دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

اندازه‌گیری و گسترش مدل‌های پیش بینی میزان انرژی قابل سوخت و ساز نمونه‌های ذرت جمع‌آوری شده از کارخانه‌های خوراک طیور ایران با استفاده از معادلات رگرسیونی

عباس عبدالله بایز[۱]، حامد احمدی[۲]، فرید شریعتمداری[۳] و محمد امیر کریمی‌ترشیزی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دام و طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه علوم دام و طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: hamed.ahmadi@modares.ac.ir)
۳- استاد، گروه علوم دام طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۴- دانشیار، گروه علوم دام و طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۴
صفحه: ۵۰ تا ۵۸

چکیده

هدف از انجام این تحقیق تعیین ترکیبات شیمیایی، میزان انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری (AME)، انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح‌شده برای ازت (AMEn)، انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی (TME) و انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی تصحیح شده برای ازت (TMEn) در نمونه‌های ذرت، هم‌چنین پیش بینی محتوای انرژی توسط معادلات پیش بینی رگرسیونی بود. تعداد ۳۰ نمونه ذرت از کارخانه‌های خوراک دام و طیور مختلف کشور تهیه شد. محتوای انرژی‌های مختلف هر نمونه ذرت در ٤ تکرار به‌روش تغذیه دقیق اجباری اندازه‌گیری شد. تنایج آنالیز آزمایشگاهی نمونه‌ها نشان داد که میانگین ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر، نشاسته و گلوکز به‌ترتیب ۹۰/۰۲، ۹/۱۵، ۳/۲۸، ۳/۹۳، ۱/٤٥، ٦٥/۳۳ و ۹/۷۹ درصد بود و در نتایج آزمایشات مزرعه‌ای میانگین انرژی خام (GE)، AME، AMEn، TME و TMEn به‌ترتیب ٤۳۷٥، ۳۲۸٤، ۳۲۱۹، ۳۸۷۳ و ۳۷۸۱ کیلوکالری بر کیلوگرم ماده خشک به‌دست آمد. با استفاده از پایگاه داده‌های به‌دست آمده معادلات رگرسیونی برای پیش‌بینی محتوای AME، AMEn، TME و TMEn از روی ترکیبات شیمیایی برازش شد. از این معادلات پیش‌بینی می‌توان به‌صورت کاربردی برای پیش بینی انرژی ذرت در کارخانه‌های خوراک طیور و یا مزارع پرورش طیور استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: انرژی قابل سوخت و ساز، پیش بینی، ذرت، معادله رگرسیونی

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان تقاضا برای تولید غذا افزایش یافته است (۱۳). ذرت یکی از مهم‌ترین غلات مصرفی در خوراک طیور در جهان و هم چنین ایران است (۱۴)، که دارای اهمیت فراوانی در کیفیت تغذیه و موارد مصرف بالای صنعتی می‌باشد و به‌عنوان یک محصول راهبُردی در سطح جهان مطرح است (۶). در سال ۲۰۱۳ میلادی ذرت از نظر سطح زیر کشت بعد از گندم دومین و از نظر تولید اولین غله در جهان بوده است، ولی در ایران ذرت پس از گندم، جو و برنج از نظر سطح برداشت و تولید مقام چهارم را دارا می‌باشد (۴). انرژی جزو مهمی از جیره طیور می‌باشد و عمدتاً از دانه غلات حاصل می‌شود. دانه غلات منبع اصلی تأمین انرژی در جیره طیور می‌باشد و بیش‌ترین سهم را در جیره مصرفی طیور به خود اختصاص می‌دهد. از بین غلات، ذرت ماده خوراکی اصلی مورد استفاده در جیره غذایی طیور است که یکی از دلایل آن بالابودن مقدار انرژی و نداشتن مواد ضد تغذیه‌ای می‌باشد (۲،۲۲).

ذرت ماده‌ای خوش خوراک و با قابلیت هضم بالا برای تمام حیوانات اهلی است و ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های آن به‌طور تقریباً کاملی مورد بررسی قرار گرفته است (۴). حدود نیمی از کل پروتئین دانه‌ی بیش‌تر واریته‌های ذرت را پروتئینی به‌نام زئین موجود در آندوسپرم تشکیل می‌دهد. این پروتئین از نظر بسیاری از اسید آمینه‌های ضروری به‌ویژه لیزین و تریپتوفان فقیر می‌باشد. از ارزش انرژی ذرت به‌عنوان استاندارد برای مقایسه سایر غلات استفاده می‌شود، به‌طوری که اگر ارزش انرژی ذرت ۱۰۰ در نظر گرفته شود، ارزش انرژی سایر غلات کم‌تر از ۱۰۰ می‌باشد که این موضوع به‌علت فیبر پایین و قابلیت هضم بالای نشاسته دانه ذرت می‌باشد (۱۰،۱۲). دانه ذرت حاوی مقادیر بالایی از پیش ماده‌های ویتامین A یعنی کاروتن و گزانتوفیل‌ها می‌باشد. این دانه منبع مناسبی از ویتامین E بوده، ولی از نظر ویتامین‌های گروه B فقیر می‌باشد و فاقد ویتامین D است. دانه ذرت از نظر کلسیم نیز بسیار فقیر ولی دارای فسفر نسبتاً بالایی می‌باشد که عمدتاً به شکل اسید فایتیک بوده و برای بیش‌تر حیوانات غیر نشخوار کننده قابلیت دسترسی پایینی دارد (۱۰).

انرژی قابل متابولیسم اقلام خوراکی، عملی‌ترین و پرکاربردترین معیار برای ارزشیابی کاربردی در تغذیه طیور می‌باشد، زیرا آن مقدار انرژی است که برای تمام منظورها، شامل بقا، رشد و تولید استفاده می‌شود (۲۱،۱۰). روش‌های بیولوژیکی مورد نیاز برای تعیین انرژی قابل متابولیسم یک ماده خوراکی وقت‌گیر و گران است. لذا یافتن روش مبتنی بر محاسبه و تخمین دقیق و کاربردی، مانند به‌کارگیری معادله‌های ریاضی برای تخمین انرژی قابل متابولیسم 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 توسط پژوهشگران گزارش شده است. روش مرسوم برای ایجاد و بیان رابطه بین ترکیب

