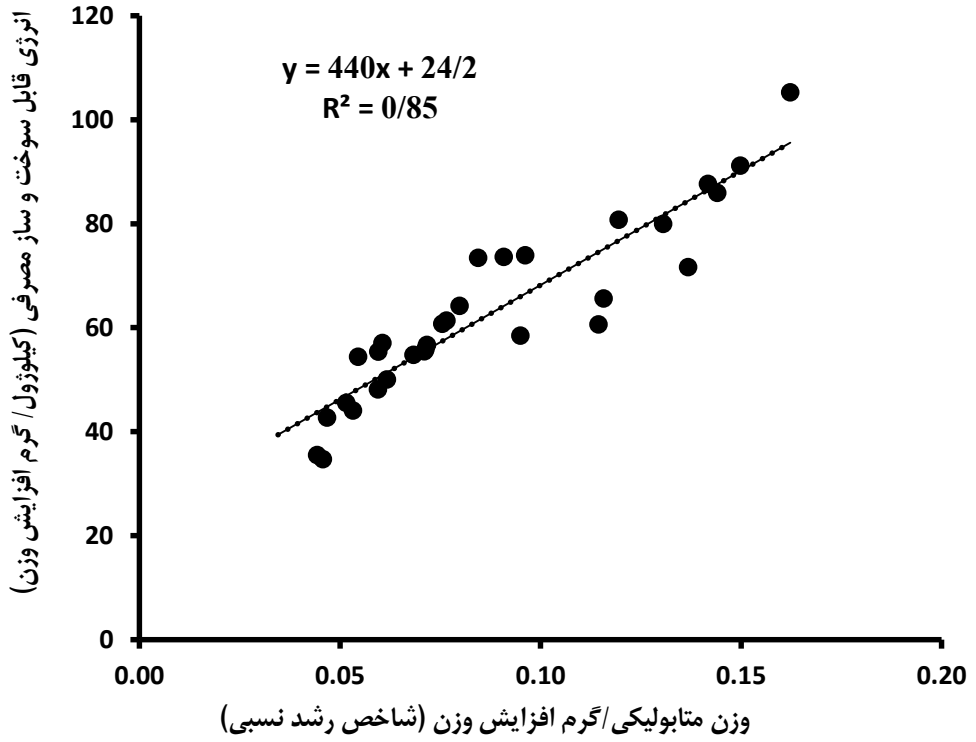
جدول ٤. تأثیر سطح تغذیه بر تعادل انرژی بره های در حال رشد نژاد افشاری

Table 4. Effect of feeding level on energy balance in growing male Afshari lambs

	سطح مصرف خوراک			استاندارد خطای	معنی داری		
	۱۰۰٪ اشتها	۸۰٪ اشتها	٦۰٪ اشتها			خطی	کوادراتیک
تعادل روزانه انرژی بر حسب مگاژول در روز							
انرژی خام (مگاژول/روز)	23.5[a]	22.2[b]	16.6[c]	0.58	<0.01	<0.01	<0.01
انرژی مدفوع (مگاژول/روز)	5.92[a]	5.75[a]	4.28[b]	0.16	<0.01	<0.01	<0.01
انرژی قابل هضم(مگاژول/روز)	17.6[a]	16.4[b]	12.3[c]	0.45	<0.01	<0.01	<0.01
انرژی دفعی ادرار (مگاژول/روز)*	0.96	۱/۰۶	1.05	0.03	0.32	0.08	0.52
انرژی متان (مگاژول/روز)*	1.65[a]	1.55[b]	1.16[c]	0.04	<0.01	<0.01	<0.01
انرژی قابل سوخت و ساز (مگاژول/روز)	15.0[a]	13.8[b]	10.1[c]	0.41	<0.01	<0.01	<0.01
تعادل روزانه انرژی بر حسب وزن متابولیکی							
انرژی خام (کیلوژول/کیلوگرم وزن متابولیکی)	1359[a]	1286[b]	983[c]	32.2	<0.05	<0.01	<0.01
انرژی مدفوع (کیلوژول/ کیلوگرم وزن متابولیکی)	342[a]	334[a]	252[b]	9.26	<0.05	<0.01	<0.05
انرژی قابل هضم(کیلوژول/کیلوگرم وزن متابولیکی)	1018[a]	952[a]	730[b]	125.1	<0.05	<0.01	<0.05
انرژی دفعی ادرار (کیلوژول/کیلوگرم وزن متابولیکی)*	55.6	61.5	62.2	1.71	31.0	0.12	0.46
انرژی متان (کیلوژول/کیلوگرم وزن متابولیکی) *	95.2[a]	90.0[b]	68.8[c]	2.26	<0.05	<0.01	<0.01
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوژول/کیلوگرم وزن متابولیکی)	867[a]	801[b]	599[c]	23.2	<0.05	<0.01	<0.05
قابلیت هضم ماده خشک (درصد)	72.7	72.6	71.7	0.46	0.63	0.15	0.47
قابلیت هضم انرژی (انرژی قابل هضم/ انرژی خام (درصد)	74.8	74.0	74.3	0.45	0.76	0.06	0.60
انرژی قابل سوخت‌وساز/انرژی قابل-هضم (درصد)	85.1	85.3	85.3	0.09	0.83	0.61	0.76
انرژی قابل سوخت و ساز/ انرژی خام (درصد)	63.7	62.2	61.0	0.05	0.06	0.02	0.93

