تولیدات دامی
دوره ۲۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۸
صفحه‌های ۲۳۲-۲۲۳

پیش‌بینی انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت بر اساس ترکیبات شیمیایی نمونه‌های مختلف سبوس گندم با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه

مصطفی لطفی[۱]، فرید شریعتمداری[۲*]، حامد احمدی[۳]، محسن شرفی[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. استاد، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳. استادیار، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۸

چکیده

این پژوهش به‌منظور معرفی مدل رگرسیون خطی چندگانه جهت پیش‌بینی انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت (TMEn) در سبوس گندم انجام شد. چربی خام، خاکستر، پروتئین خام، فیبر خام (درصد در ماده خشک) و TMEn (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک) در ۲۵ نمونه سبوس گندم با ٤ تکرار اندازه‌گیری شد. برای تعیین TMEn، نمونه‌ها به‌روش تغذیه اجباری سیبالد به خروس‌های بالغ خورانده شد و فضولات به‌مدت ٤٨ ساعت جمع‌آوری گردید. میانگین ترکیبات شیمیایی و TMEn محاسبه‌شده، تفاوت معنی‌داری در این ماده اولیه نشان داد (P<۰/۰۰۱). میانگین چربی‌خام، خاکستر، پروتئین خام و فیبرخام سبوس گندم در این آزمایش به‌ترتیب ٤/۸۰، ٥/٦٨، ١٦/٢٣ و ٨/٦٠ درصد محاسبه شد. میانگین TMEn نیز، ٢٠٦٢ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش شد. مدل تعیین TMEn بر اساس ترکیب شیمیایی عبارت بود از: (خاکستر × ٥١/١) – (فیبر خام × ٦٣) – (چربی خام × ٤٦/١) + (پروتئین خام × ١٩) +٢٣٦٤ = TMEn. ضریب‌تعیین محاسبه‌شده (R^2=۰/۸۲) نشان داد مدل مذکور می‌تواند به شکل قابل‌قبولی جهت پیش‌بینی TMEn مورد استفاده قرار گیرد. مقادیر چربی خام و پروتئین خام تأثیر مثبتی بر TMEn داشتند. درصورتی‌که مقادیر خاکستر و فیبر خام هر دو اثرات منفی بر TMEn داشتند. آنالیز حساسیت نشان داد فیبر خام بیشترین تأثیر را بر TMEn داشته و پس از آن به‌ترتیب خاکستر، چربی خام و پروتئین خام تأثیرگذارترین فاکتورها هستند. با توجه به نتایج، مدل رگرسیون خطی چندگانه روش مناسبی جهت پیش‌بینی TMEn در سبوس گندم با توجه به ترکیب شیمیایی آن می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: انرژی قابل متابولیسم، ترکیبات شیمیایی، دقت پیش‌بینی، سبوس گندم، مدل پیش‌بینی.

* نویسنده مسئول
Email: shariatf@modares.ac.ir

مقدمه

سبوس گندم محصول جانبی صنایع آسیاب گندم می‌باشد. از آسیاب یک میلیون تن گندم، ۲۵۰ هزار تن سبوس حاصل می‌گردد [۱۰]. بیش از ۹۵ درصد از سبوس گندم به‌عنوان خوراک دام و طیور مصرف می‌شود [۱۰]. صنعت طیور با اهداف مختلف مصرف‌کننده سبوس گندم می‌باشد. به‌عنوان مثال در خوراک مرغ مادر که کنترل سرعت رشد یکی از اهداف اصلی پرورش می‌باشد استفاده از سبوس گندم و رقیق کردن مواد مغذی جیره یکی از راه‌کارهای مناسب است [۹]. به‌علاوه نشان داده شده است که استفاده از سبوس گندم در خوراک مرغ گوشتی می‌تواند اثرات مفیدی در سلامت و عملکرد طیور داشته باشد [٤]. سبوس گندم از لایه‌های خارجی یعنی از پری‌کارپ تا لایه آلرون تشکیل شده و جوانه نیز می‌تواند در سبوس گندم بسته به فرایند آسیاب وارد شود. در کارخانجات مختلف بسته به سویه گندم به کار رفته، کیفیت تجهیزات و ماشین‌آلات به‌کار رفته، انواع سبوس گندم با نسبت‌های مختلف تشکیل‌دهنده و با مواد مغذی کاملاً متفاوت تولید می‌گردد. به‌طوری که در مقاله‌های مختلف تفاوت قابل توجهی در مواد مغذی و انرژی قابل متابولیسم سبوس گندم و دیگر ضایعات حاصل از کارخانه آرد گندم گزارش شده است [٢٤ و ٢١].

