نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۱۶، پاییز ۱۳۹۶
ص‌ص: ۲۱۹~۲۳۰

معادلات رگرسیونی به دست آمده از ترکیبات شیمیایی در برآورد انرژی قابل متابولیسم و خالص اسپرس ایران

- **حسین غلامی** (نویسنده مسئول)
استادیار موسسه تحقیقات علوم دامی کشور ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران
- **عباس گرامی**
استاد بازنشسته پردیس علوم، دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر دانشگاه تهران
- **کامران رضایزدی**
دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **مرتضی رضائی**
استادیار موسسه تحقیقات علوم دامی کشور ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران

تاریخ دریافت : مهر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش : فروردین ۱۳۹۶

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۷۷۸۸۵۸۰
Email: hosgholami2000@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق، تولید و ارزیابی مدل‌های رگرسیونی به دست آمده از ترکیبات شیمیایی اسپرس مانند پروتیین خام، خاکستر خام، چربی خام، فیبر نامحلول در شوینده خنثی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و عصاره عاری از نیتروژن به عنوان متغیر مستقل برای تخمین مقادیر انرژی قابل متابولیسم، خالص شیر دهی و نگهداری علوفه اسپرس در راستای تکمیل جداول ارزش غذایی خوراک‌های دام کشور بود. داده‌های ترکیبات شیمیایی مورد استفاده، از آزمایشگاه تغذیه دام موسسه تحقیقات علوم دامی کشور و برخی از آزمایشگاه‌های مراکز آموزشی و پژوهشی کشور تهیه گردیدند. برای هر یک از ترکیبات شیمیایی فوق معادلات خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه دوم، درجه سوم، تابع توان، تابع اس و تابع نمایی برازش و معادلات مشخص شدند. مقایسه جداول به دست آمده نشان داد که از ٤٨ معادله رگرسیونی برازش شده برای تخمین انرژی، معادلات بر اساس پروتیین خام بهترین معادلات تخمین انرژی برای اسپرس ایران هستند. این معادلات علاوه بر اینکه معنی دار شده اند، ضریب تعیین بالای نیز دارند، بر این اساس مقدار کل مواد مغذی قابل هضم(TDN)، انرژی قابل متابولیسم، خالص شیر دهی و نگهداری علوفه اسپرس به ترتیب برابر٦٥/٢٢ ، ٢/٤٣ ، ١/٤٤ و ١/٥٤ شد. هرچند که معادلات لگاریتمی، درجه دوم و سوم دارای ضریب تعیین برابری بودند ولی معادله خطی تولید شده را به سبب دقت بالا وکاربرد ساده تر می توان انتخاب کرد. در این معادله با انتخاب پروتئین خام به عنوان متغیر مستقل می توان تخمین دقیقی از مقدار انرژی قابل دسترس نشخوارکنندگان در اسپرس در ایران به دست آورد.

واژه‌های کلیدی: مدل های تخمین انرژی ، علوفه اسپرس ایران و ترکیبات شیمیایی

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 116 pp: 219-230

Regression equations of chemical composition for metabolizable and net energy estimation of Iranian sainfoin.(*Onobrychis vicifolia*).

By: Hossein Gholami[1]*, Abbas Gerami[2] , Kamran Reza-Yazdi[3] and Morteza Rezaei[1]
1: Assistant professors of animal nutrition department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Animal Science research Institute, Karaj, Iran.
2: Retired Professor of Science Campus, Faculty of Mathematics, Statistics and Computer Science, Tehran University.Iran.
3: Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.

Received: October 2016 **Accepted: March 2017**

In these models, chemical composition such as CP, Ash, EE, ADF, NDF and NFE used as an independent variable for estimation energetic value of Iranian sainfoin according to chemical composition and gas test method data to complete nutritive value the tables of Iranian feedstuff. The data were collected from animal nutrition laboratory of Animal Science Research Institute (ASRI) and some other labs of Educational and Research centers of the IRAN. For each above Chemical composition fitted equations for Linear, logarithmic, inverse, quadratic, cubic, power, S, and exponential were done. Comparison the equations of tables showed that the fitted equations on the base of CP as independent variable are the best equations. Among the fitted equations of CP, the Quadratic for its precision was chosen. For ME estimation of sainfoin hay used CP as independent predictor and in this regard estimated TDN, metabolizable energy, net energy for lactation (NE_L) and Net energy for maintenance(NE_m) were equal 65.22,2.43,1.44 and 1.54 Mcal/Kg DM. receptively.

Key words: Iranian sainfoin, energetic value, prediction equations

مقدمه

انرژی قابل دسترس مواد خوراکی برای دام‌ها بر خلاف سایر مواد مغذی به صورت مستقیم و با دستگاه های معمول قابل تعیین و اندازه گیری نیست و روش های تعیین آن با محفظه تنفسی۱ و یا کشتار مقایسه ای دام‌ها برای انرژی خالص و یا با حیوان زنده برای انرژی قابل متابولیسم، وقت گیر و هزینه بر است(McDonald و همکاران، ۱۹۹۰). برای اندازه گیری انرژی خالص مواد خوراکی کار مشکل تر است و جهت تعیین آن به روش کالریمتری با حیوان زنده، نیاز به محفظه تنفسی است که فقط چند کشور دسترسی به آن دارند، به دلایل بالا، روش‌های آزمایشگاهی و یا تلفیقی از آزمایشگاهی و حیوان زنده ابداع شده اند و گاهی نیز از معادلاتی که دارای دقت و صحت بالایی هستند و توسط مراجع و سازمان های معتبر مانند NRC، AFRC و یا INRA تائید و استفاده شده اند ویا حتی از معادلات برخی از دانشگاه‌های معتبر مانند پنسیلوانیا برای تخمین انرژی قابل دسترس دام، در مواد خوراکی استفاده می شود.