b،a و c ، مقادیربا حروف متفاوت در یک ردیف دارای اختلاف معنیدار ($P<۰/۰۵$) هستند. *محتوای انرژی ادرار از معادله هافمن و کلاین (Hoffmann and Klein., 1980) محاسبه شد. اتلاف انرژی حاصل از متان به عنوان پنج درصد از انرژی خام در نظر گرفته شد (Freer *et al.,* 2007).

متوسط افزایش وزن روزانه با افزایش غلظت انرژی قابل سوخت و ساز جیره بطور خطی افزایش یافت. افزایش انرژی قابل سوخت و ساز دریافتی منجر به افزایش قابلیت دسترسی انرژی و منتج به افزایش متوسط وزن روزانه شد. با افزایش مقدار انرژی قابل متابولیسم جیره، متوسط افزایش وزن روزانه افزایش یافت. بر اساس روش شاخص رشد نسبی (نمودار۱)، انرژی قابل سوخت و ساز نگهداری محاسبه شده معادل ۴۴۰ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی بدن بود.



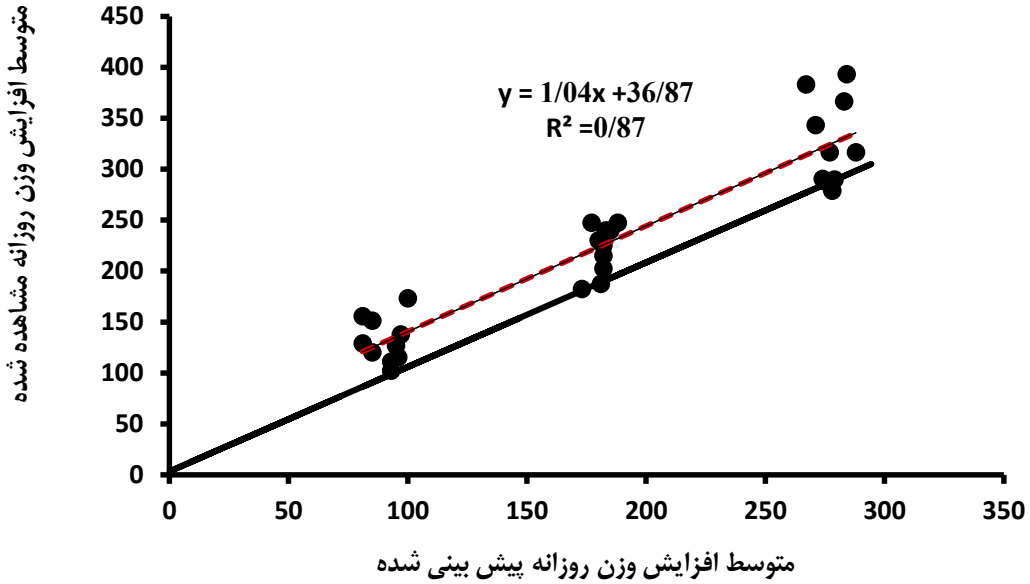
نمودار ۱: رابطه انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی (کیلوژول/ گرم افزایش وزن روزانه) و شاخص رشد نسبی(وزن متابولیکی/ گرم افزایش وزن) برای گوسفند دنبه‌دار افشاری

Figure 1. Relationship between ME consumption (kJ/g.ADG) and relative growth index (MBW/g.ADG) for fat-tailed Afshari sheep

بنابراین بر اساس رابطه ۳، انرژی قابل سوخت و ساز نگهداری برابر با ۴۴۰ کیلوژول بر کیلوگرم وزن متابولیکی است.

$$ME\ (kJ/g\ ADG) = 440\ RGI\ (BW^{0.75}/g) + 24.2\ (kJ/g\ ADG),\ R^2=0.85]] \quad (۳)$$

در نمودار ۲ خط ممتد نشان دهنده برابری متوسط افزایش وزن روزانه پیش بینی شده و مشاهده شده (Y=X) میباشد. ضرایب عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون به طور معنی‌داری ($P <$ ۰/۰۱) یکسان و مخالف صفر ($P<$۰/۰۱) هستند.