تأمین انرژی در حدود ۷۰ درصد هزینه خوراک را به خود اختصاص می‌دهد [۲۰]. هم‌چنین انرژی عامل بسیار مهمی در تعیین میزان مصرف خوراک به‌شمار می‌رود. هنگامی‌که جوجه‌های در حال رشد یا مرغ‌های تخم‌گذار با جیره‌ای متعادل تغذیه شوند، پرنده به اندازه‌ای خوراک مصرف خواهد کرد تا روزانه مقدار معینی از انرژی قابل دسترس را دریافت کند [۸]. هنگامی‌که سطح انرژی جیره افزایش می‌یابد، پرنده خوراک کمتری مصرف می‌کند. در این صورت سطح مواد مغذی در دسترس پرنده نظیر کلسیم و اسیدهای آمینه کاهش می‌یابد. رعایت این نسبت ها ضروری است. چرا که عدم رعایت هر کدام از این نسبت‌ها می‌تواند منجر به کمبود مواد مغذی مورد نیاز پرنده شود و یا منجر به هدر رفتن مواد مغذی شود. لذا اگر جیره از نظر دیگر مواد مغذی متعادل نگردد در درازمدت، احتمالاً عکس‌العمل نامطلوبی را از سوی پرنده در پی خواهد داشت [۵، ۱۱، ۱۳].

انرژی قابل متابولیسم مواد خوراکی، عملی‌ترین معیار برای کاربرد در تغذیه طیور می‌باشد. زیرا آن مقدار انرژی است که برای تمام منظورها، شامل بقا، رشد و تولید تخم‌مرغ قابل استفاده است [۲۳]. روش‌های بیولوژیکی مورد نیاز برای تعیین انرژی قابل متابولیسم یک ماده خوراکی وقت‌گیر و گران است. لذا یافتن روش شیمیایی دقیق و به‌کارگیری معادله‌های ریاضی برای تخمین انرژی قابل متابولیسم به‌خصوص هنگامی‌که مواد اولیه جدید مورد بررسی باشند، مفید خواهد بود. تعیین انرژی قابل متابولیسم مواد خوراکی به‌روش شیمیایی بر مبنای استفاده از تجزیه شیمیایی خوراک‌ها و همبستگی بین مواد مغذی انرژی‌زای محتوی آنها و انرژی قابل متابولیسم خوراک‌ها قرار گرفته است. لذا معادله‌هایی جهت برآورد انرژی قابل متابولیسم مواد خوراکی با استفاده از تجزیه شیمیایی آنها پیش‌تر در برخی مواد اولیه همچون ضایعات کشتارگاهی طیور نیز توسط پژوهش‌گران گزارش شده است [۳]. رابط بین ترکیب شیمیایی و معرفی انرژی قابل متابولیسم مواد اولیه و خوراک روش‌های ریاضی است که دقت و قابلیت آن می‌تواند کارآیی محاسبات را تحت تأثیر قرار دهد. مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه یکی از روش‌های پرکاربرد جهت تخمین میزان انرژی قابل متابولیسم مواد اولیه می‌باشند. واژه «رگرسیون» به معنای بازگشت است و نشان می‌دهد که مقدار یک متغیر به متغیر دیگر برمی‌گردد. هدف از انجام این آزمایش بررسی استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه

جهت پیش‌بینی انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت (TMEn) در سبوس گندم با استفاده از ترکیب شیمیایی آن (درصد چربی خام، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام و درصد فیبر خام) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ابتدا نمونه‌های سبوس گندم از یکی کارخانه‌های خوراک طیور جمع‌آوری شد. برای این کار، از هر محموله مواد اولیه ورودی به کارخانه چهار نمونه جمع‌آوری گردید و مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های سبوس گندم مربوط به محموله‌هایی بود که از کارخانجات مختلف آرد گندم در نقاط مختلف کشور برای کارخانه ارسال شده بودند. برای تغذیه اجباری (به‌روش سیبالد با تغییراتی مختصر) ۳۰ گرم ماده خشک از هر یک از نمونه‌های سبوس گندم با استفاده از قیف مخصوص به خروس‌های بالغ لگهورن سفید در سن ۸۰ هفته (۲۵ قطعه جهت ٤ مرتبه تغذیه اجباری و ٤ قطعه به‌منظور تعیین انرژی دفعی اندوژنوس) تغذیه شد. در هر دوره آزمایش ۲٤ ساعت گرسنگی برای خروس‌ها در نظر گرفته شد. هدف از این اقدام تخلیه کامل دستگاه گوارش خروس‌ها از خوراک قبلی بود. سپس تغذیه اجباری انجام شد و فضولات طی ٤۸ ساعت بعد از تغذیه اجباری جمع‌آوری شد. فضولات خروس‌های شاهد نیز طی ٤۸ ساعت پس از تغذیه اجباری همانند سایر خروس‌ها جمع‌آوری شد [۱۹]. یک هفته استراحت بین هر مرحله تغذیه اجباری برای خروس‌ها در نظر گرفته شد و در طول این مدت از خوراک استاندارد خروس‌های لگهورن استفاده گردید. برای آگاهی از ترکیب شیمیایی (درصد چربی، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام و درصد فیبر خام) نمونه‌های سبوس گندم طبق روش‌های متداول مورد تجزیه تقریبی قرار گرفتند [۱].