قابلیت هضم و در نهایت انرژی قابل دسترس دام‌های مزرعه ای با برخی از ترکیبات شیمیایی ویا مواد مغذی رابطه مثبت و یا برخی دیگرهمبستگی منفی دارند. به طور کلی مقدارانرژی قابل دسترس دام با مقدار فیبر خوراک (لیگنین و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی) و خاکستر رابطه منفی ولی با چربی، پروتئین خام و عصاره عاری از نیتروژن رابطه مثبت و مستقیم دارد (Alderman و همکاران، ۱۹۶۶). در اغلب معادلات تخمین انرژی بر اساس رابطه

منفی بین فیبر و خاکستر خوراک و انرژی قابل دسترس استوار است (Fonnesbeck و همکاران، ۱۹۸۴؛ Minson، ۱۹۸۲). از میان روش های تعیین فیبر در مواد خوراکی، مقدار MADF بهترین گزینه برای تخمین مواد آلی قابل هضم در ماده خشک (DOMD) است و هنوز MADF در انگلستان به این منظور استفاده می شود (Morgan, ۱۹۷۳). روش تیلی وتری برای تعیین گوارش پذیری و در نهایت انرژی قابل دسترس علوفه ها مناسب است (Church and Pond، ۱۹۸۸). منکی و استین گاس معادلات رگرسیونی برای تخمین انرژی قابل متابولیسم از گاز تولیدی و ترکیبات شیمیایی موجود در علوفه خشک را پیشنهاد دادند، در این معادلات از فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر خام (بر حسب گرم در کیلو گرم) به عنوان متغیرهای مستقل برای پیش بینی انرژی قابل متابولیسم و خالص (بر حسب مگا ژول در هر کیلو گرم ماده خشک) استفاده شده است(Menke and Steingass ، ۱۹۸۸) (جدول ۱).

جدول ۱- معادلات پیش بینی انرژی قابل متابولیسم و خالص علوفه ها از ترکیبات شیمیایی

ضریب تعیین	معادلات پیش بینی انرژی	ضریب تعیین	معادلات پیش بینی انرژی
۰/۷۵	ME= ۱۴/۶۰ – ۰/۰۱۷۸ CF	۰/۸۳	ME= ۱۴/۷۸ – ۰/۰۱۴۷ ADF
۰/۷۶	NE_L= ۹/۰۸ – ۰/۰۱۲۱ CF	۰/۸۷	NE_L= ۹/۱۸ – ۰/۰۱۰۰ ADF

مقدار ضریب تعیین برای فیبر نامحلول در شوینده اسیدی از فیبر خام بالاتر است که نشان دهنده دقت بالاتر در تخمین انرژی در علوفه های خشک است هر چند که دقت هر دو در حد قابل قبولی است. در ارتباط با انرژی قابل دسترس، خاکستر، لیگنین، مواد محلول در شوینده خنثی (NDS) و اسید های چرب بخش یکنواخت هستند. مقدار این ترکیبات در مواد خوراکی اثر مستقیمی بر روی مقدار انرژی قابل دسترس دارند. خاکستر و لیگنین انرژی قابل هضم ندارند ولیNDS و اسیدهای چرب قابلیت هضم ثابتی دارند. چربی ها در هر واحد مقدار انرژی بیشتری دارند. این ترکیبات در خوراک ها اغلب با انرژی قابل دسترس دام ها همبستگی پایینی دارند که علت مقدار کم آنها در مواد خوراکی است. ارزش و اعتبار خاکستر در تخمین انرژی قابل دسترس دام ها بستگی به مقدار خاکستر دارد. مقدار خاکستر علوفه ها با مقدار ماده خشک قابل هضم(DDM) همبستگی قابل قبولی دارد (Nichols and Dixon ، ۱۹۸۴). ارتباط بین مقدار TDN و چربی خام در مواد کنسانتره بالا و با ضریب تعیین هفتاد گزارش شده است (Wiseman and cole، ۱۹۹۰).

لیگنین همبستگی بالایی با گوارش پذیری دارد و کاملا غیر قابل گوارش است. چون مقدار لیگنین در مواد خوراکی با روش های متفاوتی اندازه گیری می شود، به عنوان متغیر مستقل شاخص خوبی برای تعیین انرژی قابل دسترس نیست. در اغلب مواد خوراکی پروتیین خام بخش یکنواخت و همگن است و مقدار آن در خوراک همبستگی مثبتی با مقدار انرژی قابل دسترس دارد(R^2= 0.65) (Church and Pond ، ۱۹۸۸). فیبر و اجزای آن بخش غالب در علوفه ها است که برای پیش بینی انرژی استفاده می شود. مقدار فیبر و اجزای آن با دقت زیاد در آزمایشگاه قابل تعیین است ADF و NDF به عنوان اجزا فیبر به عنوان متغیر مستقل استفاده می شوند(Wiseman and, Cole۱۹۹۰). همبستگی این دو با DDM بالاست R^2= 0.65 (Minson, ۱۹۸۲). ADF در مقایسه با NDF پیش بینی کننده بهتری برای انرژی است. (Demarquilly و همکاران، ۱۹۸۰).

