تولیدات دامی
دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۲۸۸-۲۸۱

# متاآنالیز انرژی قابل متابولیسم گندم در طیور برای تعیین معادلات رگرسیونی براساس ترکیبات شیمیایی

حامد احمدی[۱*]، وحید رسولی مریوانی[۲]، یوسف محمدی[۲]
۱. استادیار، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

**چکیده**

هدف از این پژوهش، بررسی معادلات رگرسیونی پیش‌بینی انرژی قابل متابولیسم گندم با استفاده از محتوای شیمیایی آن‌ها با استفاده از مطالعه متاآنالیزی بود. پایگاه داده‌ای متشکل از ترکیبات شیمیایی و محتوای انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح‌شده برای ازت (AMEn)، ۱۱۱ نمونه از واریته‌های مختلف گندم از منابع منتشرشده قبلی استخراج و بررسی شد. اطلاعات نمونه‌ها شامل پروتئین خام (CP)، چربی خام (EE)، فیبر خام (CF)، خاکستر (Ash) و AMEn بود. میانگین AMEn، ۲۹۱۷/٤٦ (کیلوکالری در کیلوگرم) و میانگین CP، EE، CF و Ash به‌ترتیب ۱۲/۵۳، ۲/۱۲، ۱/٦۱، ۱/۵٦ (درصد ماده خشک) بود. با استفاده از پایگاه داده‌های طراحی‌شده، معادلات متا- رگرسیونی برای پیش‌بینی محتوای AMEn از روی ترکیبات شیمیایی برازش شد. بهترین معادله به‌صورت AMEn (کیلوکالری/ کیلوگرم) = ۱٦٤۸ + ٤۵/۸ ٪CP + ۱۷۵/۸ ٪EE + ۱۸۵/٤ ٪CF به‌دست آمد. از این معادله می‌توان برای پیش‌بینی انرژی واریته‌های گندم در کارخانه‌های خوراک دام و یا مزارع پرورش طیور استفاده نمود.

**کلیدواژه‌ها:** ارزش غذایی، پیش‌بینی، رگرسیون، گندم، متاآنالیز.

# Meta-analysis of metabolizable energy of wheat samples in poultry for determining regression equations based on chemical compositions

Hamed Ahmadi[1*], Vahid Rasoli Marivani[2], Yousef Mohammadi[2]
1. Assistant Professor, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. M.Sc. Student, Department of poultry science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
Received: November 30, 2019 Accepted: February 2, 2020

**Abstract**

The goal of this study was to determine regression equations to predict metabolizable energy of wheat samples given their chemical compositions using meta-analytical approach. A database compromising chemical compositions and apparent metabolizable energy corrected for the nitrogen (AMEn) of 111 published sources of wheat strains was used. Sample information contains crude protein (CP), ether extract (EE), crude fiber (CF), ash and AMEn. Average values for AMEn was calculated as 2917.46 (kcal/kg), while for the CP, EE, CF, ash was calculated as 12.53, 2.12, 1.61and 1.56 (% dry matter), respectively. Meta-regression equations for predicting AMEn wheat based on chemical composition were developed and evaluated by means of provided database. Best equation obtained as: AMEn (kcal/kg)= 1648+45.8 %CP+175.8 %EE+ 185.4 %CF. This equation can be used for predicting energy of wheat variates in feed-factories and poultry farms.