نمودار۲. ارتباط بین متوسط افزایش وزن روزانه مشاهده شده و پیش بینی شده توسط سیستم انرژی و پروتئین خالص دانشگاه کرنل

Figure 2. Relationship between observed ADG and predicted ADG by the CNCPS-S

کل نیاز روزانه برای انرژی قابل سوخت وساز نگهداری و رشد بره‌های افشاری از وزن ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم وزن بدن با میانگین افزایش وزن روزانه مختلف در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. کل احتیاجات انرژی (کیلوژول در روز) قابل سوخت و ساز نگهداری و رشد بره های نر نژاد افشاری

Table 5. Total ME (kJ/d) requirements for maintenance and growth of male Afshari lambs

وزن بدن	متوسط افزایش وزن روزانه (گرم در روز)								
(کیلوگرم)	0	50	100	150	200	250	300	350	400
40/0	6986	8197	9407	10617	11828	13038	14249	15459	16669
42/5	7311	8522	9732	10942	12153	13363	14574	15784	16994
45/0	7631	8842	10052	11263	12473	13683	14894	16104	17315
47/5	7947	9158	10368	11578	12789	13999	15210	16420	17630
50/0	8259	9469	10680	11890	13101	14311	15521	16732	17942

بحث

در این مطالعه ماده خشک مصرفی بره‌های تغذیه شده تا ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد حد اشتها به ترتیب برابر ۳/۹، ۳/۲ و ۲/۶ درصد وزن بدن بود. دریافت ماده‌خشک در گروه مصرف اختیاری(اشتهای کامل) ۳۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن و ۸۲/۲ گرم به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی بود که با نتایج سایر تحقیقات مشابه صورت گرفته بر روی نژادهای دنبه‌دار همخوانی داشت (Aouladrabiei., 2009 (Arjmand *et al.*, 2022; Ben Ettoumia *et al.*, 2022; Kamalzadeh and). این مقادیر خوراک مصرفی با محدوده توصیه شده ۳/۱-۲/۸۶ درصد وزن بدن گوسفند که در کتاب انجمن تحقیقات ملی آمریکا (NRC., 2007) گزارش شده است همخوانی داشت. بر اساس کتاب انجمن تحقیقات ملی آمریکا (NRC., 2007)، ماده خشک مصرفی توصیه شده بستگی به متوسط افزایش وزن روزانه و غلظت انرژی جیره دارد. نسبت انرژی قابل سوخت و ساز به انرژی قابل هضم در هر سه گروه (۸۵ درصد) کمی بیشتر از مقدار توصیه شده (۸۲ درصد) توسط انجمن تحقیقات کشاورزی بریتانیا (۱۹۸۹) بود. این

اختلاف ممکن است به علت تاثیر عواملی از قبیل ترکیبات جیره، محیط و عوامل حیوانی باشد(Nikkhah., 2014). مقادیر انرژی قابل‌هضم (۷۴ تا ۷۴/۸ درصد) مشابه سایر مقادیر گزارش شده برای نژاد افشاری بود (Kamalzadeh and Aouladrabiei. 2009). نسبت انرژی قابل سوخت و ساز/انرژی خام (بین ۶۱ تا ۶۳/۷ درصد) در دامنه (۴۰ تا ۶۴ درصد) گزارش شده در مطالعات قبلی(ARC., 1980; Kamalzadeh and Aouladrabiei., 2009; Thomson *et al.*, 1982) بود.

مقدار انرژی نگهداری برای یک بره پرواری از انرژی مورد نیاز برای حفظ بدن بدون افزایش وزن و تغییرات صفر انرژی(Ferrell *et al.*,. 1986))، بدست می آید. در مطالعه حاضر نیاز انرژی قابل سوخت و ساز نگهداری بره‌های در حال رشد نژاد افشاری از وزن ۴۰ الی ۵۰ کیلوگرم بر اساس میانگین افزایش وزن روزانه برابر ۵۰۰ کیلوژول به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی برآورد شد. این مقدار مطابق با مقدار ۵۶۰ کیلوژول توصیه شده توسط انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۲۰۰۷)، و نزدیک به مقدار ۵۴۲ کیلوژول بر وزن متابولیکی نژادهای گرمسیری گوسفند (صلاح و همکاران، ۲۰۱۴) و مقدار ۵۲۶ کیلوژول بر وزن متابولیکی گزارش شده برای گوسفند عمانی (Early *et al.*, 2001)، بود. همچنین این مقدار درمحدوده ۳۴۰ تا ۵۰۰ کیلوژول گزارش شده در سایر مطالعات برای گوسفند دنبه‌دار قرار دارد (Al Jassim *et al.*, 1996; Kamalzadeh and Shabani., 2007). الجاسم و همکاران(۱۹۹۶) مقدار ۳۴۲ تا ۴۸۲ کیلوژول را برای نیاز انرژی قابل متابولیسم نگهداری گوسفند دنبه‌دار نژاد آواسی پیشنهاد کردند.