در این آزمایش مدل رگرسیون خطی چندگانه جهت تعیین رابطه خطی بین متغیر وابسته (TMEn) و متغیرهای مستقل (درصد پروتئین، درصد چربی، درصد خاکستر و درصد فیبرخام) با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب (ویرایش۱٦) استفاده شد (رابطه ۱).

$$y_i = b_0 + b_1x_{i1} + \ldots + b_px_{ip} + e_i \quad \text{رابطه ۱)}$$

که در این رابطه، y_i، مقدار مورد i ام متغیر کمی وابسته؛ p، تعداد پیشگوها؛ b_j، مقدار ضریب j ام (j= 0 , p , ...)؛ X_{ij}، مقدار مورد i ام از پیشگوی j ام؛ e_i، خطای در مقدار مشاهده‌شده برای مورد i ام است.

ارزیابی کارآیی مدل رگرسیون خطی چندگانه به‌کمک معیارهایی از جمله ضریب تعیین (R^2) (رابطه ۲)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) (رابطه ۳)، میانگین قدر مطلق درصد خطا (MAPE) (رابطه ٤) و میانه قدر مطلق انحراف (MAD) (رابطه ۵) بررسی شد.

در رابطه‌های ۲، ۳، ٤ و ۵، y_t، $\hat{y}_t$ و n، به‌ترتیب مقدار هدف (مشاهده‌شده)، مقدار خروجی مدل و تعداد مشاهده‌ها هستند. بهترین مقدار برای R^2 برابر ۱ و سایر معیارها صفر است. به‌طوری که شرط مناسب‌تر بودن یک مدل نسبت به مدل دیگر، بزرگ‌تربودن مقدار ضریب تعیین و کوچک‌تربودن RMSE، MAPE و MAD می‌باشد.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(\hat{y}_t - y_t)^2}{\sum \hat{y}_t^2} \quad \text{رابطه ۲)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\hat{y}_t - y_t)^2}{n}} \quad \text{رابطه ۳)}$$

$$MAPE = \frac{\sum\left|\frac{\hat{y}_t - y_t}{y_t}\right|}{n} \quad \text{رابطه ٤)}$$

$$MAD = \frac{\sum|\hat{y}_t - y_t|}{n} \quad \text{رابطه ۵)}$$

با به‌کارگیری آنالیز حساسیت، رتبه‌بندی متغیرهای مستقل، از نظر میزان اثرگذاری آنها بر متغیر مستقل مورد

بررسی قرار گرفت. به بیان دیگر از طریق آنالیز حساسیت می‌توان پی برد که از میان مواد مغذی کدام‌یک در میزان خروجی مدل اهمیت بیشتری دارد [۲]. برای این کار در مدل رگرسیون خطی چندگانه از قدر مطلق t-value استفاده شد. در این آزمایش اختلاف بین میانگین ترکیب شیمیایی و TMEn نمونه‌های سبوس گندم با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