اسپرس به عنوان علف مقدس معروف است و نام انگلیسی آن(Sainfoin) هم به این معنا می باشد. متوسط میزان پروتئین خام علوفه خشک اسپرس در استان اصفهان برابر ۱۲/۱۳ گزارش شده

است (خلیلوندی، ۱۳۸۸). در یک تحقیق میانگین پروتئین‌خام در اسپرس ۱۴/۹۵ و برای الیاف‌خام ۲۸/۵۲ درصد ذکر شده اند (اعظمی کردستانی،۱۳۸۱).

مقدار انرژی قابل متابولیسم اسپرس ۶ مزرعه در اصفهان با روش های متفاوت آزمایشگاهی و حیوان زنده اندازه گیری و مقدار تعیین شده از ۱/۸۵ (روش تولید گاز) تا ۲/۴۱ (روش تیلی وتری) گزارش شده است (خلیلوندی، ۱۳۸۸). مقدار انرژی قابل متابولیسم موجود در دو چین اسپرس منطقه شهر کرد، به ترتیب برابر ۲/۰۵ و ۲/۱۱ برای چین های یک و دو بود (Moharrery and Toghyani ، ۱۳۹۲). در اسپرس هم مانند دیگر علوفه ها، انرژی موجود همبستگی مستقیم ومثبتی با گوارش پذیری ماده خشک ویا آلی در آن دارد. گوارش پذیری مواد آلی و انرژی موجود در علوفه ها را با دقت زیادی می توان از خاکستر، فیبر خام ویا پروتئین خام تخمین زد (Demarquilly و همکاران ۱۹۸۰). Cerci و همکاران (۲۰۰۵) برای تخمین انرژی قابل متابولیسم منابع علوفه ای در کشور ترکیه معادله خطی زیر را پیشنهاد کردند.

ME (Kcal/Kg DM) = ۲۱۲۸+ ۲/۱۴ (CP٪)

همبستگی مثبت و بالایی بین اندازه گیری انرژی قابل متابولیسم با روش حیوان زنده و روش تولید گاز در مورد علوفه های کشور تایوان وجود دارد که می توان از روش تولیدگاز در تخمین انرژی قابل متابولیسم با دقت بالا استفاده کرد (Lee و همکاران، ۲۰۰۰).

هدف این پژوهش خلق و بررسی ارزیابی مدل های رگرسیونی به دست آمده از ترکیبات شیمیایی اسپرس در کشور و دسترسی آسان به مقدار انرژی موجود در اسپرس با انجام آزمایشات شیمیایی در آزمایشگاه و پیشنهاد معادلات ساده و کاربردی و در نهایت در راستای تکمیل جداول ارزش غذایی خوراک های دام کشور ایران است.

مواد و روش‌ها

داده‌های مربوط به آزمایشات تعیین ترکیبات شیمیایی و آزمایشات تولیدگاز علوفه اسپرس از آزمایشگاه تغذیه موسسه تحقیقات علوم دامی کشور (از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰) و آزمایشگاه های تغذیه برخی از مراکز آموزشی و پژوهشی کشور تهیه گردیدند. ترکیبات شیمیایی اندازه‌گیری شده علوفه اسپرس شامل: ماده خشک، پروتئین خام، فیبر خام، فیبر نامحلول در شوینده خنثی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی، خاکستر خام، چربی خام، انرژی خام، عصاره فاقد نیتروژن و کربوهیدرات های غیر ساختمانی (غیر فیبری) بود. معیارهای انرژی با استفاده از ترکیبات شیمیایی و بر اساس معادلات توصیه شده توسط NRC (۱۹۸۹ و ۲۰۰۷) که در زیر آورده شده اند، برآورد گردید.

برای تخمین مقادیر انرژی قابل متابولیسم و انرژی خالص شیر دهی از معادلات موجود در جداول NRC استفاده گردید. این معادلات به شرح زیر بودند.

معادله ۱* DE(Mcal/kg DM) =0.0504 (CP)+0.0770 (EE)+0.0200 (CF)+ 0.000377 $(NFE)^2$+0.0110 (NFE) – 0.152

معادله ۲* DE (Mcal / kg DM) = TDN (Sheep & Dairy Cattle) × ۰/۰۴۴۰۹

معادله ۳* ME (Mcal/kg DM) = - ۰/۴۵ + ۱/۰۱DE (Mcal/kg DM)

وقتی که مقدار انرژی قابل متابولیسم مواد خوراکی بین ۲ تا ۴ مگا کالری در هر کیلو گرم ماده خشک باشد می توان از معادله زیر استفاده کرد و از انرژی قابل هضم به انرژی قابل متابولیسم رسید، هر دو معادله وقتی کاربرد دارند که مقدار خوراک مصرفی در حد نگه داری باشد.

معادله ۴* ME(Mcal/kg) = 0.82 x DE(Mcal/kg).

مقدار انرژی خالص شیردهی مواد خوراکی از فرمول زیر به دست آمد.

معادله ۵* NEL(Mcal/kg DM) = - ۰/۱۲ + ۰/۰۲۴ TDN(٪)

انرژی خالص نگهداری و افزایش وزن نیز از معادلات چند جمله ای[۲] زیر تعیین شدند.