**Keywords:** meta-analysis, nutritive value, prediction, regression, wheat

* نویسنده مسئول Email: hamed.ahmadi@modares.ac.ir

**مقدمه**

در بین غلات، گندم یکی از منابع انرژی برای تغذیه جوجه‌های گوشتی است که در اروپا به‌عنوان غلهٔ اصلی استفاده می‌شود و ٦٠-٦٥ درصد انرژی قابل سوخت‌وساز و ٣٥-٤٠ درصد پروتئین خوراک را تأمین می‌کند [٥]. نشاسته، پروتئین و فیبر مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی گندم می‌باشند که میزان آن‌ها بسته به نوع واریته، منطقه پرورش و شرایط آب‌وهوای متغیر می‌باشد و در نتیجه منجر به تغییر در محتوای انرژی قابل متابولیسم گندم و فرآورده‌های آن می‌شود [٨]. تغییرات قیمت چندین سالهٔ گندم و سایر غلات نشان می‌دهد که در بعضی از مقاطع زمانی، مرغداران از گندم به‌عنوان جایگزینی برای ذرت در جیره‌های غذایی طیور استفاده می‌کنند. با توجه به نوع واریته و شرایط کشت، محتوای مواد مغذی گندم تحت تأثیر قرار می‌گیرد و به‌تبع آن انرژی قابل سوخت‌وساز نیز متغیر خواهد بود [١ و ٦].

تغذیه صحیح و علمی، مستلزم آگاهی کامل از ارزش غذایی خوراک‌های مورداستفاده است و می‌تواند نقش مهمی در اقتصاد دامپروری ایفا نماید. سابقه تحقیقات در زمینه ارزشیابی خوراک‌ها به بیش از یک قرن می‌رسد و در بعضی از کشورها جزئیات کاملی از اجزای خوراک‌ها و هم‌چنین احتیاجات دام‌ها تهیه و منتشر شده است. در سال ١٩٩٤، NRC [١٣] معادله AMEn= ٣٤/٩٢×CP +٦٣/١٠×EE +٣٦/٤٢×NFE را برای انرژی قابل متابولیسم گندم ارائه داد که AMEn بیش‌ترین ارتباط را با پروتئین خام (CP)، چربی خام (EE) و عصارهٔ عاری از ازت (NFE) داشت [٥ و ٧]. به‌منظور اطمینان از تنظیم جیره‌ای متعادل، لازم است علاوه بر محتوای مواد مغذی، انرژی قابل سوخت‌وساز مواد خوراکی نیز مشخص شود. پروتئین و انرژی از گران‌ترین مواد مغذی به‌حساب می‌آیند که هنگام جیره‌نویسی باید حداقل مقدار توصیه‌شده آن‌ها را تأمین نمود. انرژی، نقش عمده‌ای در کنترل اشتها و مقدار خوراک مصرفی پرنده دارد. از این‌رو، افزایش و کاهش انرژی قابل سوخت‌وساز خوراک به‌ترتیب سبب کاهش یا افزایش خوراک مصرفی می شود. این امر سبب تغییر در مقدار دریافت روزانه مواد مغذی موردنیاز پرنده شده و در نهایت کاهش سرعت رشد و یا افزایش تلفات مواد مغذی و هدررفت سرمایه تولیدکننده می‌شود. برای آگاهی از مقدار انرژی قابل سوخت‌وساز موجود در اقلام خوراکی، روش‌های مختلفی نظیر روش‌های بیولوژیکی (روش سیبالد و روش استفاده از نشانگر)، استفاده از جدول مواد مغذی اقلام خوراکی، استفاده از روش‌های مبتنی بر NIRA و استفاده از معادلات پیش‌بینی حاصل از معادلات رگرسیونی چند متغیره [٢ و ٢٠] وجود دارد.

روش‌های بیولوژیکی به سهولت توسط متخصصان تغذیه قابل استفاده نیستند و روش NIRA نیز به‌دلیل گران‌بودن متداول نشده است. هم‌چنین اطلاعات جدول‌های اقلام خوراکی علاوه بر قدیمی‌بودن، از نظر شرایط اقلیمی، کشت و داشت و نوع ارقام گندم، با شرایط کشور تفاوت دارند و استفاده از آن‌ها برای جیره‌نویسی در ایران چندان مناسب نیست. به‌نظر می‌رسد استفاده از معادلات پیش‌بینی انرژی قابل سوخت‌وساز (رگرسیونی چند متغیره) روش کاربردی و علمی برای محاسبه باشد. لذا دستیابی به معادلات مرتبط با اقلام خوراکی طیور رایج و پرمصرف در ایران از اهمیت خاصی برخوردار است [٤، ١٥ و ١٧]. از جمله روش‌های متداول مبتنی بر رگرسیون، روش‌های متاآنالیز است. متاآنالیز عبارت از به‌کارگیری روش‌های آماری خاص برای خلاصه‌کردن نتایج مطالعات مستقل برای یافتن دقیق‌ترین شکل ارتباط بین متغیرهای مورد بررسی است [١٩]. داده‌های مورد آنالیز در روش‌های متاآنالیز از چندین مطالعه منتشرشده قبلی به‌دست می‌آید،