همان‌طورکه در جدول ۱ نشان داده شده است تفاوت معنی‌داری در مواد مغذی (درصد چربی خام، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام و درصد فیبرخام)، انرژی خام و TMEn اندازه‌گیری‌شده در انواع مختلف سبوس گندم مشاهده شد (P<۰/۰۰۱). با توجه به این‌که سبوس گندم محصول فرعی کارخانجات آردسازی گندم است و توجه به این موضوع که سبوس گندم از سویه‌های مختلف گندم که در شرایط آب‌وهوایی مختلف کشت شده‌اند به‌دست می‌آید، این تفاوت‌ها قابل پیش‌بینی بود. علاوه بر این، شرایط مختلف تولید آرد گندم و تجهیزات مختلف این کارخانجات تأثیر قابل توجهی بر ترکیب شیمیایی این ماده اولیه دارد. به‌طوری‌که تفاوت معنی‌دار و قابل‌توجه، پیش‌تر نیز در محصولات فرعی کارخانجات آرد گندم گزارش شده است. در مطالعه‌ای میزان درصد چربی، درصد خاکستر، درصد پروتئین و درصد فیبر خام را در نمونه‌های سبوس گندم در کشور پاکستان به‌ترتیب ٤/٩، ٥/٧٩، ١٤/٨٦ و ١١/٤٥ گزارش کردند. در آزمایش مذکور انرژی قابل متابولیسم حقیقی سبوس گندم را ٢٢٧٤ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش کردند [١٥]. در تحقیق دیگری میزان پروتئین خام، درصد چربی خام و انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح‌شده برای ازت (کیلوکالری در کیلوگرم) در سبوس گندم را به‌ترتیب ١٨/٨٢، ٥/٨٦ و ٢٦٥٠ گزارش نمودند [١٦]. در مطالعه‌ای دیگر دامنه پروتئین خام موجود در ضایعات بوجاری گندم را ١٤/١ الی ١٧/٧ درصد گزارش کردند [٢١]. پژوهش‌گران مذکور تفاوت معنی‌داری را در درصد چربی خام (٢/٩ الی ٩/٨)، درصد فیبر خام (١٧/٦ الی ٢٠/٨) و TMEn (٣٠٦٦ الی ٣٢٥٢ کیلوکالری در کیلوگرم) بین نمونه‌های مختلف بوجاری گندم گزارش نمودند (P<۰/۰۱). در مطالعه‌ای دیگر میزان درصد پروتئین خام در نمونه‌های مختلف ضایعات کارخانه آرد گندم را بین ١٤/٦٤ الی ٢٧/٠٣ گزارش گردید [٢٤]. در آزمایش مذکور میزان چربی خام (درصد) را بین ٣/١٥ الی ٤/٧١ گزارش کردند. هم‌چنین آنها تفاوت معنی‌داری در درصد خاکستر (٢/٢٢ الی ٩/١٢) و درصد فیبر خام (٢/٩٣ الی ١١/١٨) و هم‌چنین انرژی قابل متابولیسم حقیقی (٢٠٣١ الی ٣٥٨٥ کیلوکالری در کیلوگرم) برای اردک بین نمونه‌های مختلف ضایعات کارخانه آرد گندم گزارش نمودند (P<۰/۰۱).

در گزارشی دیگر پژوهش‌گران به بررسی ١٥ نمونه مختلف ضایعات کارخانه آرد گندم پرداختند و تفاوت معنی‌داری در درصد پروتئین خام (١٢/٤ الی ٢٣/٨)، درصد فیبر خام (٠/٩ الی ١٣/٢)، درصد خاکستر (١/٥ الی ٧/٥)، درصد چربی (٢/١ الی ٦/٩) و هم‌چنین TMEn (١٦٦٣ الی ٣١٧٨ کیلوکالری در کیلوگرم) گزارش کردند [٦]. لازم به ذکر است میانگین چربی خام، خاکستر، پروتئین خام، فیبرخام و TMEn در این آزمایش به‌ترتیب ٤/٨٠ درصد، ٥/٦٨ درصد، ١٦/٢٣ درصد، ٨/٦٠ درصد و ٢٠٦٢ کیلوکالری در کیلوگرم در مبنای ماده خشک محاسبه شد (جدول ٢). همان‌طورکه در جدول ٢ مشاهده می‌شود بین حداقل و حداکثر مقادیر ترکیب شیمیایی و TMEn در این آزمایش تفاوت چشم‌گیری مشاهده می‌شود.

ترکیب شیمیایی نمونه‌های مختلف سبوس گندم (٢٥

نمونه در ٤ تکرار در مجموع ۱۰۰ داده) شامل درصد چربی خام، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام و درصد فیبر خام به‌عنوان متغیرهای مستقل و TMEn به‌عنوان متغیر وابسته جهت طراحی و معرفی مدل رگرسیون خطی چندگانه مورد استفاده قرار گرفت و رابطه ٦ برای محاسبه TMEn با توجه به ورودی‌ها مدل معرفی شد.

رابطه ٦)

$$TMEn = ۲۳٦٤ + ۱۹\ CP + ٤٦/۱\ EE - ٦۳\ CF - ۵۱/۱\ ash$$

که در این رابطه، CP، درصد پروتئین خام؛ EE، درصد چربی خام؛ CF، درصد فیبر خام و ash، درصد خاکستر است. تمامی ورودی‌های رابطه ٦ تأثیر معنی‌داری بر خروجی آن داشتند (P<۰/۰۱).

جدول ۱. مقایسه میانگین ترکیب شیمیایی (درصد چربی خام، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام و درصد فیبر خام در ماده خشک)، انرژی خام و انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت (TMEn) (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک) در نمونه‌های سبوس گندم