معادله ۶* NEm(MCal/kg DM)=۱/۳۷ME (MCal/kg DM)- ۰/۱۳۸ME^2(MCal/kg DM) + ۰/۰۱۰۵ME^3(MCal/kg DM) -۱/۱۲

معادله ۷* NEg(MCal/kg DM)= ۱/۴۲ME (MCal/kg DM) - ۰/۱۷۴ME^2(MCal/kg DM) + ۰/۰۱۲۲ME^3(MCal/kg DM)-۱/۶۵

* : معادلات یک تا هفت بالا از جداول متفاوت NRC دام های مختلف گرفته شده اند.

مقایسات آماری مدل‌ها

برای برازش معادلات، جهت برآورد انرژی قابل متابولیسم بر اساس ترکیبات شیمیایی، ابتدا انرژی قابل متابولیسم اسپرس گزارش شده در منابع و یا از طریق گاز تست برای خوراک هایی که آزمایشات ترکیبات شیمیایی روی آنها انجام شده بود تعیین و مشخص شدند و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS بهترین R^2 را تعیین و معادله و نمودار رگرسیونی مربوط به آنها استخراج شد مقیاس معمول برای اندازه گیری مقدار ارتباط و همبستگی بین متغیر مستقل و وابسته در مدل ها ضریب همبستگی (R) ویا ضریب تعیین(R^2) است.

برای مقایسه انرژی قابل متابولیسم اسپرس با انرژی قابل متابولیسم جداول استاندارد از روش تی- استیودنت یک نمونه ای، استفاده شد و این عملیات با نرم افزار آماری SPSS و در قالب معادله زیرصورت گرفت (Neter and Wasserman.1974)

$$t = \frac{\overline{x} - \mu_o}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}} = \frac{\overline{x} - \mu_o}{s\overline{x}}$$

t= میزان محاسبه شده t

$\overline{x}$ = میانگین نمونه آزمایشی

S^2 = واریانس نمونه

n = تعداد کل مشاهدات آزمایش

μ_o = عدد مشخص (میانگین مشخص همان پارامتر از آزمایشات دیگر)

$S\overline{x}$ = انحراف معیار میانگین

نتایج و بحث

در جدول دو داده های خام مورد استفاده و مشخصات آنها که در این مطالعه استفاده شده‌اند و انرژی قابل دسترس علوفه اسپرس آورده شده است. در جدول دو ترکیبات شیمیایی که قابلیت استفاده به عنوان یک متغیر مستقل برای تخمین انرژی قابل دسترس علوفه اسپرس را دارا هستند آورده شده اند، چون در حال حاضرعملا فیبر خام در تغذیه دام کاربردی ندارد و در اکثر آزمایشگاه های تغذیه کشور فیبر خام برای علوفه ها اندازه گیری نمی شود لذا به عنوان متغیر مستقل استفاده نشد. معادلات برازش شده خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه دوم، درجه سوم، تابع توان، تابع اس و تابع نمایی معادلات برازش شده از داده های جدول دو برای ترکیبات شیمیایی شامل پروتئین خام،NDF ، ADF، خاکستر خام، درصد چربی و درصد عصاره عاری از نیتروژن در جدول سه تا هشت به ترتیب آورده شده است.

جدول ۲: داده های انرژی و مواد مغذی علوفه اسپرس ایران (برحسب درصد و مگاکالری در هر کیلو گرم ماده خشک)

انرژی یا ماده مغذی(درصد)	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	تعداد نمونه
ماده خشک	۹۴/۰۵	۹۱/۴۸	۹۵/۷۵	۰/۹۳	۱۹۲
پروتئین خام	۱۴/۳۲	۷/۵۸	۲۵/۵۷	۴/۲۷	۱۹۸
فیبر خام	۲۶/۸۶	۱۳/۳۷	۴۹/۹۰	۸/۲۵	۱۹۲
فیبر نامحلول در شوینده خنثی	۴۴/۳۴	۳۱/۶۰	۵۵/۴۰	۶/۳۵	۱۷
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی	۳۱/۳۴	۲۱/۰۰	۴۵/۸۰	۶/۷۲	۱۷
خاکستر خام	۷/۹۳	۲/۰۰	۱۵/۳۰	۱/۶۵	۱۸۹
چربی خام	۱/۴۳	۰/۳۰	۳/۵۹	۰/۷۰	۱۸۷
عصاره عاری از نیتروژن	۴۷/۵۰	۲۸/۹۰	۶۲/۳۹	۵/۱۹	۱۸۶
(مگاکالری در هر کیلوگرم ماده خشک)					
انرژی خام	۴/۲۱	۳/۸۵	۴/۴۱	۱۶۲	۱۰۶
کل مواد مغذی قابل هضم	۶۵/۲۱	۴۷/۷۳	۷۷/۴۴	۶/۷۴	۱۸۶
انرژی قابل متابولیسم	۲/۴۳	۱/۶۸	۲/۹۲	۰/۳۰	۱۸۵
انرژی خالص نگهداری	۱/۵۴	۰/۸۹	۱/۲۸	۰/۱۲	۱۸۶
انرژی خالص شیر دهی	۱/۴۴	۱/۰۵	۱/۷۸	۰/۱۶	۱۸۶

منابع مورد استفاده : غلامی و همکاران، ۱۳۹۶؛ غلامی و همکاران، ۱۳۹۴ و غلامی و همکاران، ۱۳۹۳

جدول۳ : معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس پروتیین خام علوفه اسپرس