در مقابل مقدار انرژی قابل سوخت و ساز نگهداری بدست آمده در مطالعه حاضر اختلاف قابل‌توجهی با مقادیر مورد نیاز نژادهایی اروپایی داشت. این مقدار در حدود ۳۱ درصد بیشتر از مقدار (۳۸۱ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی) بدست آمده برای آمیخته‌های نژاد تکسل (Galvani *et al.*, 2008)، ۲۴ درصد بیشتر از مقدار گزارش شده (۴۰۳ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی) برای بره‌های نر آمیخته نژاد دورپر (Deng *et al.*, 2012)، ۲۰ درصد بیشتر از مقدار گزارش (۴۱۷ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی) شده برای بره‌های تکسل(Martins *et al.*, 2019))، و ۹ درصد بیشتر از مقدار ۴۶۰ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی برای نژادهای انگلیسی (Dawson and Steen., 1998) بود. توصیه انجمن تحقیقات کشاورزی بریتانیا (۱۹۸۰) مقدار ۴۲۰ تا ۴۵۰ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی برای گوسفند تغذیه شده تا حد اشتها است. این مقادیر نسبتا کمتر از مقدار برآورد شده در مطالعه حاضر است. گزارش شده است که معمولا حیوانات در حال رشد نیاز انرژی سوخت و ساز نگهداری بیشتری نسبت به حیوانات بالغ دارند که احتمالا به این دلیل است که تخمین انرژی نگهداری به میزان زیادی تحت تاثیر ترکیب افزایش وزن بدن قرار دارد. بر خلاف حیوانات بالغ که عمده انرژی باقیمانده بصورت چربی است، در بره‌های در حال رشد این افزایش نسبت بیشتری از پروتئین دارد (Searle *et al.*, 1972). هزینه انرژی برای ذخیره یک گرم چربی (۶۸ کیلوژول) بیشتر از هزینه انرژی برای ذخیره یک گرم پروتئین (۴۸ کیلوژول) است که باعث راندمان خالص پایین‌تر استفاده از انرژی قابل سوخت‌وساز برای ذخیره چربی در مقایسه با پروتئین است (Orskov and McDonald., 1970). از این رو، با افزایش سن بعد از بلوغ، انرژی مورد نیاز برای نگهداری افزایش می‌یابد. در همین حال، حیوانات با نرخ رشد بالا، که به طور مستقیم یا غیرمستقیم با نرخ بالای سنتز پروتئین در بافت‌ها مرتبط هستند، تمایل به متابولیسم پایه بیشتری دارند(Costa *et al.*, 2018). اثرات این عوامل بر نیاز انرژی نگهداری را نمی‌توان به طور کامل حذف کرد (Wang *et al.*, 2021). مقدار پیش بینی شده انرژی قابل سوخت‌وساز نگهداری توسط انجمن تحقیقات ملی آمریکا در سال ۲۰۰۷ و انجمن تحقیقات کشاورزی بریتانیا در سال ۱۹۹۳، برای یک بره نر در حال رشد با وزن ۴۵ کیلوگرم و جیره غذایی با q_m= ۰/۶۴ به ترتیب معادل ۴۱۷ و ۴۸۵ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی است. این اختلافات احتمالا مرتبط با تفاوت‌های در سن، نژاد، اندازه بدن، شرایط فیزیولوژیکی، فعالیت فیزیکی و شرایط محیطی است (NRC., 2007). عدم همخوانی مقادیر انرژی قابل سوخت و ساز نگهداری محاسبه شده در مطالعه حاضر با مقادیر گزارش شده در سایر مطالعات را می‌توان با بررسی اختلافات نژادی، سن، وزن بدن، ترکیب بدن، ترکیب جیر، کیفیت اجزای جیره، اثرات محیطی و تفاوت در روش‌های آزمایشات و ابزارها توضیح داد (Ben Ettoumia *et al.*,. 2022; Farid. 1991).

یکی از دلایل اختلاف مشاهده شده در داده‌های برآورد شده می‌تواند تفاوت در روش‌های استفاده شده برای برآورد احتیاجات باشد. به طور کلی نیاز انرژی روزانه (نگهداری و تولید) تا حدود زیادی تحت تاثیر روش اندازه گیری قرار دارد. بررسی گزارشات