شماره نمونه	چربی خام (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین خام (درصد)	فیبر خام (درصد)	انرژی خام (کیلوکالری در کیلوگرم)	TMEn[1] (کیلوکالری در کیلوگرم)
۱	۳/۰۱	۵/٦۵	۱٤/۸۷	٦/۹۵	۳۹۷۰/٤۲	۱۹۸۷/۸۸
۲	۳/۹۵	۵/٤۵	۱۸/۷٤	۸/۱٤	٤۰۷۱/۸۸	۲۰۹۹/۵۱
۳	٤/۸۱	۵/۲۱	۱۵/۷۱	۹/۳۵	٤۱۱۲/٤٦	۲۰۹۱/۷۰
٤	۳/۹۳	۵/۲۵	۱٦/۲٤	۱۰/۵۱	٤۰۰۲/۰٤	۱۹۵۰/۳۵
۵	۳/۷۸	۵/۳۰	۱۵/٦۹	۷/٤۲	۳۹۹۷/٤۸	۲۱۲٦/۲۵
٦	٤/۵۱	٤/٤۳	۱۸/٦۸	۸/۰۷	٤۱۱۹/۲۳	۲۱۱٦/۲۷
۷	٤/٦۲	۵/٤٦	۱٦/۹۲	۹/۰٦	٤۱٤٦/۲۸	۲۰۹۹/۱۷
۸	۳/۷۰	۵/۹۵	۱٦/۷٤	۷/۹۳	٤۱۵۹/۸۱	۲۱۳۰/۰۱
۹	٤/۷٦	۵/۱۰	۱٦/٤۲	۸/۱۱	٤۱۱۲/٤٦	۲۰۹۸/۷۲
۱۰	۳/٦٦	٤/۸۹	۱٦/۲۸	۷/۰۲	۳۹٦۳/٦٦	۲۱۱۷/۸٤
۱۱	۵/۸۲	۵/۰۸	۵۸.۱۷	۷/۲۷	٤۱۸۰/۱۰	۲۲۳۱/۵٤
۱۲	۵/٦۹	۵/٦۳	۱٦/۵۲	۸/۱٤	٤۲۷٤/۷٤	۲۱۷۵/۲۱
۱۳	۳/۷۵	٤/٤۹	۱۷/۳۵	۷/۹۷	٤۰۷۱/۸۸	۲۰۵٤/۳۳
۱٤	۳/۵۹	۵/۱۳	۱۵/٤٦	۸/۸۰	٤۰۳۱/۳۰	۱۹۹۸/۳۵
۱۵	٦/۵٤	۵/۳۷	۱٦/۳۵	۷/۹۰	٤۲٦۱/۲۷	۲۲۲٦/۰۵
۱٦	۳/۸۹	۱۱/٤۵	۱۲/٦۹	۱۲/۱۷	۳۸٤۸/٦۷	۱۳٤۹/۹۳
۱۷	۵/۲۹	۸/٤۰	۱۳/۳۳	۸/۳۳	٤۰۷۱/۸۸	۱۹۲۵/۱۱
۱۸	٦/۲۳	٤/۵۵	۱٤/۹۹	٦/۷۰	٤۲٦۱/۲۷	۲۳۲٦/۷۲
۱۹	۵/٦۹	۵/۰۳	۱۵/۱۵	۹/٤۷	٤۱٦٦/۵۷	۲۰۳٦/۲۱
۲۰	۵/۲۸	٦/۷۲	۱۵/۱۰	۱۱/۱٤	٤۰٦۵/۱۲	۱۸۰۹/۷۹
۲۱	۵/۲۸	۵/۸۰	۱۷/۲۷	۸/۷۸	٤۱۷۳/۳٤	۲۱۲٦/۷۰
۲۲	۵/۳۲	۵/۱۹	۱۷/۸۲	۷/۹۰	٤۲۰۷/۱٦	۲۲٤۳/۲۳
۲۳	٦/۳۹	۵/۵۷	۱٤/٦۳	۱۰/۵۹	٤۳۳۵/٦۷	۱۹۹۳/٦۸
۲٤	۵/۰۹	۵/۱۸	۱۷/۲٦	۸/۵۹	٤۱۰۵/۷۰	۲۰۹۵/۸۳
۲۵	۵/٤٦	۵/٦۱	۱۷/۹٦	۸/٦٤	٤۱۸٦/۸۷	۲۱٤۳/۱۲
P value	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

۱. انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت.

جدول ۲. خلاصه‌ای از ترکیب شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت (TMEn) (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک) انواع سبوس گندم مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده با مدل رگرسیون خطی چندگانه

	ترکیب شیمیایی				TMEn[1] (کیلوکالری در کیلوگرم)	
	چربی خام (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین خام (درصد)	فیبر خام (درصد)	مشاهده‌شده	پیش‌بینی‌شده با مدل رگرسیون چندگانه
میانگین	٤/٨٠	٥/٦٨	١٦/٢٣	٨/٦٠	٢٠٦٢/١٤	٢٠٦٢/١٤
حداکثر	٨/٥٧	١٢/٣٣	٢٠/٦٥	١٢/٦٢	٢٤٩٦/٠٩	٢٣٦٦/٣٩
حداقل	٢/٦٦	٢/٦٧	١١/٤٢	٤/٧٥	١٢٧٣/٨٥	١٣٧٧/٣٥
انحراف معیار	١/١٩	١/٦٠	١/٧٢	١/٥٠	١٩٩/٤٩	١٨٠/١٤

۱. انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت.