نام تابع	درجه معنی‌داری	ضریب تعیین	معادله
خطی	۰/۰۰۱	۰/۷۲۴	ME (Mcal/Kg DM) = ۱/۵۹۴ + ۰/۰۵۹ (CP٪)
لگاریتمی	۰/۰۰۱	۰/۷۴۴	ME (Mcal/Kg DM) =۰/۱۰۸+ ۰/۸۸۸ Ln (CP٪)
معکوس	۰/۰۰۱	۰/۷۳۰	ME (Mcal/Kg DM) = ۳/۳۵۲ +(- ۱۲/۰۵۹)(۱/CP٪)
درجه دوم	۰/۰۰۱	۰/۷۴۴	ME (Mcal/Kg DM) =۱/۰۸۹ +۰/۱۲۸ (CP٪) -۰/۰۰۲۴ (CP ٪)^{۲}
درجه سوم	۰/۰۰۱	۰/۷۴۴	ME (Mcal/Kg DM) = ۱/۰۸۹ + ۰/۱۲۸ (CP٪) - ۰/۰۰۲۴(CP)^{۲} ٪+ ۰/۰۰۰۰۰۵۷ (CP٪)^{۳}
تابع توان	۰/۰۰۱	۰/۷۲۷	ME (Mcal/Kg DM) = ۰/۹۲۸ * (CP٪)$^{۰/۳۶۵}$
تابع S	۰/۰۰۱	۰/۷۲۷	ME (Mcal/Kg DM) =e** $^{(۱/۲۶+۵/۰۱/ CP٪)}$
تابع نمایی	۰/۰۰۱	۰/۶۹۶	ME (Mcal/Kg DM) = ۱/۷۱۵ * e$^{۰/۰۲۴ CP٪}$

جدول٤ : معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس NDF علوفه اسپرس

نام تابع	درجه معنی داری	ضریب تعیین	معادله
خطی	۰/۱۲۵	۰/۲۴۲	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۷۸۹ – ۰/۰۱۰ (NDF٪)
لگاریتمی	۰/۱۳۰	۰/۲۳۵	ME (Mcal/Kg DM) = ۳/۸۹۰ – ۰/۴۱۱ (NDF٪)
معکوس	۰/۱۴۲	۰/۲۲۳	ME (Mcal/Kg DM)=۱/۹۷۵ +(۱۵/۸۱۱)(۱/NDF ٪)
درجه دوم	۰/۳۳۰	۰/۲۴۲	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۶۸۵ – ۰/۰۰۵ (NDF٪) - ۰/۰۰ ۰۰۶۲ (NDF٪)^{۲}
درجه سوم	۰/۳۳۰	۰/۲۴۱	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۶۸۵ – ۰/۰۰۵ (NDF٪) - ۰/۰۰ ۰۰۶۲ (NDF٪)^{۲} + ۰/۰۰۰۰۰۱۲ (NDF٪)^{۳}
تابع توان	۰ / ۱۳۰	۰/۲۳۵	ME (Mcal/Kg DM) = ۴/۵۲۹ * (NDF٪)$^{-۰/۱۷۵}$
تابع S	۰ / ۱۴۲	۰/۲۲۴	ME (Mcal/Kg DM) =e** (۰ /۶۹۴ +۶/۷۴۷/ NDF٪)
تابع نمایی	۰ / ۱۲۵	۰/۲۴۱	ME (Mcal/Kg DM) =۲ /۳۱ * $e^{-۰/۰۰۴NDF\ ٪}$

جدول ٥ : معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس ADF علوفه اسپرس

نام تابع	درجه معنی داری	ضریب تعیین	معادله
خطی	۰/۱۲۴	۰/۲۴۲	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۷۷۶ – ۰/۰۱۵ (ADF ٪)
لگاریتمی	۰/۱۵۰	۰/۲۱۶	ME (Mcal/Kg DM) = ۳/۶۱۹ – ۰/۳۷۸ (ADF ٪)
معکوس	۰/۱۸۲	۰/۱۸۹	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۰۲۳ + (۹/۳۴۶)(۱/ADF ٪)
درجه دوم	۰/۱۸۳	۰/۳۴۶	ME (Mcal/Kg DM) = ۱/۱۶۲ + ۰/۱۰۴ (ADF ٪)- ۰ /۰۰ ۲(ADF ٪)^{۲}
درجه سوم	۰/۱۷۱	۰/۳۵۷	ME (Mcal/Kg DM) =۲ /۰۴۱ – ۰ / ۰۰۰۱ (ADF٪) + ۰ /۰۰ ۲ (ADF ٪)^{۲}-۰/۰۰۰۰۵ (ADF ٪)^{۳}
تابع توان	۰/۱۴۱	۰/۲۲۴	ME (Mcal/Kg DM) = ۴/۰۷۶ * (ADF ٪)$^{-۰/۱۶۴}$
تابع S	۰/۱۷۳	۰/۱۹۶	ME (Mcal/Kg DM) =e** (۰/۷۱۱ +۴/۰۶۳/ ADF٪)
تابع نمایی	۰/۱۱۶	۰/۲۵۱	ME (Mcal/Kg DM)= ۲/۸۲۶ * $e^{-۰/۰۰۶\ ADF\ ٪}$

جدول٦ : معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس خاکستر علوفه اسپرس