مختلف نشان میدهد که مقادیر انرژی قابل سوخت‌وساز تخمین زده شده برای نگهداری از تغییرات وزن بدن بزرگتر از مقادیر گزارش شده از روش های کشتار مقایسه‌ای یا کالریمتری غیرمستقیم است. در روش کشتار مقایسه‌ای، انرژی ذخیره شده توسط تجزیه شیمیایی کل بدن تعدادی حیوان کشته شده بدست می‌آید (Deng *et al.*, 2014; Early *et al.*, 2001; Galvani *et al.*, 2008; Martins *et al.*, 2019) . در روش کشتار مقایسه‌ای، تغییرات در محتوای انرژی بدن با گروه‌های مختلف حیوانات تغذیه شده در سطوح مختلف مصرف در یک دوره طولانی مدت اندازه گیری می‌شود. انرژی حرارتی به عنوان تفاوت بین انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی و انرژی باقیمانده محاسبه می شود. رگرسیون گرمای تولیدی در مقابل انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی محاسبه می‌شود و انرژی خالص مورد نیاز برای نگهداری در نقطه صفر دریافت انرژی قابل سوخت‌وساز تخمین زده می‌شود. در مقابل در روش کالریمتری غیرمستقیم، تبادل گازهای تنفسی (اکسیژن مصرفی و دی اکسید کربن و متان تولیدی) یک حیوان با استفاده از اتاقک‌های تنفسی محاسبه می‌گردد(Blaxter., 1986). بطور کلی انرژی قابل سوخت و ساز گزارش شده در روش کشتار مقایسه‌ای بیشتر از مقادیر تخمینی توسط روش کالریمتری است. در روش شاخص رشد نسبی (Luo *et al.*, 2004) دامنه وسیعی از انرژی قابل متابولیسم مصرفی برای یک واحد افزایش وزن در نظر گرفته می شود و دام برای هر گونه فعالیت فیزیکی در طول روز آزاد است. بنابراین تخمین مقادیر بالاتر انرژی قابل سوخت‌وساز بالاتر نسبت به روش‌های کالریمتری غیرمستقیم یا کشتار مقایسه‌ای قابل پیش‌بینی است.

نیاز انرژی قابل سوخت و ساز رشد برای مرحله پایانی بره‌های افشاریُ بر اساس روش شاخص رشد نسبی ۲۴/۲ کیلوژول انرژی قابل سوخت‌وساز به ازای هر گرم افزایش وزن تخمین زده شد (نمودار۱). این عدد تخمینی در محدوده مقادیر (۱۳/۷ تا ۲۷/۹ کیلوژول انرژی قابل سوخت و ساز) منتشر شده توسط انجمن تحقیقات ملی آمریکا سالهای ۱۹۸۱، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۱، و سازمان تحقیقات علمی و صنعتی مشترک المنافع استرالیا(INRA) در سال ۱۹۸۹ مطابقت داشت. عدد تخمینی در مطالعه حاضر با مقدار ۲۴/۲ کیلوژول انرژی قابل سوخت و ساز برای گوسفندان پرورش یافته در شرایط محیطی گرم همخوانی کامل داشت (Salah *et al.*, 2014). بر اساس عدد برآورد شده ۴۴۰ کیلوژول انرژی نکهداری به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی و ۲۴/۲ کیلوژول انرژی مورد نیاز رشد به ازای هر گرم افرایش وزن می توان کل نیاز انرژی قابل سوخت و ساز مورد نیاز برای نگهداری و رشد بره های افشاری با وزن بین ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم و متوسط افزایش وزن روزانه ۲۵۰ گرم در دامنه ۱۳ تا ۱۴/۳ مگاژول در روز قرار می گیرد (جدول ۵). به عنوان مثال انرژی قابل متابولیسم نگهداری پیش بینی برای یک بره نر در حال رشد با وزن ۴۰ کیلوگرم و ۲۵۰ گرم افزایش وزن بر اساس روش شاخص رشد نسبی برابر با۱۳ مگاژول در روز است. بر اساس جداول انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۲۰۰۷) و انجمن تحقیقات کشاورزی بریتانیا (۱۹۹۳)، نیاز روزانه انرژی بره‌های مشابه به ترتیب ۱۵/۱ و ۱۸/۶ مگاژول در روز است. به این معنی که انرژی مورد نیاز رشد یک بره نر افشاری ۴۰ کیلوگرمی با نرخ رشد روزانه ۲۵۰ گرم در این سیستم‌ها به ترتیب حدود ۲۰٪ و ۳۰٪ بیشتر از مقدار نیاز تخمین زده شده است.

مقایسه میانگین افزایش وزن روزانه بره‌های افشاری با مقادیر پیش بینی شده توسط مدل CNCPS-S در نمودار ۲ نشان داده شده است.