در نتایج مربوط به سبوس گندم مشاهده گردید مقادیر چربی خام و پروتئین خام تأثیر مثبتی بر TMEn دارند. این در حالی است که مقادیر فیبر خام و خاکستر به‌طور منفی TMEn را تحت تأثیر قرار می‌دهند. معادله‌های مختلفی جهت پیش‌بینی انرژی قابل متابولیسم بر اساس ترکیب شیمیایی مواد اولیه توسط پژوهش‌گران مختلف گزارش شده است. در مطالعه‌ای مشابه همبستگی قابل‌توجهی بین انرژی قابل متابولیسم و میزان درصد نشاسته و فیبر خام در یولاف گزارش شد [١٤]. هم‌چنین در تحقیق دیگری مدل‌های مختلف رگرسیون را جهت تخمین میزان انرژی قابل متابولیسم با استفاده از مقادیر چربی خام، خاکستر، ماده خشک و فیبر خام در نمونه‌های مختلف غلات ارائه دادند [١٢]. گروهی از پژوهش‌گران نشان دادند ساکارز و چربی خام به‌طور مثبت بر میزان انرژی قابل متابولیسم نمونه‌های کنجاله سویا تأثیر دارد و فیبر خام تأثیر منفی بر آن دارد [١٧]. تأثیر مثبت میزان چربی خام بر انرژی قابل متابولیسم می‌تواند مرتبط با محتوی بالای انرژی قابل متابولیسم چربی نسبت به دیگر ترکیبات شیمیایی موجود در مواد اولیه باشد. در پژوهشی دیگری گزارش گردید که میزان خاکستر در مواد اولیه یکی از فاکتورهای تأثیرگذار بر انرژی قابل متابولیسم است. دلیل آن کاهش میزان مواد آلی در مواد اولیه است [١٨]. در برخی دیگر تحقیقات ذکر شده است که هنگام معرفی مدل‌های رگرسیون جهت پیش‌بینی انرژی قابل متابولیسم، لحاظ کردن فیبر خام از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌طوری که در مطالعه‌ای تأثیر منفی میزان فیبر خام بر انرژی قابل متابولیسم گندم را نشان دادند [٢٢]. فیبر خام در دستگاه گوارش طیور به‌خوبی هضم نشده و ممکن است هضم و جذب دیگر مواد مغذی را تحت تأثیر منفی قرار دهد. لازم به ذکر است در این تحقیق سعی بر آن شد آن دسته از ترکیبات شیمیایی، محاسبه و در معادله‌ها لحاظ شود که آزمایش‌های رایج در آزمایش‌های تغذیه است.

درجه اهمیت هر یک از متغیرهای مستقل مدل از طریق روش آنالیز حساسیت در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه نشان داده شده است در مدل فوق به‌ترتیب درصد فیبر خام (t-value=٩/٣٥) درصد خاکستر (t-value=٧/٤٣)، درصد چربی خام (t-value=٦/١٥) و درصد پروتئین خام (t-value=٣/٢٥) بیشترین تأثیر را در TMEn داشتند.

در بررسی میزان دقت این مدل همان‌طورکه در جدول ٤ مشاهده می‌شود ضریب تعیین ۰/۸۲ گزارش گردیده است.

لازم به ذکر است این عدد بین ۰ و ۱ می‌باشد و هرچه این عدد به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده بالاتر بودن دقت پیش‌بینی می‌باشد. هم‌چنین اعداد مربوط به جذر میانگین مربعات خطا مربوط ۱٦۷/۲٤ را نشان می‌دهد (جدول ٤). هم‌چنین آماره‌های مربوط به میانگین قدر مطلق درصد خطا و میانه قدر مطلق انحراف نیز در جدول ٤ نشان داده شده است. یکی از رایج‌ترین روش‌های بررسی دقت مدل‌های پیش‌بینی ضریب‌تعیین می‌باشد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود این مدل توانسته است با دقت مطلوبی TMEn را در سبوس گندم با توجه به ترکیب شیمیایی آن پیش‌بینی نماید. در آزمایش مشابهی مدل رگرسیون خطی با سه متغیر وابسته شامل چربی خام، خاکستر و پروتئین خام جهت پیش‌بینی TMEn در پودر ضایعات کشتارگاه طیور مورد استفاده قرار گرفت که در این تحقیق نیز دقت قابل قبول معادله (ضریب تعیین: ۰/۸۱) گزارش شد [۷].