که به همین دلیل تعمیم‌پذیری بیش‌تر نتایج حاصل از تحلیل‌ها را افزایش می دهد. متاآنالیز واژه‌ای کلی برای فرآیند آماری حاصل از تحلیل پایگاه داده‌های منتشر شده است در عین حال اگر از آنالیز رگرسیون به‌عنوان روش پایه برای متاآنالیز استفاده شود، استفاده از واژه متا- رگرسیون نیز متداول است [۱۱ و ۱۹].

با توجه به امکان جایگزینی گندم به جای ذرت در جیره غذایی طیور، این پژوهش با هدف تعیین و ارائه معادله پیش‌بینی انرژی قابل سوخت‌وساز گندم با استفاده از داده‌های منتشرشده قبلی و هم‌چنین گسترش معادلات متا- رگرسیونی پیش‌بینی انرژی براساس ترکیبات شیمیایی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۱۱ نمونه آنالیزشده از واریته‌های مختلف گندم، که مستخرج از پنج مقاله چاپ‌شده و شامل آزمایش‌های مستقل بود استفاده شد (جدول ۱). معیارهای انتخاب مقاله براساس مقالات چاپ‌شده در نشریه‌های داخلی و خارجی با تأکید بر منابع ایرانی صورت گرفت. مقالاتی که در بازده زمانی ۲۰ سال گذشته تاکنون منتشر شده‌اند و نیز مقالاتی که مقدار AMEn، CP، EE، CF و Ash را گزارش نمودند، مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات بیش‌تر در ارتباط با سویه‌های گندم مورد آزمایش به تفکیک منابع منتشرشده در جدول (۲) خلاصه شده است.

**جدول ۱. مقادیر انرژی قابل‌متابولیسم ظاهری تصحیح‌شده برای ازت (AMEn) اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های مختلف گندم در طیور بر اساس گزارش‌های مختلف به تفکیک مقالات منتشرشده**

| شماره | منبع | انرژی [1] | تعداد نمونه آزمایش‌شده | کم‌ترین مقدار انرژی (کیلوکالری در کیلوگرم) | بیش‌ترین مقدار انرژی (کیلوکالری در کیلوگرم) | میانگین مقدار انرژی (کیلوکالری در کیلوگرم) | انحراف معیار (کیلوکالری در کیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | [۱٤] | AMEn | ٦ | ۳۳۰۰ | ۳۵۲۲ | ۳٤٦۱/۱٦ | ۸۱/۷۳ |
| ۲ | [۱۲] | AMEn | ۱۱ | ۲۵۲۷ | ۳۲۵٤ | ۲۹۰۲/۵٤ | ۲٦۲/٤ |
| ۳ | [۹] | AMEn | ٤٤ | ۲۱۵۹ | ۳۵٦۸ | ۲۸٤۹/۰۲ | ۳۵۸/۲۱ |
| ٤ | [۲۳] | AMEn | ۳۲ | ۲۱٦۲ | ۳۲٦۹ | ۲۷۵۲/۱۲ | ۳۰۱/۷ |
| ۵ | [۲۲] | AMEn | ۱۸ | ۲۳٤۹/۸ | ۳۳۱۱/٦ | ۳۰٤۰/۷٤ | ۲٤۱/۷۵ |