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

شیمیایی و معرفی انرژی قابل متابولیسم مواد اولیه و خوراک، روش‌های آماری مبتنی بر رگرسیون است که دقت و قابلیت آن می‌تواند کارآیی محاسبات را تحت تأثیر قرار دهد (۱۸،۲۲). مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه یکی ازاین روش‌های پرکاربرد جهت تخمین میزان انرژی قابل متابولیسم مواد اولیه می‌باشند. بنابراین هدف اولیه از انجام این آزمایش اندازه‌گیری محتوای شیمیایی و انرژی قابل سوخت و ساز نمونه‌های ذرت جمع‌آوری شده از چندین کارخانه خوراک طیور در ایران بود. در ادامه از داده‌های بدست آمده در گسترش مدل‌های رگرسیونی برای پیش بینی محتوای انواع انرژی متابولیسمی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین ترکیبات شیمیایی و انرژی خام، تجزیه‌های تقریبی روی نمونه‌های دانه ذرت و مدفوع به‌دست آمد. آزمایش در آزمایشگاه کنترل کیفی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در مهرماه سال ۱۳۹۷ صورت گرفت. اجرای آزمایشات مزرعه‌ای و اندازه‌گیری‌های انرژی با روش تغذیه دقیق اجباری در محل مرکز تحقیقات طیور دانشکده کشاورزی تربیت مدرس صورت گرفت. این آزمایش تعداد ۳۰ نمونه دانه کامل ذرت از کارخانه‌های خوراک دام و طیور مختلف کشور (تهران، قم، کرج، اصفهان، آذربایجان‌غربی، خوزستان، کرمانشاه و کردستان) جمع‌آوری گردید. غالب این نمونه‌ها ذرت وارداتی بودند. اشاره به کارخانه‌های استان‌های مختلف فقط جایگاه جمع‌آوری را نشان می‌دهد. این استان‌ها محل نمونه‌برداری بودند نه محل تولید یا فروش دانه‌های ذرت مورد آزمایش. نمونه‌ها به آزمایشگاه گروه علوم طیور دانشکده کشاورزی تربیت مدرس منتقل و سپس از هر نمونه حدود ۲۰ گرم برای اندازه‌گیری ماده خشک (DM)، انرژی خام (GE)، پروتئین خام (CP)، چربی خام (EE)، فیبر خام (CF)، خاکستر (Ash)، نشاسته (STA) و گلوکز (GLU) جدا شد. در این آزمایش تجزیه مواد مغذی طبق روش‌های استاندارد پیشنهادی (۱) انجام و بر میزان مواد مغذی بر حسب درصد ماده خشک تعیین و استاندارد سازی گردید.

هر نمونه ذرت با ۴ تکرار (۴ خروس بالغ لگهورن در سن ۳۲ هفتگی) مورد آزمایش قرار گرفت. در هر دوره آزمایش ۴۸ 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 و مدفوع پس از ۲۴ ساعت جمع‌آوری شد. بنابراین زمان اختصاص داده شده برای هر آزمایش ۷۲ ساعت بود. به‌منظور تعیین انرژی دفعی اندوژنوس تعدادی خروس نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. مواد دفعی خروس‌های شاهد نیز پس از ۲۴ ساعت همانند سایر خروس‌ها جمع‌آوری شد (۱۶). مقدار خوراک مورد آزمایش ۳۰ گرم ماده خشک از هر یک از نمونه‌های ذرت در نظر گرفته شد. جهت تغذیه اجباری از قیف پلاستیکی استفاده شد. قیف دارای ۳۰ سانتی‌متر طول و قطر خارجی ۰/۷ سانتی‌متر و قطر داخلی ۰/۵ سانتی‌متر که از انتها به‌صورت اریب بریده شده بود، تا در مری به سهولت حرکت و مواد خوراکی به راحتی خارج شود. برای هدایت خوراک از طریق قیف، از میله فلزی به قطر ۰/۳ میلی‌متر استفاده شد. اندازه میله طوری در نظر گرفته شده بود که انتهای آن از لوله خارج نشود و آسیبی به چینه‌دان نرساند. نحوه تغذیه بدین صورت بود که بعد از انتخاب تصادفی پرنده و مهارکردن پرنده، قیف را به آهستگی از داخل مری به چینه‌دان هدایت نموده و غذایی که قبلاً آسیاب و وزن شده را به داخل قیف هدایت کرده و به کمک میله فلزی به داخل چینه‌دان فرستاده شد. به‌طوری‌که بدون هیچ آسیبی به پرنده، غذا داخل چینه‌دان قرار گیرد. پس از اتمام عمل تغذیه لوله به آهستگی از مری خارج شود و به‌منظور جلوگیری از برگشت احتمالی غذا چینه‌دان به آرامی توسط دست ماساژ داده شد. سپس خروس‌ها به قفس‌های شماره‌گذاری شده دوران آزمایش منتقل شد و سینی‌های جمع‌آوری مواد دفعی در زیر هر قفس جداگانه قرار گرفت.

اندازه‌گیری انواع انرژی قابل متابولیسم

انرژی قابل متابولیسم ظاهری (AME): گاهی اوقات به‌عنوان انرژی قابل متابولیسم کلاسیک نیز تعبیر می‌شود، اختلاف بین انرژی خام خوراک (اندازه‌گیری شده توسط بمب کالری‌متر) مصرف شده و کل انرژی دفع شده در مدفوع و ادرار می‌باشد که در طیور توأم با هم دفع می شوند. تلفات انرژی به‌صورت تولید گازهای ناشی از هضم در طیور بسیار اندک بوده، بنابر این قابل صرف‌نظرکردن می‌باشد (۱۱).

انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت (AMEn): برآوردی از انرژی قابل متابولیسم است که معمولاً بیش‌ترین استفاده از آن به‌عمل می‌آید. AMEn با AME به‌لحاظ تصحیحی که برای ازت ابقایی انجام گرفته است، تفاوت دارد. این تصحیح ممکن است بر اساس اینکه پرنده در چه شرایط ابقاء پروتئینی قرار دارد، مثبت یا منفی باشد.

انرژی قابل متابولیسم حقیقی (TME): معیاری برای برآورد انرژی قابل سوخت و ساز که از نظر انرژی متابولیکی مدفوع و انرژی اندوژنوس ادرار تصحیح شده بود، به‌کار برده شد. انرژی متابولیکی بخشی از انرژی مدفوع است که منشاء غذایی ندارد و ناشی از مخاط فرسایش یافته روده، صفرا و مایعات هضمی است. انرژی اندوژنوس ادرار نیز بخشی از انرژی ادرار است که مستقیماً منشاء غذایی ندارد. مقدار انرژی قابل متابولیسمی که بدین‌ترتیب به‌دست می‌آید، و معمولاً بین ۵ تا ۱۰ درصد از انرژی قابل متابولیسم ظاهری بیش‌تر است.

انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح‌شده برای ازت (TMEn): می‌توان برای نقطه صفر تعادل ازت، تصحیح نمود. در واقع همان رابطه‌ای که AMEn با AME دارد، TMEn نیز با TME دارد. برای تعیین مقادیر TMEn، علاوه بر محاسبه مقادیر انرژی دفعی متابولیکی و اندوژنوس ادرار، بایستی مقدار ازت ابقاء شده در پرندگان گرسنه نیز محاسبه شود.