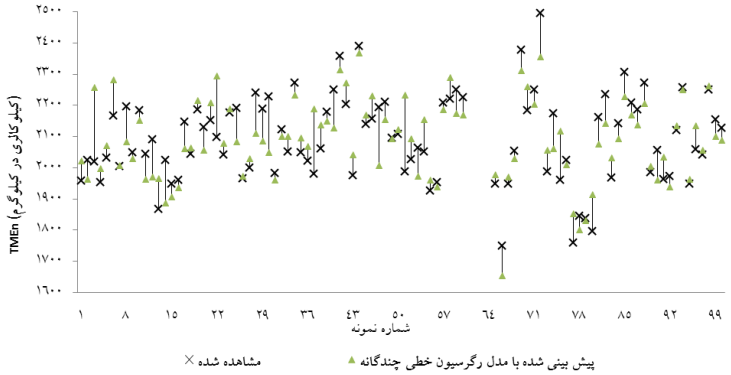
شکل ۱ نیز مقادیر محاسبه‌شده و پیش‌بینی‌شده TMEn توسط مدل رگرسیون خطی چندگانه مربوط به نمونه‌های سبوس گندم را نشان می‌دهد. این شکل می‌تواند نمایی کلی از روند پیش‌بینی مدل مذکور را نمایش دهد. در مجموع با توجه به عددهای اشاره‌شده در جدول ٤ و هم‌چنین شکل ۱ می‌توان به این نتیجه رسید که مدل رگرسیون خطی چندگانه توانسته است به‌طور قابل‌قبولی TMEn را در سبوس گندم پیش‌بینی نماید.

جدول۳. آنالیز حساسیت ترکیب شیمیایی انواع سبوس گندم و تأثیر آن‌ها بر انرژی قابل متابولیسم تصحیح‌شده برای ازت (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک)

مدل رگرسیون چندگانه	متغیر های ورودی مدل			
	چربی خام (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین خام (درصد)	فیبر خام (درصد)
قدر مطلق t-value	٦/۱۵	۷/٤۳	۳/۲۵	۹/۳۵
رتبه از نظر اهمیت	۳	۲	٤	۱

جدول ٤. اطلاعات مربوط به شاخص‌های دقت برآورد انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت (TMEn) (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک) در مدل رگرسیون خطی چندگانه نمونه‌های سبوس گندم

شاخص‌ها	نتایج
ضریب تعیین (R^2)	۰/۸۲
خطای جذر میانگین مربعات	۱٦۷/۲٤
قدر مطلق انحراف	٦۷/۲۸
درصد میانگین مطلق خطا	۳/۳۲



شکل ۱. مقایسه انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت (TMEn) (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک) نمونه‌های سبوس گندم مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده توسط مدل رگرسیون خطی

با توجه به نتایج این تحقیق، استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه می‌تواند روشی مناسب جهت پیش‌بینی TMEn باشد. با این وجود پیشنهاد می‌شود جهت به‌دست آوردن نتایج بهتر از متغیرهای وابسته بیشتر (هم‌چون ترکیبات ضد مغذی موجود در سبوس گندم) استفاده شود. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود از مدل‌های ریاضی پیشرفته‌تر نیز جهت بالا بردن میزان دقت پیش‌بینی‌ها استفاده شود.