(۴) افزایش وزن مشاده شده (گرم) = (۱/۰۴± ۰/۰۸۵) - [۰/۰۷۹ (±۳۶/۹) × (گرم افزایش وزن پیش بینی شده ;[R^2 = ۰/۸۸

در نمودار ۲، پیش بینی بیش از حد و یا کمتر توسط مدل CNCPS-S توسط نقاط بالا و پایین خط Y = X نشان داده شده است. تخمین متوسط افزایش وزن روزانه توسط CNCPS-S در سه گروه بره‌های استفاده شده در مطالعه حاضر، به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از واقعیت بود. اختلاف بین متوسط افزایش وزن روزانه پیش بینی شده و مشاهده شده ۳۷ گرم بود. همانطور که اشاره شد، در جداول انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۲۰۰۷) و انجمن تحقیقات کشاورزی بریتانیا (۱۹۹۳)، نیاز روزانه انرژی بره‌های نژاد دنبه دار افشاری در مقایسه با نژادهای دم دار آمریکایی و انگلیسی حدود ۲۰٪ و ۳۰٪ بیشتر از مقدار نیاز تخمین زده شده است. در سیستم هم توان افزایش وزن بره های افشاری کمتر از واقعیت پیش بینی شد که نشان دهنده نقص داده های موجود در این مدل برای برآورد احتیاجات انرژی نژادهای دنبه‌دار است. یکی از دلایل عمده این امر به این واقعیت برمی گردد که نژادهای گوسفند دنبه‌دار از لحاظ پتانسیل ژنتیکی، نوع خوراک و کیفیت غذایی، و شرایط محیطی با نژادهای دم‌دار اختلافات زیادی

دارند(Martins *et al.*, 2019; NRC., 2007; Salah *et al.*, 2014). این گوسفندان از لحاظ عملکرد و ترکیب لاشه با نژادهای دم‌دار نیز متفاوت هستند (Ben Ettoumia *et al.*, 2022; Esmailizadeh *et al.*, 2011; Farid., 1991). هر چند می توان دلیل این تفاوت مشاهده شده را به معنی نیاز کمتر نژادهای دنبه‌دار در مقایسه با نژادهای دیگر در نظر گرفت ولی نتیجه گیری نیاز به تحقیقات تکمیلی دارد. یافته های پژوهش حاضر و سایر پژوهش‌هایی که برای تعیین احتیاجات غذایی گوسفندان دنبه‌دار انجام شده است (Early *et al.*, 2001; Jayanegara *et al.*, 2017; Kamalzadeh and Aouladrabiei., 2009; Salah *et al.*, 2014) نشان می‌دهد که احتیاجات غذایی نژادهای دنبه‌دار دارای تفاوت قابل‌توجهی با اعداد ارائه شده در جداول احتیاجات غذایی گوسفندان کشورهای اروپایی و آمریکا دارد،که این امر ضرورت و اهمیت مطالعه نیازهای غذایی گوسفندان بومی کشور را می‌رساند. لازم به ذکر است که هرچند روش شاخص رشد نسبی در این مطالعه توانایی مناسبی برای برآورد نیازهای انرژی نگهداری و رشد نشان داد، اما اعتبارسنجی مستقیم این روش در مقایسه با روش‌های استاندارد نظیر کشتار مقایسه‌ای یا کالریمتری غیرمستقیم انجام نشده است. عدم وجود داده‌های موازی از این روش‌های معیار سبب می‌شود تا تردیدهایی در مورد دقت و دامنه کاربرد باقی بماند. از یک سو، تفاوت شرایط آزمایشگاهی و فعالیت آزاد دام در روش‌های معیار می‌تواند بر مقدار واقعی انرژی مصرفی تأثیر گذارد و از سوی دیگر، خطاهای اندازه‌گیری در مدل شاخص رشد نسبی بدون مقایسه با استاندارد قابل تشخیص نیست. بنابراین، برای تعمیم بی‌چون‌وچرای نتایج به سایر نژادها یا شرایط مدیریتی، لازم است در مطالعات آینده اعتبارسنجی روش حاضر در برابر حداقل یکی از روش‌های کشتار مقایسه‌ای یا کالریمتری غیرمستقیم انجام شود. این امر به ارائه فاصله‌های اطمینان برای پارامترهای برآوردی و تعیین دقت واقعی روش شاخص رشد نسبی کمک خواهد کرد و توانایی کاربرد آن را در برنامه‌ریزی تغذیه‌ای دام‌های دنبه‌دار تقویت خواهد نمود.

نتیجه گیری و پیشنهادها

در این مطالعه، انرژی مورد نیاز برای نگهداری و رشد گوسفند دنبه‌دار افشاری بر اساس شاخص رشد نسبی محاسبه شد. انرژی قابل سوخت و ساز نگهداری برآورد شده (۴۴۰ کیلوژول به ازای کیلوگرم وزن متابولیکی بدن) و انرژی قابل سوخت و ساز رشد ۲۴/۲ کیلوژول به ازای هر گرم افزایش وزن بود. داده های بدست آمده از روش شاخص رشد نسبی با داده های حاصل از مطالعاتی که از روش‌های کشتار مقایسه‌ای و یا کالریمتری غیرمستقیم استفاده کرده‌اند، مطابقت داشت. عدم تطبیق افزایش وزن روزانه پیش‌بینی‌شده از مدل سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل در مقایسه با داده های مشاهده شده افزایش وزن بره‌های افشاری ضرورت تدوین جدول احتیاجات اختصاصی نژادهای گوسفند دنبه دار ایرانی را ایجاب می کند. لذا انجام تحقیقات تکمیلی برای برآورد نیازهای انرژی و پروتئین نژادهای دنبه‌دار ایرانی پیشنهاد می گردد.