معادله ۱)

$$AMEn = (Fi \times GEf) - (E \times GEe) / Fi$$
$$AMEn = ((Fi \times GEf) - (E \times GEe)) + (NR + K) / Fi$$

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

معادله ۲)

که در این معادله NR با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NR = (Fi \times Nf) - (E \times Ne)$$
$$TME = \{((Fi \times GEf) - (E \times GEe)) + (FmE + UeE)\} / Fi$$

معادله ۳)

$$TMEn = ((Fi \times GEf)- (E \times GEe) - (NR \times K)) + ((FmE + UeE) + (NR_0 \times K)/Fi$$

معادله ۴)

که در این معادله NR_0 با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NR_0 = (Fi \times Nf) - (E \times Ne)$$

در معادلات بالا Fi: مقدار خوراک مصرفی (گرم)، GEf: انرژی خام خوراک (کیلوکالری بر گرم)، E: مقدار مدفوع (گرم)، Gee: انرژی خام مدفوع (کیلوکالری بر گرم)، FmE: انرژی متابولیکی مدفوع (کیلوکالری)، UeE: انرژی اندوژنوس ادرار (کیلوکالری)، Ne: مقدار نیتروژن در گرم مدفوع (گرم)، Nf: مقدار نیتروژن در گرم خوراک مصرفی (گرم)، K: ضریب تصحیح نیتروژن (کیلوکالری بر کیلوگرم)، NR: برآورد مقدار ازت ابقاء شده در پرندگان خوراک داده شده و NR_0: برآورد مقدار ازت ابقاء شده در پرندگان گرسنه (شاهد) برحسب گرم می‌باشد.

آنالیز آماری و رگرسیونی

در مدل‌های آماری، رگرسیون فرآیندی آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می‌باشد که رابطه بین متغیر وابسته (AME، AMEn، TME و TMEn) و یک یا چند متغیر مستقل (پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر، نشاسته، گلوکز و انرژی خام)، هم‌چنین چگونگی تغییر مقدار متغیر وابسته با تغییر هر کدام از متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. ضریب تبیین (R^2) یک مدل آماری است که نشان می‌دهد کل تغییرات حاصل از ME چه سهمی مربوط به اجزای شیمیایی می‌باشد و جذر میانگین توان دوم خطا (RMSE) که برابر با انحراف معیار در پیش بینی می‌باشد در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور برآورد دقیق‌تر و کاربردی‌تر کردن معادلات، داده‌ها بر اساس محتوای درصد ماده خشک استانداردسازی و تحلیل در ۳ معادله انجام شدند.

در این آزمایش مدل رگرسیون خطی چندگانه جهت و متغیرهای (TMEn) تعیین رابطه خطی بین متغیر وابسته مستقل (درصد پروتئین، درصد چربی، درصد خاکستر، درصد فیبرخام، درصد نشاسته و درصد گلوکز) با استفاده از نرم‌افزار MINITAB (ویرایش ۱۸) استفاده شد. معادله پایه آنالیز رگرسیونی به‌صورت رابطه عمومی (معادله ۵) در نظر گرفته شد. انتخاب متغیرهای معنی‌دار در معادلات رگرسیونی با روش حذف گام به گام برگشتی[1] انجام شد.

معادله ۵)

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + \ldots + b_p x_{ip} + e_i$$

در این رابطه، y_i، مقدار مورد iام متغیر کمی وابسته (معیار مورد محاسبه‌ی انرژی)؛ p، تعداد متغیرهای ورودی (محتوای شیمیایی ذرت)؛ b_j، مقدار ضریب jام (j=0, … , p)؛ x_{ij}، مقدار مورد iام از پیشگوی jام؛ e_i، خطای در مقدار مشاهده شده برای مورد iام است.

ارزیابی کارآیی مدل رگرسیون خطی چندگانه به‌کمک معیارهایی از جمله ضریب تعیین[2] (R^2) (رابطه ۷)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)[3] (رابطه ۷)، بررسی شد.

معادله ۶)

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

معادله ۷)

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

که در این روابط y_t، $\hat{y}$ و n به‌ترتیب مقادیر واقعی انرژی برآورد شده (آزمایشگاهی)، مقادیر انرژی پیش‌بینی شده توسط مدل و تعداد نمونه‌های ارزیابی شده (تعداد داده‌ها) می‌باشند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی¬دار (LSD) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

میانگین ماده خشک خام ۹۰/۰۲، پروتئین خام ۹/۱۵، چربی خام ۳/۲۸، فیبر خام ۳/۹۳، خاکستر ۱/۴۵، نشاسته ۶۵/۳۳ و گلوکز ۹/۷۹ درصد بود (جدول ۱). خاکستر با ۱۶/۷۷ دارای بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات و ماده خشک با ۰/۷۹ کم‌ترین درصد ضریب تغییرات را داشت. در مطالعه‌ای میانگین پروتئین خام و چربی خام (به‌ترتیب ۸/۲۷ و ۳/۸۵ درصد) گزارش شده است (۱۸). در آزمایشی دیگر (۲) گزارش شده که محتوای پروتئین و چربی ذرت به‌ترتیب ۹/۷۲ و ۴/۵۲ درصد است. محتوای پروتئین خام در ذرت ممکن است در نتیجه برنامه‌های تولید ذرت طراحی شده برای افزایش عملکرد در هر هکتار باشد. محتوای پروتئین در ذرت ممکن است به‌طور گسترده‌ای به‌علت دست‌کاری ژنتیکی توسط پرورش دهنده‌های گیاهی متفاوت باشد. با این حال، برخی از عوامل دیگر که ممکن است بر محتوای پروتئین ذرت تاثیرگذار باشند عبارتند از: فصل برداشت محصول ذرت (۳)، باروری خاک، مدیریت محصول (به‌ویژه کودهای نیتروژنی) و شرایط آب و هوایی (۱).