منابع

1. AOAC (2005) Official methods of analysis, 18Th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
2. Ahmadi H and Golian A (2010) Growth analysis of chickens fed diets varying in the percentage of metabolizable energy provided by protein, fat, and carbohydrate through artificial neural network. Poultry Science 89:173–179.
3. Ahmadi H, Golian A, Mottaghitalab M and Nariman-Zadeh N (2008) Prediction model for true metabolizable energy of feather meal and poultry offal meal using group method of data handling-type neural network. Poultry Science 87:1909–1912.
4. Ali MN, Abou MS and El-kloub M (2008) Incorporation of wheat bran in broiler diets. International Journal of Poultry Science 7(1):6-13.
5. Church DC (1998) Feed and Principle of Animal Nutrition. Oxford and IBM Publishing Co. PVT.LTD. New Delhi.
6. Dale N (1996) The metabolizable energy of wheat by-products. The Journal of Applied Poultry Research 5:105–108.
7. Dale N, Fancher B, Zumbado M and Viuacres A (1993) Metabolizable energy content of poultry offal meal. Journal of Applied Poultry Research 2:40–42.
8. Ensminger ME, Oldfreid JE and Heinmann WW (1990) Feed and Nutrition. The Ensminger Publishing Co. Clavis. California.
9. Enting H, Veldman A, Verstegen MWA and Aar PJ (2007) The effect of low-density diets on broiler breeder development and nutrient digestibility during the rearing period. Poultry Science 86 (4): 720-726.
10. Javed MM, Zahoor S, Shafaat S, Mehmooda I, Gul A, Rasheed H, Bukhari SAI and Aftab MN (2012) Wheat bran as a brown gold: Nutritious value and its biotechnological applications. African Journal of Microbiology Research 6(4): 724-733.
11. Leeson S and Summers JD (1997) Commercial Poultry Nutrition, 2nd Edition Guelph, Ont. University Books.
12. Losada B, Garcia Rebollar P, Cachaldora P, Alvarez C, Mendez J and Deblas C (2009) A comparison of the prediction of apparent metabolisable energy content of starchy grains and cereal by-products for poultry from its chemical components, in vitro analysis or near-infrared reflectance spectroscopy. Spanish Journal of Agricultural Research **7:** 813-823.
13. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JF, Morgan CA, Sinclair LA and Wilkinson RG (2011) Animal Nutrition, 7th ed. Prentice Hall, Essex, UK.
14. Metayer JP, Grosjean F and Castaing J (1993) Study of variability in French cereals. Animal Feed Science and Technology 43**:** 87-108.
15. Nadeem MA, Gilani AH, Khan AG and Nisa MU (2005) True metabolizable energy value of poultry feedstuffs in Pakistan. The International Journal of Agricultural and Biology 7:990–994.
16. Ning D, Yuan JM, Wang YW, Peng YZ and Guo YM (2014) The net energy values of corn, dried distiller's grains with solubles and wheat bran for laying hens using indirect calorimetry method. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 27:209–216.
17. Ravindran V, Abdollahi MR and Bootwalla SM (2014) Nutrient analysis, metabolizable energy, and digestible amino acids of soybean meals of different origins for broilers. Poultry Science 93:2567-2577.
18. Rodrigues PB, Rostagno HS, Albino LFT, Gomes PC, Nunes RV and Toledo RS (2002) Energy values of soybean and soybean byproducts, determined with broilers and adult cockerels. *Revista* Brasileira de Zootecnia 31: 1771–1782.
19. Sibbald IR (1976) A bioassay for true metabolizable energy in feed stuffs. Poultry Science 55: 303-308.
20. Sibbald IR (1982) Measurement of bioavailable energy in poultry feedings tuffs: a review. Canadian Journal of Animal Science 62: 983-1048.

21. Slominski BA, Boros D, Campbell LD, Guenter W and Jones O (2004) Wheat by-products in poultry nutrition. Part I. Chemical and nutritive composition of wheat screenings, bakery by-products and wheat mill run. Canadian Journal of Animal Science 84: 421-428.
22. Svihus B and Gullord M (2002) Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. Animal Feed Science and Technology 102**:** 71-92.
23. Titus HW and Fritz JC (1971) The Scientific Feeding of Chickens. 5th ed. Danville, Ill.: Interstate.
24. Wan HF, Chen W, Qi ZL, Peng P and Peng J (2009) Prediction of true metabolizable energy from chemical composition of wheat milling by-products for ducks. Poultry Science 88: 92-97.

Animal Production

(*College of Abouraihan – University of Tehran*)

Vol. 21 ■ No. 2 ■ Summer 2019

Prediction of nitrogen-corrected true metabolizable energy based on chemical composition in various wheat bran samples using multiple linear regression

Mostafa Lotfi[1], Farid Shariatmadari[2*], Hamed Ahmadi[3], Mohsen sharafi[۴]

1. Ph.D. Student, Department of Poultry Science, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Poultry Science, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Poultry Science, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Received: December 31, 2018 Accepted: May 18, 2019

Abstract

The purpose of this study was to develop multiple linear regression (MLR) model to predict the nitrogen-corrected true metabolizable energy (TMEn) value of wheat bran. The amount of crude fat, ash, crude protein, crude fiber (all used as % of DM) and TMEn (Kcal/kg DM) were measured in 25 wheat bran samples with 4 replicates. The force-fed method has been used to estimate TMEn and excreta were collected for 48 h. There were significant ($P < 0.001$) differences in chemical composition and TMEn of wheat bran samples. The average crude fat, ash, crude protein, crude fiber and TMEn content of samples was determined to be 4.80, 5.68, 16.23, 8.60 (all used as % of DM) and 2062 (Kcal/kg DM), respectively. The calculated MLR model to predict the TMEn value (Kcal/kg) based on chemical composition (% of DM) was obtained as follows: TMEn = 2364 + (19×crude protein) + (46.1×crude fat) – (63×crude fiber) – (51.1×ash). The R^2 value revealed that developed model could accurately predict the TMEn of wheat bran samples (R^2=0.82). Crude fat and crude protein had a positive effect on TMEn, while ash and crude fiber had a negative impact on TMEn. The sensitivity analysis on the model indicated that dietary crude fiber (%) is the most important variable in the TMEn, followed by dietary ash, crude fat and crude protein. The results suggest that the MLR model may be used to accurately estimate the TMEn value of wheat bran from its corresponding chemical composition.

Keywords: Chemical composition, Metabolizable energy, *Prediction accuracy*, Prediction model, Wheat bran.

Corresponding author: shariatf@modares.ac.ir