نام تابع	درجه معنی داری	ضریب تعیین	معادله
خطی	۰/۲۱۱	۰/۰۰۹	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۵۷۱ -۰/۰۱۷ (ASH٪)
لگاریتمی	۰/۵۴۳	۰/۰۰۲	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۵۷۳- ۰/۰۶۶ Ln (ASH ٪)
معکوس	۰/۹۸۴	۰/۰۰۰	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۴۴۰ +(- ۰/ ۰۱۳)(۱/ASH) ٪
درجه دوم	۰/۰۱۰	۰/۰۴۹	ME (Mcal/Kg DM) =۱/۷۰۹ + ۰/۱۸۲ (ASH ٪)- ۰/۰۱۱ (ASH ٪)^{۲}
درجه سوم	۰/۰۲۰	۰/۰۵۲	ME (Mcal/Kg DM) = ۱/۳۱۳ + ۰/۳۳۸ (ASH ٪) - ۰/۰۳۰(ASH ٪)^{۲}+ ۰/۰۰۱ (ASH ٪) ^{۳}
تابع توان	۰/۳۴۳	۰/۰۰۵	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۶۴۱ * (ASH ٪) $^{-۰/۰۴۳}$
تابع **S**	۰/۷۹۶	۰/۰۰۰	ME (Mcal/Kg DM) =e**(۰/۸۷۴ + ۰/۰۶۹ / ASH٪)
تابع نمایی	۰/۱۱۴	۰/۰۱۴	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۵۹۴ * e $^{-۰/۰۰۹ \ ASH٪}$

جدول۷ : معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس درصد چربی علوفه اسپرس

نام تابع	درجه معنی داری	ضریب تعیین	معادله
خطی	۰/۰۰۱	۰/۳۷۷	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۰۶۴ + /۲۶۲ (EE٪)
لگاریتمی	۰/۰۰۱	۰/۳۳۶	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۳۶۳+۰/۳۲۸ Ln (EE ٪)
معکوس	۰/۰۰۱	۰/۲۲۹	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۶۸۳ +(-۰/۲۶۶)(۱/EE ٪)
درجه دوم	۰/۰۰۱	۰/۳۷۹	ME (Mcal/Kg DM) =۲/۰۰۸ +۰ /۳۴۶ (EE ٪) - ۰/۰۲۵ (EE ٪)^{۲}
درجه سوم	۰/۰۰۱	۰/۴۲۱	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۶۶ -۰/۷۰۹ (EE ٪)- ۰/۶۳۱ (EE ٪)^{۲}-۰ / ۱۱۷ (EE ٪) ^{۳}
تابع توان	۰/۰۰۱	۰/۳۱۸	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۳۴۷ * (EE ٪) $^{۰/۱۳۳}$
تابع S	۰/۰۰۱	۰/۲۱۴	ME (Mcal/Kg DM) = e** (۰/۹۸۲ - /۱۰۷ / EE ٪)
تابع نمایی	۰/۰۰۱	۰/۳۶۰	ME (Mcal/Kg DM) = ۲/۰۷۸ * e $^{۰/۱۰۶ \ EE ٪}$

جدول ۸ : معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس درصد عصاره عاری از نیتروژن علوفه اسپرس

نام تابع	درجه معنی داری	ضریب تعیین	معادله
خطی	۰/۰۰۱	۰/۵۶۰	ME (Mcal/Kg DM) =۰/۳۸۳ + ۰/۰۴۳ (EE٪)
لگاریتمی	۰/۰۰۱	۰/۵۵۲	ME (Mcal/Kg DM) = -۴/۸۷۵+۱/۸۹۸ Ln (EE ٪)
معکوس	۰/۰۰۱	۰/۵۲۷	ME (Mcal/Kg DM) = ۴/۱۱۹ + (-۷۸/۷۳۶)(۱/ EE ٪)
درجه دوم	۰/۰۰۱	۰/۵۶۰	ME (Mcal/Kg DM) =۰ /۲۷۸ + ۰/۰۴۸(EE ٪)- ۰/۰۰۰۰۵۱ (EE ٪)^{۲}
درجه سوم	۰/۰۰۱	۰/۵۶۰	ME (Mcal/Kg DM) = ۰/۲۶۷ +۰ / ۰۴۷ (EE ٪)+۰/۰۰۰ (EE ٪)^{۲}- ۰/۰۰۰۰۰۰۶۱ (EE ٪)^{۳}
تابع توان	۰/۰۰۱	۰/۶۰۰	ME (Mcal/Kg DM) =۰/۱۰۱ * (EE ٪)$^{۰/۸۲۳}$
تابع **S**	۰/۰۰۱	۰/۵۸۳	ME (Mcal/Kg DM) = e** (۱ /۶۱۹ - ۳۴/۴۵۲ / EE ٪)
تابع نمایی	۰/۰۰۱	۰/۵۹۹	ME (Mcal/Kg DM) = ۰ /۹۹۹ * e $^{۰/۰۱۹ EE ٪}$

توضیح : در جداول سه تا هشت * به معنی علامت ضربدر و ** به معنی توان می باشند.

جدول ۹ : مقایسه انرژی قابل متابولیسم اسپرس ایران نسبت به انرژی قابل متابولیسم اسپرس در جداول NRC

ماده خوراکی	تعداد نمونه	ME	مگاکالری در کیلوگرم انرژی قابل متابولیسم اسپرس در جداول NRC ME = ۲ / ۳۱						
			میانگین	انحراف استاندارد	میانگین خطای استاندارد	t	درجه آزادی	معنی داری	اختلاف میانگین	تفاوت فاصله اطمینان در سطح ۹۵ ٪
										حد بالا / حد پایین
اسپرس	۱۸۶	M1	۲/۴۳	۰/۳۰	۰/۰۲۲	۵/۸۲	۱۸۵	۰/۰۰۱	۰/۱۲۸	۰/۱۷۲ / ۰/۰۸۴

M1: انرژی قابل متابولیسم حاصل از داده های ترکیبات شیمیایی.