1- Stepwise backward elimination
2- R squared
3- Root mean square error

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

جدول ۱- خلاصه‌ی محاسباتی از مقادیر تجزیه‌ی شیمیایی (درصد پروتئین خام، درصد چربی خام، درصد فیبر خام، درصد خاکستر، درصد نشاسته و درصد گلوکز از ماده خشک) در نمونه‌های دانه ذرت

Table 1. Calculated statistic values for chemical analysis (percent in drymatter of crude protein, ether extract, crude fiber, ash, starch, and glucose) for corn samples

معیار محاسبه	ماده خشک (درصد)	پروتئین خام (درصد)	چربی خام (درصد)	فیبر خام (درصد)	خاکستر (درصد)	نشاسته (درصد)	گلوکز (درصد)
میانگین	۹۰/۰۲	۹/۱۵	۳/۲۸	۳/۹۳	۱/۴۵	۶۵/۳۳	۹/۷۹
کم‌ترین	۸۸/۰۴	۷/۵	۲/۴۶	۳/۲۹	۱/۱۳	۵۴/۹۰	۸/۹۸
بیش‌ترین	۹۱/۷۷	۱۱/۳۷	۴/۵۰	۴/۵۹	۲/۰۹	۷۵/۷۳	۱۱/۱۳
CV (درصد ضریب تغییرات)	۰/۷۹	۷/۷۸	۱۵/۸۰	۷/۵۷	۱۶/۷۷	۸/۴۶	۵/۳۱

۱. تمام اجزای شیمیایی به‌دست آمده، بر اساس ماده خشک نمونه‌ها استاندارد شده‌اند. میانگین ماده خشک در کل نمونه‌ها ۹۰/۰۲ درصد بود.
۲. تعداد کل آنالیزهای آزمایشی انجام شده روی ۳۰ نمونه ذرت در ۴ تکرار مستقل (تعداد کل=۱۲۰ نمونه).

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین انرژی خام نمونه‌های ذرت ۴۳۷۵ کیلوکالری با ضریب تغییرات ۱/۶۳ درصد بود و میانگین انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری AME برابر ۳۲۸۴ کیلوکالری با ضریب تغییرات ۳/۶۶ درصد برآورد شد، هم‌چنین میانگین انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت AMEn ۳۲۱۹ با ۳/۶۳ درصد ضریب تغییرات بود، در حالیکه مقدار میانگین میزان TME حدود ۲۰ درصد بالاتر از میزان AME و برابر ۳۸۷۳ کیلوکالری و ضریب تغییرات ۳/۱ درصد محاسبه‌شد. با احتساب تصحیحات انجام شده برای نیتروژن دفعی، میانگین TMEn در نمونه‌های ذرت مورد آزمایش ۳۷۸۱ کیلوکالری با درصد ضریب تغییرات ۳/۰۹ محاسبه گردید. در نتایج گزارشی (۸)، میانگین AME ۳۷۶۴ کیلوکالری بر کیلوگرم بالاتر از مطالعه ما بود. محققینی (۳) ارزش AME ذرت زرد ۳۸۱۵ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش دادند، در حالیکه مقاله‌ای دیگر (۲) گزارش دادند که ارزش AME نمونه‌های ذرت برابر ۳۹۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم بود. این تفاوت‌ها در ارزش انرژی قابل متابولیسم را می‌توان به‌دلیل تفاوت در روش‌های به‌کار گرفته شده توسط روش‌های جایگزینی و یا یکنواختی در نمونه‌های مورد ارزیابی ربط داد. هم‌چنین تفاوت در میان این مطالعات می‌تواند به‌دلیل استفاده از هیبریدهای مختلف ذرت باشد (۲،۱۵). یک مزیت عمده برای روش جایگزینی (AME)، با استفاده از یک رژیم غذایی عملی، این است که رژیم غذایی مرجع به‌عنوان یک استاندارد عمل می‌کند و در هر آزمایش مورد سنجش قرار می‌گیرد. اما در روش‌های تغذیه دقیق اجباری با روش سیبالد (۱۶،۱۷) میزان غذای مصرفی در نمونه مورد آزمایش به‌صورت دقیق معلوم بوده و عملاً جیره‌ای به‌عنوان مرجع پایه برای برآوردها مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. از معایب آن این است که ارزش AME مواد غذایی ممکن است با ترکیب رژیم غذایی مرجع متفاوت باشد بطوریکه محققینی (۱۱،۱۵) گزارش دادند که تغذیه تک ماده‌ای (تغذیه یک قلم غذایی خالص بدون ترکیب آن با اجزاء دیگر جیره) برای بعضی از دانه‌ها مثل ذرت تا حد زیادی رضایت‌بخش است، اما نه برای همه دانه‌های دیگر مثل گندم و جو.

نتایج گزارش‌شده در پژوهشی (۵) نشان‌داد که ارزش TMEn ذرت معمولی ۳۹۵۳ کیلوکالری بر کیلوگرم است و ارزش TMEn گزارش دیگر (۱۲) برابر ۳۹۴۵ کیلوکالری بر کیلوگرم بود. نتایج ما به‌طور کلی با سایر مقادیر گزارش شده توافق ندارند و این عدم توافق بخشی می‌تواند به‌دلیل تفاوت در محتوای چربی خام و رطوبت دانه‌های ذرتی باشد که عمدتاً به‌صورت وارداتی تهیه شده و امروزه به‌طور وسیع مورد استفاده در خوراک طیور استفاده می‌شود. در این رابطه در مطالعه‌ای (۱۲) گزارش شده که ذرت با روغن بالا دارای مقادیر TMEn متفاوت با نتایج ما (۴۱۳۹ و ۴۱۰۱ کیلوکالری بر کیلوگرم) است. از جهت دیگر و با استفاده از تکنیک کنونی، میزان مصرف خوراک کم در مقایسه با نیازهای نگه‌داری می‌تواند وضعیت فیزیولوژیکی پرندگان را تغییر دهد و مقدار کمی دفع ادرار به‌طور قابل توجهی باعث کاهش نسبت دفع درونی (اندوژنوس) به کل مقدار انرژی دفعی از راه ادرار می‌شود. این تغییرات تأثیر عمیقی بر دقت AME، AMEn و TME به‌عنوان برآوردهای انرژی زیستی در دسترس دارد (۲۰). تغییرات نسبی در مقادیر انرژی ذرت، که توسط روش‌های مختلف تعیین شده بود، نسبتاً کوچک بود، که نشان می‌دهد پراکنش داده‌های به‌دست آمده از روش‌های بیولوژیک از نظر میزان آماره CV کوچک (۲/۳ تا ۲/۴ درصد) بود. در مقابل، ضریب تغییرات در ارزیابی مواد مغذی مورد تجزیه و تحلیل در منابع ذرت بسیار بالاتر قرار گرفت، از حدود ۱۰ تا ۴۰ درصد برای مواد مغذی مانند پروتئین، چربی، فیبر و خاکستر بود. دامنه بدست آمده مقادیر آنالیز شیمیایی و انرژی ذرت و ضریب محاسبه شده برای مقادیر مورد ارزیابی در نمونه‌های دانه ذرت تا حد زیادی مطابق با پژوهشی (۹) بود. در مطالعه (۲۲)، مقادیر مشابهی در مقادیر مواد مغذی برای مجموعه کالیبراسیون مبتنی بر ذرت نیز مشاهده کردند و ضریب آن مجموعه نیز مشابه آنچه که در این مطالعه مشاهده شده، تقریبا مشابه بود. از نتایج گزارش شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود که میانگین ماده خشک قابل هضم ۸۴/۶ درصد، ازت قابل هضم ۵۵/۹ درصد، چربی قابل هضم ۸۳/۳ درصد، فیبر قابل هضم ۶۶/۱ درصد و خاکستر قابل هضم ۶۴/۷ درصد بود. قابلیت هضم خاکستر با ۱۲/۳۶ بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات را داشت و ماده خشک با ۰/۹۸ کم‌ترین درصد ضریب تغییرات را داشت.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