تایید اخلاقی

کلیه رویه های مورد استفاده در این مطالعه مورد تایید تمامی مراحل مربوط به مراقبت و مدیریت حیوانات توسط کمیته مراقبت و رفاه حیوانات دانشگاه لرستان، ایران وکمیته اخلاق حیوانی سازمانی (IAEC) دانشگاه لرستان قرار گرفته است.

REFERENCES

AFRC. (1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants, Wallingford, UK.

AOAC. (2004). Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. Arlington VA.USA.

ARC. (1980). The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock: Technical Review. Agricultural Research Council by the Commonwealth Agricultural Bureaux.

Arjmand, M., Kiani, A., Azizi, A., Fadayifar, A., Azarfar, A., & Ponnampalam, E. N. (2022). Effects of dietary concentrate level and feeding length on nutrient digestibility, rumen hydrolytic enzymes activity, intermediary metabolites, and feeding behavior in growing fat-tailed lambs: Iranian feedlot system. Small Ruminant Research, 217, 106832. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106832

Ben Ettoumia, R., Vernet, J., Ortigues-Marty, I., Kraiem, K., & Majdoub-Mathlouthi, L. (2022). In fat-tailed sheep, variation of energy intake affected growth performances, carcass muscle and tail fat, without modifying carcass fat: A meta-analysis. Small Ruminant Research, 217, 106838. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106838

Blaxter, K. (1962). The energy metabolism of ruminants. The energy metabolism of ruminants., 329.

Blaxter, S. K. (1986). An historical perspective: the development of methods for assessing nutrient requirements. Proceedings of the Nutrition Society, 45(2), 177-183. https://doi.org/10.1079/PNS19860052

Brody, S., & Lardy, H. A. (1946). Bioenergetics and Growth. The Journal of Physical Chemistry, 50(2), 168-169. https://doi.org/10.1021/j150446a008

Cannas, A., Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Pell, A. N., & Van Soest, P. J. (2004). A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. J Anim Sci, 82(1), 149-169. https://doi.org/10.2527/2004.821149x

Costa, R. G., Lima, H. B., Medeiros, A. N., Cruz, G. R. B., Peixoto, M. G. L., & Silva, J. K. B. (2018). Net protein and energy requirements for weight gain of Santa Inês and Morada Nova sheep. Livestock Science, 214, 288-292. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.04.011

CSIRO. (2007). Nutrient requirments of doMesticted runinants. John Libey Euorotex.

Dawson, L. E. R., & Steen, R. W. J. (1998). Estimation of maintenance energy requirements of beef cattle and sheep. The Journal of Agricultural Science, 131(4), 477-485. https://doi.org/10.1017/S0021859698005942

Deng, K. D., Diao, Q. Y., Jiang, C. G., Tu, Y., Zhang, N. F., Liu, J.,…Xu, G. S. (2012). Energy requirements for maintenance and growth of Dorper crossbred ram lambs. Livestock Science, 150(1), 102-110. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.08.006

Deng, K. D., Jiang, C. G., Tu, Y., Zhang, N. F., Liu, J., Ma, T.,…Diao, Q. Y. (2014). Energy requirements of Dorper crossbred ewe lambs1. J Anim Sci, 92(5), 2161-2169. https://doi.org/10.2527/jas.2013-7314

Early, R., Mahgoub, O., & Lu, C. (2001). Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. I. Estimates of energy requirements and efficiency. The Journal of Agricultural Science, 136. https://doi.org/10.1017/S0021859601008899

Ebrahimi, S. H., Varasteh, F., & Javadmanesh, A. (2020). Performance Description of Afshari Sheep with focus on Growth and Daily Gain Potential in Male Lambs: A Meta-Analysis. Applied Animal Science Research Journal, 9(35), 33-48.

Esmailizadeh, A. K., Nemati, M., & Mokhtari, M. S. (2012). Fattening performance of purebred and crossbred lambs from fat-tailed Kurdi ewes mated to four Iranian native ram breeds. Tropical animal health and production, 44, 217-223.

Farid, A. (1991). Slaughter and carcass characteristics of three fattailed sheep breeds and their crosses with Corriedale and Targhee rams. Small Ruminant Research, 5(3), 255-271. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0921-4488(91)90130-I

Ferrell, C., Koong, L., & Nienaber, J. (1986). Effect of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. British Journal of Nutrition, 56(3), 595-605.

Galvani, D., Pires, C., Kozloski, G., & Wommer, T. (2008). Energy requirements of Texel crossbred lambs. J Anim Sci, 86(12), 3480-3490.