در جداول سه تا هشت معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم اسپرس ایران برای مواد مغذی مهم آورده شده است. ضریب تعیین (R^2) معادلات جداول سه (پروتئین خام) وهشت (عصاره عاری از ازت) بالا و معنی دار هستند ولی معادلات بر پایه پروتئین خام دارای ضریب تعیین بالاتر و دقیق تر است. تمام معادلات جدول سه (پروتئین خام) که نشان دهنده دقت آنها در برآورد انرژی قابل متابولیسم است و همه آنها معنی دار هستند ($P < ۰/۰۱$) ولی تابع درجه دو این جدول به دلیل دقت برای تخمین انرژی قابل متابولیسم علوفه اسپرس پیشنهاد می شود.

بررسی این جداول نشان می دهد معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس پروتئین خام، معادلات مناسبی برای تخمین انرژی قابل متابولیسم برای اسپرس ایران هستند. معادلات جدول دو علاوه بر اینکه تمام معادلات معنی دار شده اند، ضریب تعیین بالای نیز دارند. هرچند که معادلات لگاریتمی، درجه دوم و سوم دارای ضریب تعیین برابری هستند ولی معادله درجه دوم را به سبب ساده تر بودن می توان انتخاب کرد.

$$ME\ (Mcal/Kg\ DM) = ۱/۰۸۹ + ۰/۱۲۸\ (CP\%) - ۰/۰۰۲۴\ (CP\%)^۲$$

معادله فوق رابطه درصد پروتئین خام با انرژی قابل متابولیسم در اسپرس را نشان می دهد و در آن از تابع درجه دوم استفاده شده است ($R^2 = ۰/۷۲۴$). این R^2 درصدی را نشان می دهد که متغیر وابسته (CP) را تبیین می کند. با مقدار ۱۴/۳۲ پروتئین خام، انرژی قابل متابولیسم اسپرس ۲/۴۳ مگاکالری در هرکیلوگرم ماده خشک است.

جدول نه مقایسه آماری انرژی قابل متابولیسم اسپرس ایران نسبت به انرژی قابل متابولیسم اسپرس در جداول استاندارد مواد خوراکی امریکای شمالی را که با روش تی استیودنت یک نمونه ای مقایسه شده اند را نشان می دهد. داده های جدول فوق نشان می دهند انرژی قابل متابولیسم اسپرس ایران (۲/۴۳) از داده جداول مواد خوراکی امریکای شمالی (۲/۳۱) به صورت معنی داری بالاتر است. Demarquilly و همکاران (۱۹۸۰) نیز نشان دادند که گوارش پذیری مواد آلی و انرژی موجود در علوفه ها را می توان از خاکستر، فیبر خام ویا پروتئین خام با دقت زیاد تخمین زد که این نتایج استفاده از پروتئین خام به متغیر مستقل برای تخمین انرژی قابل متابولیسم اسپرس در این پژوهش را تائید می کند. قابلیت هضم مواد آلی و انرژی موجود در علوفه ها همبستگی مستقیمی با مرحله رشد گیاه دارد.

خلیل وندی و همکاران (۱۳۸۸) مقدار انرژی قابل متابولیسم اسپرس ۶ مزرعه در اصفهان را با روش های متفاوت آزمایشگاهی و حیوان زنده اندازه گیری کردند که مقدار تعیین شده از ۱/۸۵ (روش تولید گاز) تا ۲/۴۱ (روش تیلی وتری) متفاوت بود. Cerci و همکاران (۲۰۰۵) فقط یک معادله خطی را برای تخمین انرژی قابل متابولیسم منابع علوفه ای در کشور ترکیه پیشنهاد کردند که در آن از پروتئین خام به عنوان متغیر مستقل، برای تخمین انرژی قابل متابولیسم استفاده شد که با معادله به دست آمده از این تحقیق مشابهت دارد. Aufrere و همکاران (۲۰۰۸) مقدار انرژی قابل متابولیسم موجود در علوفه خشک اسپرس منطقه ای در فرانسه را برابر ۲/۳۶ مگا کالری در هر کیلو گرم ماده خشک گزارش کرده اند که از داده های حاصل از این تحقیق مقداری کمتر است. جداول استاندارد مواد خوراکی برای دامهای کوچک نشخوار کننده مقدار ۲/۲ را برای انرژی قابل متابولیسم و ۱/۴ را برای انرژی خالص اسپرس گزارش کرده اند که با داده های به دست آمده از این تحقیق مقداری کمتر است که علت آن را اقلیم متفاوت رشد ، مرحله برداشت، و شاید به دلیل واریته های متفاوت اسپرس باشد. پایگاه داده های مواد خوراکی فیدی پدیا وابسته به سازمان فائو و INRA فرانسه متوسط مقدار انرژی قابل متابولیسم برای نشخوار کنندگان را برابر ۲/۱ مگا کالری در هر کیلو گرم ماده خشک ذکر کرده است که از انرژی قابل متابولیسم اسپرس برآورد شده در این تحقیق کمتر است.