جدول ۲- مقادیر معیارهای انرژی قابل سوخت و ساز مختلف بدست آمده از نمونه‌های دانه ذرت[۱]

Table 2. Values for differrent metabolizable energy criteria obtained from corn samples

معیار محاسبه شده	GE Kcal/kg	AME Kcal/kg	AMEn Kcal/kg	TME Kcal/kg	TMEn Kcal/kg
میانگین	۴۳۷۵	۳۲۸۴	۳۲۱۹	۳۸۷۳	۳۷۸۱
کم‌ترین	۴۱۶۰	۲۹۵۸	۲۹۰۲	۳۵۴۵	۳۴۶۱
بیش‌ترین	۴۵۰۰	۳۵۵۳	۳۴۸۸	۴۱۴۴	۴۰۵۱
CV (درصد ضریب تغییرات)	۱/۶۳	۳/۶۶	۳/۶۳	۳/۱	۳/۰۹

[۱] GE: انرژی خام، AME : انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری، AMEn : انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح‌شده برای ازت، TME : انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی، TMEn: انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی تصحیح‌شده برای ازت.

جدول ۳- مقادیر تجزیه‌ی شیمیایی بر اساس قابلیت هضم در نمونه‌های دانه ذرت

Table 3. Values for chemical analysis based on their digestiblity for corn samples

معیار محاسبه	قابلیت هضم ماده خشک (درصد)	ازت قابل هضم (درصد)	چربی قابل هضم (درصد)	فیبر قابل هضم (درصد)	خاکستر قابل هضم (درصد)
میانگین	۸۴/۶	۵۵/۹	۸۳/۳	۶۶/۱	۶۴/۷
کم‌ترین	۸۲/۸	۴۷/۱	۷۷/۷	۵۶/۴	۴۱/۱
بیش‌ترین	۸۶/۱	۶۷/۳	۸۸/۹	۷۴/۱	۸۷/۷
CV (درصد ضریب تغییرات)	۰/۹۸	۸/۲۶	۳/۴۸	۶/۳۱	۱۲/۳۶

جدول ۴- مقادیر تجزیه‌ی شیمیایی بر اساس قابلیت ابقاء آنها در نمونه‌های دانه ذرت

Table 4. Values for chemical analysis based on their retention ability for corn samples

معیار محاسبه شده	ماده خشک (درصد)	ازت ابقاء شده (درصد)	چربی ابقاء شده (درصد)	فیبر ابقاء شده (درصد)	خاکستر ابقاء شده (درصد)
میانگین	۸۱/۱	۳۱/۴	۷۵/۳	۵۲/۵	۴۱/۶
کم‌ترین	۷۹/۲	۱۸/۲	۶۶/۶	۴۰/۳	۲۴/۳
بیش‌ترین	۸۳/۵	۴۷/۱	۸۲/۱	۶۱/۱	۶۰/۶
CV (درصد ضریب تغییرات)	۱/۳۲	۱۸/۸۲	۴/۳۱	۸/۵۳	۱۷/۶۴

در جدول ۴ ذکر شده است که میانگین ماده خشک برابر ۸۱/۱، ازت ابقاء شده ۳۱/۴، چربی ابقاء شده ۷۵/۳، فیبر ابقاء شده ۵۲/۵ و خاکستر ابقاء شده ۴۱/۶ درصد بود. ازت ابقاء شده با ۱۸/۸۲ بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات و ماده خشک با ۱/۳۲ کم‌ترین درصد ضریب تغییرات را داشت.

ماتریس همبستگی بین ترکیبات شیمیایی دانه ذرت با استفاده از داده‌ها آنالیز نمونه‌ها در جدول ۵ آمده است، بالاترین میزان همبستگی مثبت (۰/۴۲) بین ماده خشک و انرژی خام (p<۰/۰۱) و هم‌چنین میزان همبستگی منفی (۰/۵۵-) بین فیبر خام و خاکستر با (p<۰/۰۱) وجود داشت. ماتریس همبستگی بین ترکیبات شیمیایی دانه ذرت با مقادیر ترکیبات شیمیایی قابل هضم بدست آمده حاصل از نمونه‌گیری‌های پرنده‌ای در جدول ۶ آمده است. بالاترین میزان همبستگی (۰/۹۷) بین فیبر ابقاء شده و فیبر قابل هضم (p <۰/۰۱) و میزان همبستگی (۰/۵۳-) بین خاکستر ابقاء شده و ماده خشک ابقاء شده (p <۰/۰۱) وجود داشت.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین ترکیبات شیمیایی به‌صورت خام در نمونه‌های دانه ذرت[۱]

Table 5. Correlation coefficients values for raw chemical contents in corn samples

	ماده خشک (درصد)	پروتئین خام (درصد)	چربی خام (درصد)	فیبر خام (درصد)	خاکستر (درصد)	نشاسته (درصد)	گلوکز (درصد)	انرژی خام (Kcal/kg)
پروتئین خام (٪)	-۰/۱۱							
P-Value	NS							
چربی خام (٪)	۰/۳۴	۰/۰۶						
P-Value	*	NS						
فیبر خام (٪)	-۰/۰۰۷	-۰/۰۶	-۰/۱۲					
P-Value	NS	NS	NS					
خاکستر (٪)	-۰/۲۷	۰/۱۳	-۰/۰۹	-۰/۵۵				
P-Value	*	NS	NS	*				
نشاسته (٪)	-۰/۱۳	-۰/۰۴	-۰/۲۷	-۰/۰۹	۰/۱۱			
P-Value	NS	NS	*	NS	NS			
گلوکز (٪)	-۰/۲۷	۰/۱۰	-۰/۲۵	۰/۱	۰/۱۸	۰/۲۳		
P-Value	*	NS	*	NS	**	**		
انرژی خام (Kcal/kg)	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۰۱	-۰/۲۸	۰/۰۸	-۰/۱۱	۰/۰۹	
P-Value	*	*	NS	*	NS	NS	NS	