Garrett, W. N. (1980). Factors Influencing Energetic Efficiency of Beef Production. J Anim Sci, 51(6), 1434-1440. https://doi.org/10.2527/jas1981.5161434x

Hoffmann, L., & Klein, M. (1980). Die Abhängigkeit der Harnenergie vom Kohlenstoff-und Stickstoffgehalt im Harn bei Rindern, Schafen, Schweinen und Ratten. Archives of Animal Nutrition, 30(10-12), 743-750.

INRA. (1989). Ruminant NUtrition Recomended allowances and feed tables. John Libbey.

Jassim, R. A. M. A., Hassan, S. A., & Al-Ani, A. N. (1996). Metabolizable energy requirements for maintenance and growth of Awassi lambs. Small Ruminant Research, 20(3), 239-245. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0921-4488(95)00775-X

Jayanegara, A., Ridla, M., Astuti, D., Wiryawan, K., Laconi, E., & Nahrowi, N. (2017). Determination of energy and protein requirements of sheep in Indonesia using a meta-analytical approach. Media Peternakan, 40(2), 118-127. https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.5398/medpet.2017.40.2.118

Kamalzadeh, A., & Aouladrabiei, M. (2009). Effects of restricted feeding on intake, digestion, nitrogen balance and metabolizable energy in small and large body sized sheep breeds. Asian-Australasian journal of animal sciences, 22(5), 667-673.

Kamalzadeh, A., & Shabani, A. (2007). Maintenance and growth requirements for energy and nitrogen of Baluchi sheep.

Kiani, A., Chwalibog, A., Nielsen, M. O., & Tauson, A.-H. (2007). Partitioning of late gestation energy expenditure in ewes using indirect calorimetry and a linear regression approach. Archives of Animal Nutrition, 61(3), 168-178.

Luo, J., Goetsch, A., Sahlu, T., Nsahlai, I., Johnson, Z., Moore, J.,…Ferrell, C. (2004). Prediction of metabolizable energy requirements for maintenance and gain of preweaning, growing and mature goats. Small Ruminant Research, 53(3), 231-252.

Martins, A., Härter, C., Venturini, R., Motta, J., Teixeira, W., Macari, S.,…Pires, C. (2019). Energy and protein requirements for maintenance of Texel lambs. animal, 13(9), 1865-1873.

Mathison, G. W. (1995). Energy and protein requirements of ruminants: G. Alderman (Compiler). CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 1993, 175 pp., UK £17.95, softcover, ISBN 0 85198 851 2. Animal Feed Science and Technology, 56(1), 180-181. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)90026-8

Mohapatra, A., & Shinde, A. (2018). Fat-tailed sheep-an important sheep genetic resource for meat production in tropical countries: an overview. Indian Journal of Small Ruminants (The), 24(1), 1-17.

Nikkhah, A. (2014). Ruminant feed intake regulation evolution: chronophysiological rhythms perspectives. Biological rhythm research, 45(4), 563-577.

NRC. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academies Press. https://doi.org/doi:10.17226/11654

Orskov, E., & McDonald, I. (1970). The utilization of dietary energy for maintenance and for fat and protein deposition in young growing sheep. Eur. Assoc. Anim. Prod, 13, 121-124.

Patton, A. R. (1962). The fire of life: An introduction to animal energetics (Kleiber, Max). Journal of Chemical Education, 39(8), A608. https://doi.org/10.1021/ed039pA608

Sahlu, T., Goetsch, A. L., Luo, J., Nsahlai, I. V., Moore, J. E., Galyean, M. L.,…Johnson, Z. B. (2004). Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. Small Ruminant Research, 53(3), 191-219. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.04.001

Salah, N., Sauvant, D., & Archimède, H. (2014). Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. animal, 8(9), 1439-1447.

Santos, A., Giráldez, F. J., Mateo, J., Frutos, J., & Andrés, S. (2018). Programming Merino lambs by early feed restriction reduces growth rates and increases fat accretion during the fattening period with no effect on meat quality traits. Meat science, 135, 20-26.

Searle, T., Graham, N. M., & O'callaghan, M. (1972). Growth in sheep. I. The chemical composition of the body. The Journal of Agricultural Science, 79(3), 371-382.

Tedeschi, L. O., Cannas, A., & Fox, D. G. (2010). A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. Small Ruminant

Research, 89(2-3), 174-184.
Thomson, E., Bickel, H., & Schürch, A. (1982). Growth performance and metabolic changes in lambs and steers after mild nutritional restriction. The Journal of Agricultural Science, 98(1), 183-194.
Van Soest, P. v., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of dairy science, 74(10), 3583-3597.
Wang, C., Yan, T., Xie, K., Chang, S., Zhang, C., & Hou, F. (2021). Determination of maintenance energy requirement and responses of dry ewes to dietary inclusion of lucerne versus concentrate meal. Animal, 15(5), 100200.