**جدول ۲. اطلاعات تکمیلی واریته‌های مختلف گندم مورداستفاده در این پژوهش به تفکیک مقالات منتشرشده**

| شماره | منبع | تعداد واریته | اسامی واریته‌ها | پرنده |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | [۱٤] | ٦ | فالات، امید، قدس، روشن، نوید و بزوستایا | ۳٦ قطعه خروس بالغ لگهورن |
| ۲ | [۱۲] | ۱۲ | مهدوی، چمران، سبلان، سپاهان، سیوند، الموت، شعله، نیشابور، پیشتاز، بهار، شیراز و شاه پسند | ۳ قطعه خروس ردآیلندرد در سن ۳ هفتگی |
| ۳ | [۹] | ۱۲ | سرداری، روشن، چمران، مروارید، لاین۱۷، گنبد، چیشگام، سایونز، کوهدشت، البرز، بهار و شیرودی | جوجه گوشتی راس ۳۰۸ |
| ٤ | [۲۳] | ۱٦ | البرز، بهار، چمران، گنبد، روشن، کوهدشت، لاین۱۷، مروارید، پیشگام، پیشتاز، سپاهان، شیرو دی، سیوند، سایونز، سرداری، سیروان | جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ مخلوط د و جنس |
| ۵ | [۲۲] | ۱۹ | الموت، بهار، دریا، آرتا، اکبری، دز، بم، اترک، شیراز، پیشتاز، روشن، نیک نژاد، مغان، الوند، شهریار، پیشگام، چمران، کویر و تجن | ۵۷ خروس نژاد ردآیلندرد |

برای تجزیه واریانس و معادلات رگرسیونی داده‌های به‌دست‌آمده از مقالات، از نرم‌افزار (نسخه ۱۷/۰) Minitab [۱۰] استفاده شد. رویه‌های مدل‌های عمومی خطی (GLM) و آنالیز واریانس (ANOVA) برای تعیین وجود احتمالی تفاوت بین مقادیر انرژی و محتوای شیمیایی گندم‌های مورد آزمایش در بین مطالعات مختلف به‌کار گرفته شد. در صورت وجود تفاوت آماری (مقادیر P کوچک‌تر از ۰/۰۵) از آزمون چند دامنه توکی برای تفکیک میانگین‌ها استفاده شد. از آماره قدرمطلق مقدار t محاسباتی (|t-value|) برای رتبه‌بندی عوامل شیمیایی تأثیرگذار بر AMEn واریته‌های گندم استفاده شد. از تجزیه بایاس با استفاده از مقادیر باقی‌مانده (پیش‌بینی‌شده منهای مشاهده‌شده) در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی‌شده AMEn برای آزمون اریبی خطی خطای پیش‌بینی [۳، ۹ و ۱۹] استفاده شد.

## نتایج و بحث

جمع‌بندی و خلاصه‌ای از نتایج محاسبه‌شده برای محتوای شیمیایی (CP، EE، CF، Ash) و میزان محتوای AMEn واریته‌های گندم منتشرشده در مقالات در جدول (۲) ارائه شده است. در جدول (۳) نتایج آنالیز میانگین پارامترهای شیمیایی و انرژی مربوط به نمونه‌های گندم هم‌چنین آماره‌های استنتاجی ارائه شده است. محاسبات نشان‌دهنده معنی‌داربودن تفاوت بین محتوای AMEn، CP، EE،CF و Ash در بین نمونه‌های مختلف گندم آزمایش‌شده می‌باشد (p<۰/۰۱). بیش‌ترین و کم‌ترین ضریب تغییرات مربوط به CF و CP بود و کم‌ترین و بیش‌ترین انحراف معیار به‌ترتیب مربوط به CF و CP بود (جدول ۲). در گزارشی [۲۱] CP ارقام گندم به میزان ۹/۷ تا ۱۹/۱ درصد ماده خشک اعلام شد که این اختلاف می‌تواند مربوط به نوع بذر، شرایط آب‌وهوایی، محل کشت و غیره متفاوت باشد. پژوهش‌گران [۲۲] میزان EE ارقام گندم را ۰/۸۱ تا ۱/۷۹ درصد اعلام نمودند که با نتایج این تحقیق اختلاف داشت. مقدار EE به‌عنوان یک منبع انرژی تأثیر مثبتی بر انرژی قابل متابولیسمی دارد. در مطالعاتی دیگر [٦، ۱۱ و ۱۲] سطح CF ارقام گندم را ۰/۷ تا ۱/۳ درصد اعلام نمودند که با نتایج این پژوهش اختلاف دارد.