[۱] NS: عدم معنی‌داری، *: معنی‌دار در سطح (p<۰/۰۵)، **: معنی‌دار در سطح (p<۰/۰۱).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین ترکیبات شیمیایی به‌صورت قابل هضم و ابقاء شده در نمونه‌های دانه ذرت[۱]

Table 6. Correlation coefficients values for digested and retained chemical contents in corn samples

	ماده خشک (درصد)	ازت قابل هضم (درصد)	چربی قابل‌هضم (درصد)	فیبر قابل هضم (درصد)	خاکستر قابل‌هضم (درصد)	ماده خشک (درصد)	ازت ابقاءشده (درصد)	چربی ابقاء شده (درصد)	فیبر ابقاءشده (درصد)	خاکستر ابقاء شده (درصد)
ازت قابل هضم	-۰/۰۷									
P-value	NS									
چربی قابل هضم	۰/۱۵	۰/۰۷								
P-value	NS	NS								
فیبر قابل هضم	۰/۲۱	-۰/۰۱	۰/۴۶							
P-value	**	NS	*							
خاکسترقابل هضم	-۰/۲۳	-۰/۲	-۰/۱۱	-۰/۰۸						
P-value	*	**	NS	NS						
ماده خشک ابقاء	۰/۹۶	-۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۳۸	-۰/۳۰					
P-value	*	NS	*	*	*					
ازت ابقاء شده	-۰/۰۹	۰/۹۶	۰/۱۲	-۰/۰۱	-۰/۱۵	-۰/۰۶				
P-value	NS	*	NS	NS	NS	NS				
چربی ابقاء شده	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۸۸	۰/۵۶	-۰/۲۲	۰/۵۵	۰/۱۴	۰/۱۴		
P-value	*	NS	*	*	**	*	NS	NS		
فیبر ابقاء شده	۰/۲۱	-۰/۰۲	۰/۵۲	۰/۹۷	-۰/۰۱	۰/۳۸	-۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۶۱	
P-value	**	NS	*	*	NS	*	NS	NS	*	
خاکستر ابقاء شده	-۰/۴۴	-۰/۱۱	-۰/۲	-۰/۲۲	۰/۹	-۰/۵۳	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۳۴	-۰/۱۹
P-value	*	NS	**	**	*	*	NS	NS	*	**

[۱] NS: عدم معنی‌داری، *: معنی‌دار در سطح (p<۰/۰۵)، **: معنی‌دار در سطح (p<۰/۰۱)

نتایج مربوط به برازش معادلات رگرسیونی در جدول ۷ خلاصه شده است. در مدل‌های آماری، رگرسیون یک فرآیند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می‌باشد که رابطه بین متغیر وابسته (انرژی) و یک یا چند متغیر مستقل و همچنین چگونگی تغییر مقدار متغیر وابسته با تغییر هرکدام از متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. معادله‌های بدست آمده برای هرکدام از معیارهای انرژی ذرت ابتدا با حضور تمام متغیرهای برازش داده شد و در ادامه با استفاده از روش حذف گام به گام برگشتی با حذف متغیر غیر معنی‌دار روابط بعدی محاسبه شد. برای ساده‌سازی و کاربردی‌تر کردن معادلات برای استفاده‌های عمومی‌تر، مقادیر مربوط به پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر، نشاسته، گلوکز و انرژی خام همگی به‌صورت درصدی از ماده خشک نمونه‌ها می‌باشند.

برای پیش بینی مقدار AME با استفاده از معادله ۱، ۲ و ۳ (جدول ۷)، مقادیر ضریب تبیین به‌ترتیب ۵۵/۷۴، ۵۵/۴۳ و ۲۹/۴۸ درصد برآورد شدند. مشخص شد که پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و انرژی خام نسبت به سایر متغیرها می‌توانند ارتباط قوی‌تری با AME ایجاد کنند. در معادله ۱ با خروج فیبر خام، نشاسته و گلوکز از معادله، ضریب تبیین ۵۵/۴۳ و مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۸۲/۷۶ معادله ۲ به‌دست آمد که تاثیر معنی‌داری روی معادله نداشت هم‌چنین در معادله ۳ با وجود پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر، نشاسته و گلوکز ضریب تبیین کاهش یافت و جذر میانگین مربعات خطا ۱۰۳/۴ معادله ۳ (جدول ۷) افزایش یافت که نشان از اثرگذاری همه پارامترهای معادله ۲ بود. معادله ۳ ساده‌ترین معادله‌ای است که می‌توان AME را در نمونه‌های دانه ذرت پیش‌بینی نمود هر چند که میزان ضریب تبیین معادله حدود ۲۶ درصد کاهش و RMSE افزایش یافت، و از نظر کاربردی معادله‌ای ساده است. معادلات مربوط به AMEn با استفاده از روابط ۴، ۵ و ۶ (جدول ۷) به‌ترتیب دارای ضریب تبیین ۵۴/۲۵، ۵۱/۸ و ۲۱/۸۱ درصد بودند و مشخص شد که چربی خام، خاکستر و انرژی خام نسبت به سایر متغیرها می‌توانند ارتباط قوی‌تری با AMEn ایجاد کنند. در معادله ۱ پارامتر برآورد شده با خروج پروتئین خام، فیبر خام، نشاسته و گلوکز از معادله، ضریب تبیین ۵۱/۸ و جذر میانگین مربعات خطا ۸۲/۵۹ معادله ۲ به‌دست آمد که تاثیر معنی‌داری روی معادله نداشت هم‌چنین با وجود پروتئین خام، فیبر خام و خاکستر، ضریب تبیین ۲۱/۸۱ و جذر میانگین مربعات خطا ۱۰۵/۲ معادله ۳ برآورد شد. معادله ۳ ساده‌ترین معادله‌ای است که می‌توان AMEn را در دانه ذرت پیش‌بینی نمود هر چند که میزان ضریب تبیین معادله حدود ۳۰ درصد کاهش و میزان خطا افزایش‌یافته ولی از نظر کاربردی معادله‌ای ساده است.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

جدول ۷- معادلات رگرسیونی برازش شده بر انواع انرژی برآورد شده (AME، AMEn، TME و TMEn کیلوکالری بر کیلوگرم ماده خشک) برای نمونه‌های دانه ذرت[1]

Table 7. Regrission equations fitted on estimated metabolizable energy criteria (AME, AMEn, TME, and TMEn kcal/kg dry matter) for in corn samples