نتیجه گیری نهایی اینکه، از بین ۴۸ معادله رگرسیونی برازش شده، هشت معادله مربوط به پروتئین خام اسپرس علاوه بر اینکه معنی دار شده اند، ضریب تعیین بالای نیز دارند. هرچند که معادلات

لگاریتمی، درجه دوم و سوم دارای ضریب تعیین برابری بودند ولی معادله خطی تولید شده را به سبب دقت بالا وکاربرد ساده تر می توان انتخاب کرد. در این معادله با انتخاب پروتئین خام به عنوان متغیر مستقل می توان تخمین دقیقی از مقدار انرژی قابل دسترس نشخوارکنندگان در اسپرس در ایران به دست آورد. بر این اساس مقدار کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم، خالص شیر دهی و نگهداری علوفه اسپرس به ترتیب برابر۶۵/۲۲ ، ۲/۴۳ ، ۱/۴۴ و ۱/۷۷ شد.

تشکرو سپاسگزاری: مولفان از مسولان و مدیران آزمایشگاه‌های تغذیه دام دانشگاه‌های تهران و همدان، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور و برخی از مراکز تحقیقاتی وابسته به جهاد کشاورزی جهت در اختیار قرار دادن داده ها تقدیر و تشکر می نمایند.

[1]-Respiration chamber
[2]-Polynomial equations
[3]-One – sample T-test

منابع

اعظمی کردستانی، ت. (۱۳۸۱). تعیین ترکیبات شیمیایی منابع خوراک دام و طیور استان لرستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی . مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرسنان.

خلیلوندی بهروز یار، ح.(۱۳۸۸). تعیین ارزش غذایی گیاه علوفه ای اسپرس (Onobrychis vicifolia) فرآوری شده و نشده در تغذیه نشخوارکنندگان. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی . دانشکده علوم زراعی و دامی دانشگاه تهران .

غلامی، ح. ؛ میرهادی، س.ا. و رضایزدی، ک. ۱۳۹۵. برآورد مقدار انرژی علوفه اسپرس ایران بر اساس داده های ترکیبات شیمیایی و آزمایش تولید گاز. مجله تولیدات دامی. دوره ۱۸، شماره ۴، زمستان ۹۵.

غلامی، ح. ، ک . رضایزدی.، ح . فضائلی . ، م. رضائی.، م . زاهدی فر . ، س ، ا . میر هادی . ، ع . گرامی . ، ن . تیمور نژاد و م. بابایی. (۱۳۹۶) . جداول ترکیبات مواد مغذی خوراکهای دام ایران. در دست چاپ . انتشارات موسسه تحقیقات علوم دامی کشور .

غلامی، ح. ۱۳۹۳. برآورد انرژی قابل متابولیسم و خالص مواد خوراکی موجود در ایران بر اساس ترکیبات شیمیایی و معادلات پیش بینی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات علوم دامی کشور.

Aufrere, J., Dudilieu, M. and Poncet C.(2008). In vivo and in situ measurements of the digestive characteristics of sainfoin in comparison with lucerne fed to sheep as freshforages at two growth stages and as hay. Animal, 2:9, 1331–1339

Benedictus, N., and. Menger T.(1990). Feed Databases, possibilities and problems in feed data management and feed data exchange. *Proceedings of the INFIC workshop*, 1989. INFIC, Lelystad , NL. 148 pp.

Çerçi, Ý. H., Tatli Seven, P. Azman, M. A., and Birben, N.(2005). relationships between nutrient composition and metabolic energy determined with enzyme and gas technique in feed sources. *Folia Veterinaria*, 49(3): 117—120.

Church, D.C. and Pond W.C. (1988) *Basic Animal Nutrition and Feeding*. Third Edition. Jhon Wiley & Sons.

Demarquilly, C., Chenost, M. and sauvant, D. (1980). simple method to predict feeding value: applied aspects. *Annales De Zootechnie*.,29: 351-362.

Fonnesbeck, P.V., Wardeh, M.F. and Harris, L.E.,(1984). *Mathematical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs*. Utah Agriculture Expriment Station, Bulletin 508.

Lee, M.J., Hwang, S., Wen-Shyg Chiou, P. (2000): Metabolizable energy of roughage in Taiwan. *Small Ruminant Reaserch*: 36: 251-259.

Mc Donald. P.R, Edwards, A. and Greenhalgh, J.F.D. (1990). A*nimal Nurtition.* 4th edition published in the united states with John wiley & Sons, Inc, NewYork.

Menke, K. H., and Steingass H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas Production using rumen fluid. *Animal Research and Development*. 28:7 – 12.

Minson, D.J., (1982). Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy.*Nutrition Abstracts and Reviews*-Series B52 (10): 592-615.

Moharrery, A. and Toghyani E., (2013). Evaluation of nutritional properties of alfalfa and sainfoin forages by gas production techniques. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 1 (1): 1-9.

National Research Council. (1989). *Nutrition Requirments of Dairy cattle*. Six revised Edition, Washington DC. USA.

National Research Council. (1982). *United States Canadian Tables of Feed Composition*. National Academy Press. Washington. DC.

National Research Council. (2007). *Nutrient Requirments of small ruminants.* Washington DC. USA.

Neter, 1. and Wasserman. W.(1974). *Applied Linear Slatistical Models.* Richard D. Irving. Inc., Home wood, IL.

Nichols, E. L. and Dixon, R. C. (1984). Forage energy prediction equations used by private laboratories. Page 32 in *Proceeding American Feed Manufacturing Associassion*. Arlington. USA.

Wiseman, J.D. and cole, J.A.(1990). *Feedstuff Evaluation*. Cambridge university press London. U.K.