**جدول ۳. آماره‌های محاسباتی برای محتوای انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح‌شده برای ازت (AMEn) و ترکیبات شیمیایی ۱۱۱ نمونه گندم از واریته‌های مختلف برحسب درصد ماده خشک**

| محتوای مغذی[1] | میانگین[2] | کم‌ترین | بیش‌ترین | انحراف معیار | ضریب تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|
| AMEn | ۲۸۹۰/۵۷** | ۲۱۵۹ | ۳۵٦۸ | ۳٤۳/٦۰ | ۱۱/۹٤ |
| پروتئین خام | ۱۲/۵۹** | ۹/۳ | ۱٦/۵ | ۱/۷۳ | ۱۳/۸۱ |
| چربی خام | ۲/۱۷** | ۰/۸۱ | ۳/۵۳ | ۰/۵۹ | ۲۷/۳۷ |
| فیبر خام | ۱/۵۲** | ۰/۷ | ۳/٦ | ۰/۷۱ | ٤۷/۲۸ |
| خاکستر | ۱/۵٦** | ۰/۷ | ۲/۳ | ۰/۲۹ | ۱۹/۱۱ |

۱. AMEn برحسب کیلوکالری/ کیلوگرم ماده خشک و محتوای شیمیایی برحسب درصد ماده از خشک می‌باشند.

۲. ** نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۱) بین مقادیر نمونه‌های مختلف گندم آزمایش‌شده در مطالعات مختلف. تفاوت‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) محاسبه گردید.

تحلیل معادلات رگرسیونی نشان داد EE و CF نسبت به سایر متغیرها دارای ارتباط قوی‌تری با AMEn هستند. نتایج گزارش شده حاصل از تجزیه واریانس در جدول (۳) نشان می‌دهد که بین مقادیر میانگین انرژی و محتوای شیمیایی گندم‌های مورد آزمایش در بین مطالعات مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۱). به‌طورکلی، این تفاوت‌ها را می‌توان به عوامل مرتبط با محیط (محیط کشت و شرایط آب‌وهوایی، عوامل ضدتغذیه‌ای، کربوهیدرات‌های غیرنشاسته‌ای، محتوای نشاسته، شرایط ذخیره‌سازی گندم، عوامل مرتبط با پرنده، سن، جنس، وضعیت سلامتی مختلف)، شکل فیزیکی استفاده از دانه در جیره، فاکتورهای خارجی (از جمله شرایط رشد، ذخیره پس از برداشت و غیره) و متغیربودن انرژی قابل سوخت‌وساز در واریته‌های مختلف گندم مرتبط دانست [۸، ۱۳، ۱۶ و ۱۸].

معادلات رگرسیونی براساس محتوای شیمیایی در جدول ٤ نشان داده شده است. در این رابطه ها، رابطه بین متغیر وابسته (AMEn) و متغیرهای مستقل (CF، EE، CP و Ash) و هم‌چنین چگونگی تغییر در مقدار متغیر وابسته با تغییر هرکدام از متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. به‌منظور برآورد دقیق‌تر و کاربردی‌تر کردن معادلات، داده‌ها براساس محتوای ماده خشک تحلیل شدند (جدول ٤).