AME = -۱۱۰۳ + ۳۱/۷ CP + ۳۵/۷ EE – ۵۲/۶ CF – ۱۴۶/۳ Ash – ۱/۰۸ STA + ۲۱/۹ GLU + ۰/۹۷۲ GE	R^2 = ۵۵/۷۴ RMSE =۸۲/۶۵	معادله ۱)
AME = -۱۵۶۱ + ۳۰/۷ CP + ۳۸/۷ EE – ۱۰۵/۷ Ash + ۱/۰۴۹ GE	R^2 = ۵۵/۴۳ RMSE = ۸۲/۷۶	معادله ۲)
AME = ۳۵۰۹ + ۶۳/۱ CP – ۱۶۰/۱ CF – ۲۱۴/۸ Ash – ۳/۷۸ STA + ۳۹/۴GLU	R^2 = ۲۹/۴۸ RMSE =۱۰۳/۴	معادله ۳)
AMEn = -۱۰۷۹ + ۱۹/۷ CP + ۳۴/۵ EE – ۵۲/۵ CF – ۱۴۵/۸ Ash – ۱/۱۲ STA + ۲۱ GLU + ۰/۹۸۱ GE	R^2 = ۵۴/۲۵ RMSE = ۸۱/۹	معادله ۴)
AMEn = -۱۶۶۸ + ۳۶/۳ EE – ۱۰۰/۲ Ash + ۱/۱۲ GE	R^2 = ۵۱/۸ RMSE =۸۲/۵۹	معادله ۵)
AMEn = ۳۵۳۲ + ۵۵/۶ CP – ۱۳۷ CF – ۱۹۴/۷ Ash	R^2 = ۲۱/۸۱ RMSE = ۱۰۵/۲	معادله ۶)
TME = -۵۲۶ + ۳۱/۴ CP – ۳۵/۴ EE – ۵۲ CF – ۱۴۵/۵ Ash – ۱/۰۵ STA + ۲۲ GLU + ۰/۹۷۵ GE	R^2 = ۵۵/۴۷ RMSE =۸۳/۰۳	معادله ۷)
TME = -۹۷۶ + ۳۰/۴ CP + ۳۸/۲ EE – ۱۰۵/۱ Ash + ۱/۰۵ GE	R^2 = ۵۴/۱۸ RMSE = ۸۳/۱۲	معادله ۸)
TME = ۴۰۹۴ + ۶۲/۹ CP + ۱۵۹/۷ CF – ۲۱۴ Ash – ۳/۷۶ STA + ۳۹/۵ GLU	R^2 = ۲۹/۲ RMSE =۱۰۳/۸	معادله ۹)
TMEn = -۵۳۰ + ۱۹/۴ CP + ۳۴/۲ EE – ۵۲ CF – ۱۴۵ Ash – ۱/۰۹ STA + ۲۱ GLU + ۰/۹۸۳ GE	R^2 = ۵۳/۹۹ RMSE = ۸۲/۲۵	معادله ۱۰)
TMEn = -۱۱۰۹ + ۳۵/۹ EE – ۹۹/۷ Ash + ۱/۱۲ GE	R^2 = ۵۱/۶ RMSE =۸۲/۸۹	معادله ۱۱)
TMEn = ۴۰۹۲ + ۵۵/۳ CP + ۱۳۶/۶ CF – ۱۹۳/۸ Ash	R^2 = ۲۱/۵۷ RMSE =۱۰۵/۵	معادله ۱۲)

[1] R2: ضریب تعیین، RMSE: جذر میانگین مربعات خطا. در این معادلات پروتئین خام (CP)، چربی خام (EE)، فیبر خام (CF)، خاکستر (Ash)، نشاسته (STA)، گلوکز (GLU) و همگی به‌صورت درصد از ماده خشک نمونه¬ها و انرژی خام (GE) بر اساس کیلوکالری برکیلوگرم ماده خشک می‌باشند.

مقدار ضریب تبیین برای معادلات TME با استفاده از معادله ۱، ۲ و ۳ (جدول ۷) به‌ترتیب ۵۵/۴۷، ۵۴/۱۸ و ۲۹/۲ درصد برآورد شدند. میزان پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و انرژی خام نسبت به سایر متغیرها توانستند ارتباط قوی‌تری برای بیان TME ایجاد کنند. در معادله ۱ پارامتر برآورد شده با خروج فیبر خام، نشاسته و گلوکز از معادله، ضریب تبیین ۵۴/۱۸ و جذر میانگین مربعات خطا ۸۳/۱۲ معادله ۲ به‌دست آمد. مقدار ضریب تبیین برای معادلات پیش‌بینی TMEn با استفاده از معادله ۱۰، ۱۱ و ۱۲ به‌ترتیب ۵۳/۹۹، ۵۱/۶ و ۲۱/۵۷ درصد برآورد شدند. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که چربی خام، خاکستر و انرژی خام نسبت به سایر متغیرها می‌توانند ارتباط قوی‌تری با TMEn ایجاد کنند و این کمک بزرگی به بیان TMEn می‌کند. در معادله ۱۰ پارامتر برآورد شده با خروج پروتئین خام، فیبر خام، نشاسته و گلوکز از معادله، ضریب تعیین ۵۱/۶ درصد و جذر میانگین مربعات خطا ۸۲/۸۹ معادله ۱۱ به‌دست آمد که تاثیر معنی‌داری روی معادله نداشت. هم‌چنین با وجود پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام و خاکستر، ضریب تبیین ۲۱/۵۷ و جذر میانگین مربعات خطا ۱۰۵/۵ معادله ۱۲ برآورد شد که نشان‌دهنده این است که پارامترهای معادله ۱۱ معنی‌دار هستند هر چند این معادله به‌واسطه وجود متغییر GE دارای پیچیدگی بیشتر و جذابیت کاربردی کمتری است. اما معادله ۱۲ ساده‌ترین معادله‌ای است که می‌توان TMEn را در نمونه‌های دانه ذرت پیش‌بینی نمود. هر چند که میزان ضریب تبیین معادله حدود ۳۰ درصد کاهش و خطای پیش بینی RMSE افزایش یافت، ولی از نظر کاربردی معادله‌ای ساده است و می‌تواند در شرایطی مورد انتخاب قرار گیرد. بخش زیادی از پایین بودن دقت (با توجه به معیار ضریب تبیین R^2) و بالا بودن نسبی خطا در معادلات کاربردی پیش‌بینی انرژی ذرت در این مطالعه و هم‌چنین مطالعات مشابه (۲۲،۲) به‌دلیل این است که نمونه‌های مورد ارزیابی از طیف وسیعی از نمونه‌های موجود در کارخانه‌جات با منابع مختلف وارداتی جمع‌آوری شده بود. نتایج مشابه دیگری (۱۸،۹) در مورد دیگر تک معده‌ای‌ها نیز مشاهده شد، زمانی‌که از نمونه‌های متفاوتی از ذرت از مناطق مختلف جمع‌آوری شده بودند برای آنالیزهای بیولوژیک و مدل‌سازی‌های آماری استفاده شد.

جمع‌بندی نتایج پژوهش حاضر نشان از تفاوت نسبی ترکیبات شیمیایی و انرژی قابل سوخت و ساز محاسبه شده برای نمونه‌های دانه ذرت جمع‌آوری شده در استان‌های مختلف کشور با آنچه که در منابع مرسوم طیور ذکر شده بود، داشت. بنابراین برای شرایط عملی در صنعت طیور و کارخانه‌های خوراک دام لازم است که بر اساس اطلاعات به‌روز برای ارایه‌ی مدل‌های بومی‌تر استفاده شود. از معادلات پیش‌بینی به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان به‌صورت کاربردی برای تخمین انرژی نمونه‌های دانه ذرت مختلف در کارخانه‌های خوراک دام و یا مزارع پرورش طیور استفاده نمود.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

منابع

1. Association of official analytical chemists (AOAC). 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Douglas, J.H., T.W. Sullivan, P.L. Bond and F.J. Struwe. 1990. Nutrient composition and metabolizable energy values of selected grain sorghum varieties and yellow corn. Poultry Science, 69: 1147-1155.
3. Earle, F.R. 1977. Protein and oil in corn: Variation by crop years from 1907 to 1972. Cereal Chemical, 54: 70-79.
4. FAO. 2013. Agricultural production statistics. Available online at: http:// faostat3. fao.org/ compare/E.
5. Han, Y., C.M. Parsons and D.E. Alexander. 1987. Nutritive value of high-oil corn for poultry. Poultry Science, 66: 103-111.
6. Khajehpour, M.R. 2010. Principles and fundamentals of crop production. Iranian Academic Center for Education, Culture and Research, Isfahan (In Persian).
7. Lockhart, W.C., R.L. Bryant and D.W. Bolin. 1963. Methods of restricting feed or energy intake of growing Leghorn pullets and their effect on subsequent reproductive performance. Poultry Science, 42: 1285.
8. National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th Ed. National Academy Press. Washington, DC.
9. Pelizzeri, R.N., P.C. Pozza, N.T.E. Oliveira, M.L. Somensi, A.C. Furlan and M.E. Neumann. 2013. Evaluating models to predict the metabolizable energy of maize for swine. Veterinary Medicine Zootechnology, 65: 460-468.
10. Pond, W.G., D.C. Church, K.P. Pond and P.A. Schoknecht. 2005. Basic animal nutrition and feeding. 5th edition. CABI publication, UK.
11. Rasteh, M.R. and B. Dastar. 2015. Determination of chemical composition and metabolisable energy of germinated barley in broiler chickens. Research on Animal Production, 6: 1-8 (In Persian).
12. Saleh, E.A., S.E. Watkins, J.A. England and P.W. Waldroup. 1997. Utilization of high oil corn in broiler diets varying in energy content. Journal Applied Poultry Research, 6: 107-115.
13. Say, S.M. and Y. Erdogan. 2011. Energy use pattern of first crop maize production: Case study for Cukurova region in a sample farm. Journal of Food Agricultural and Environment, 9(2): 309-312.
14. SeyedSharifi, R. and K. Khavazi. 2011. Effects of seed priming with plant growth promotion rhizobacteria (PGRP) on yield and yield attribute of maize (Zea mays L.) hybrids. Journal of Food, Agriculture and Environment, 9(3,4): 496-500 (In Persian).
15. Sibbald, I.R., J.D. Summers and S.J. Slinger. 1990. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. Poultry Science, 39: 544-556.
16. Sibbald, I.R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. Poultry Science, 55: 303-308.
17. Sibbald, I.R. 1989. Metabolizable energy evaluation of poultry diet. Recent Developments in Poultry Nutrition, Chapter 2. Butterworths. London, UK.
18. Smith, B., A. Hassen, M. Hinds, D. Rice, D. Jones, T. Sauber, C. Iiams, D. Sevenich, R. Allen, F. Owens, J. McNaughton and C. Parsons. 2015. Predicting the digestible energy of corn determined with growing swine from nutrient composition and cross-species measurements. Journal of Animal Science, 93.
19. Wolynetz, M.S. and I.R. Sibbald. 1984. Relationship between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction, Poultry Science, 63: 1386-1399.
20. Wondra, K.J., J.D. Hancock, K.C. Behnke, R.H. Hines and C.R. Stark. 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility and stomach morphology in finishing pigs. Journal Animal Science, 73: 757-763.
21. Yaghobfar, A., K. Karkody and M. Dibaeeian. 2011. The effects of different systems of expressing metabolizable energy and amino acid of diet, on performance and carcass characteristics of broiler chicks. Research on Animal Production, 2: 1-11 (In Persian).
22. Zhao, F., H.F. Zhang, S.S. Hou and Z.Y. Zhang. 2008. Predicting metabolizable energy of normal corn from its chemical composition in adult Pekin ducks. Poultry Science, 87: 1603-1608.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]

Measurement and Development of Prediction Models for Metabolizable Energy Contents of Corn Samples Collected from Poultry Feed Factories in Iran using Regression Equations

Abbas Abdullah Baiz[1], Hamed Ahmadi[2], Farid Shariatmadari[3]and Mohammad Amir Karimi Torshizi[4]

1- PhD Student, Department of Animal and Poultry Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding author:. hamed.ahmadi@modares.ac.ir)
3- Professor, Department of Animal and Poultry Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
4- Associate Professor, Department of Animal and Poultry Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
Received: December 30, 2019 Accepted: April 12, 2020

Abstract

The purpose of this study was to determine the contents of chemical compositions, apparent metabolizable energy (AME), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AMEn), true metabolizable energy (TME), true metabolizable energy corrected for nitrogen (TMEn), in corn samples, as well as to predict diferrent energy contents of corn samples given their chemical components. A total of 30 samples were colleted from Iranian poultry feed plants. Metabolizable energy criterias of each sample were obtained by percision feeding method with 4 replications. Based on laboratory assessments, average of dry matter, crude protein, crude fat, crude fiber, ash, starch and glucose were 90.02, 9.15, 3.28, 3.93, 1.45, 65.33 and 9.79 (% of DM), respectively. In farm experiments, the gross energy, AME, AMEn, TME and TMEn were obtained as 4375, 3284, 3219, 3873, and 3781 (kcal/kg DM), respectively. Using provided database, multiple regression equations were developed for predicting different values of AME, AMEn, TME and TMEn based on chemical composition in corn samples. These system of equations can be used practically for predicting energy of corn samples in poultry feed manufactures and poultry farms.

Keywords: Corn, Metabolizable energy, Prediction, Regression equation

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/rap.11.28.50]