آنالیز رابطه (۱) براساس تجزیه واریانس و به‌کارگیری آماره‌ی قدرمطلق |t-value| (قدرمطلق مقدار t محاسباتی) نشان داد (جدول ۵) که متغیرهای CF، EE، CP و Ash به‌ترتیب دارای ارزش مطلق بیش‌تری هستند یعنی CF بیش‌ترین و Ash کم‌ترین تأثیر را بر AMEn داشته است. از نظر میزان مقدار مطلق t محاسباتی، بیش‌ترین اثرگذاری بر تخمین AMEn مربوط به CF، EE می‌باشد (P<۰/۰۱)، که دارای مقدار t کم‌تری هستند و در درجه بعدی CP با (P<۰/۰۵) قرار دارد. Ash همبستگی معنی‌داری با AMEn نداشت و در رده‌بندی آخرین عامل مؤثر بر انرژی قابل متابولیسم گندم بود.

در رابطه (۱) پارامتر برآوردشده برای Ash معنی‌دار نبود (جدول ٤) و با حذف از رابطه (۱) تأثیر زیادی بر ضریب تبیین و rMSE نداشت و در لیست آخرین پارامترهای تأثیرگذار بر AMEn بود (جدول ۵).

**جدول ٤. معادلات رگرسیونی ر اساس ترکیبات شیمیایی ۱۱۱ نمونه گندم [۱]**

| شماره رابطه | $R^2$ (درصد) | RMSE (کیلوکالری در کیلوگرم) | معادله |
|---|---|---|---|
| ۱ | ٥٤/۲ | ۲٥۰/٥ | AMEn= ۱۷۰۷+٥۱/۲ CP+۱۸۹/۷ EE+۱۹٦/۹ CF -۱۱۲ ASH |
| ۲ | ٥۱/٤ | ۲٥۸/۳ | AMEn= ۱٦٤۸+٤٥/۸ CP+۱۷٥/۸ EE+۱۸٥/٤ CF |

۱. CP: پروتئین خام (درصد)، CF: فیبر خام (درصد)، EE: چربی خام (درصد)، ASH: خاکستر (درصد)، $R^2$: ضریب تبیین (درصد)، یک مدل آماری است که نشان می‌دهد از کل تغییرات موجود در AMEn چه سهمی مربوط به اجزای شیمیایی می‌باشد، RMSE: جذر میانگین توان دوم خطا که برابر با انحراف معیار در پیش‌بینی می‌باشد (کیلوکالری/ کیلوگرم).

**جدول ۵. رتبه‌بندی متغیرهای شیمیایی از نظر اهمیت تأثیرگذاری بر میزان AMEn واریته‌های گندم**

| معیار | متغیرهای ورودی | | | |
|---|---|---|---|---|
| | فیبر خام | چربی خام | پروتئین خام | خاکستر |
| مقدار مطلق t محاسباتی | ٤/۳ | ۳/٥ | ۲/٤ | ۱/۱ |
| رتبه از نظر اهمیت بر AMEn | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ |

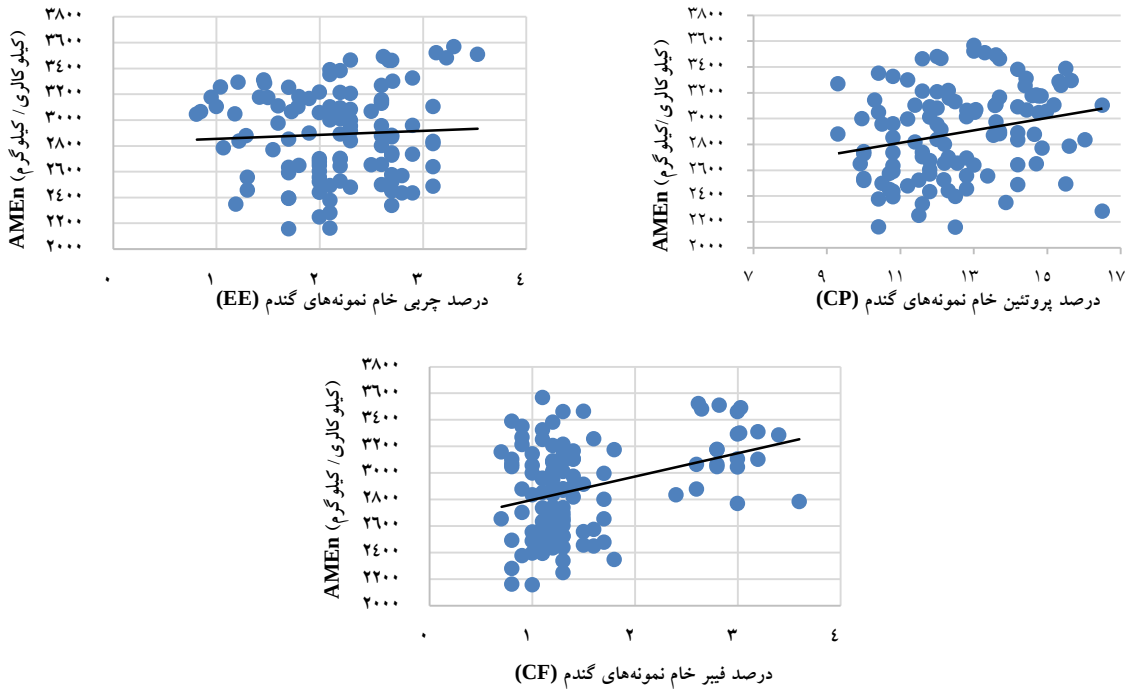
از نقطه‌نظر دقت معادلات بر مبنای مقدار $R^2$ برآورد شده، بخش زیادی از پایین‌بودن دقت (با توجه به معیار ضریب تبیین ($R^2$) و بالابودن نسبی خطا در معادلات کاربردی پیش‌بینی انرژی گندم در این مطالعه و هم‌چنین مطالعات مشابه [۱ و ۱۱] به‌دلیل این است که نمونه‌های مورد ارزیابی از طیف وسیعی از نمونه‌های موجود در مناطق مختلف جمع‌آوری شده بود. نتایج مشابه دیگری [۱۱ و ۱۹] در مورد دیگر اقلام خوراکی و مطالعات متاآنالیزی با نمونه‌های مختلف اقلام خوراکی در مناطق مختلف و پژوهش‌های گوناگون گزارش شده است. این کاهش دقت در عمل به‌عنوان هزینه‌ای در نظر گرفته می‌شود تا بتوان مدل‌هایی را محاسبه کرد که قابلیت تحلیل براساس داده‌های وسیع‌تر و تعمیم‌پذیری بالاتری داشته باشند [۱۸].

نمودار تغییرات میزان AMEn براساس تغییر در محتوای شیمیایی (CP، EE، CF) و میزان AMEn پیش‌بینی‌شده در شکل (۱) نشان داده شده است. بین محتوای شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. برای AMEn باقی‌مانده در مقابل مقادیر پیش‌بینی‌شده، رابطه رگرسیونی (۳) به‌دست آمد.

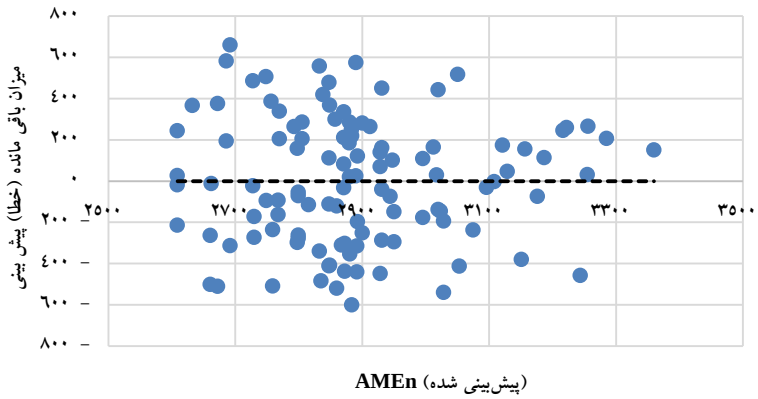
رابطه ۳) AMEn (باقی‌مانده) =

۰/۰۰۸ + ۰/۰۰۰۱ AMEn (پیش‌بینی‌شده)

که هر دو ضریب عرض از مبدأ و ضریب رگرسیونی تغییرات تقریباً برابر صفر و مقدار P معادله رگرسیونی تقریباً برابر یک (P=۰/۹۹۹) محاسبه شدند (شکل ۲). براساس این رابطه، مقدار خطای مدل (خطای باقی‌مانده) تحت تأثیر مقادیر پیش‌بینی‌شده نیست، پس اریبی خطی در برآوردهای معادله رگرسیونی پیش‌بینی‌کننده AMEn وجود نداشت و مقادیر محاسبه‌شده با استفاده از رابطه (۲) دارای صحت قابل‌قبولی بودند.




**شکل ۱. نمودار تغییرات میزان AMEn (کیلوکالری در کیلوگرم) براساس تغییر در میزان ترکیبات شیمیایی (CP، EE، CF) واریته‌های گندم با استفاده از داده‌ها مستخرج از مقالات منتشرشده (n=۱۱۱)**




**شکل ۲. نمودار تغییرات میزان خطا در پیش‌بینی AMEn (کیلوکالری در کیلوگرم) براساس تغییر در مقدار مطلق AMEn پیش‌بینی‌شده. مقادیر باقی‌مانده (خطای پیش‌بینی)= AMEn پیش‌بینی‌شده− AMEn واقعی در مطالعات. خط رگرسیونی با رابطه (باقی‌مانده) AMEn = ۰/۰۰۸ +۰/۰۰۰۱ AMEn (پیش‌بینی شده)، ($R^2$=۰/۰۰۱ و P=۰/۹۹۹) برازش یافته است.**

جمع‌بندی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در نمونه‌های گندم، میزان پروتئین، فیبر و چربی خام ارتباط معنی‌دار و مثبتی با AMEn دارند. از داده‌های جمع‌آوری‌شده از منابع مختلف، بهترین رابطه برای پیش‌بینی انرژی گندم به‌صورت AMEn (کیلوکالری/ کیلوگرم) =۱۶۴۸+۴۵/۸ ٪CP+۱۷۵/۸ ٪EE+۱۸۵/۴ ٪CF به‌دست آمد. از این معادله می‌توان به‌صورت کاربردی، ساده و کم‌هزینه برای پیش‌بینی انرژی نمونه‌های گندم در کارخانه‌های خوراک دام و یا مزارع پرورش طیور استفاده نمود.

## تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

## منابع مورد استفاده


1. Alvarenga R, Zangeronimo M, Pereira L, Wolp R and Almeida, EC (2013) Formulation of diets for poultry: The importance of prediction equations to estimate the energy values. Archivos de Zootecnia 62: 1-11.
2. Ahmadi H and Rodehutscord M (2017) Application of artificial neural network and support vector machines in predicting metabolizable energy in compound feeds for pigs. Frontiers in nutrition 4: 27.
3. Ahmadi H and Rodehutscord M (2012) A meta-analysis of responses to dietary nonphytate phosphorus and phytase in laying hens. Poultry Science 91(8): 2072-2078.
4. Ahmadi H (2017) A mathematical function for the description of nutrient-response curve. PloS one 12(11): e0187292.
5. Barteczko J, Augustyn R, Lasek O and Smulikowska S (2009) Chemical composition and nutritional value of different wheat cultivars for broiler chickens. Journal of Animal and Feed Sciences 18(1): 124-131. 14.
6. Carré B, Lessire M and Juin H (2013) Prediction of metabolisable energy value of broiler diets and water excretion from dietary chemical analyses. Animal 7(8):1246-1258.
7. Del Alamo AG, Verstegen MWA, Den Hartog LA, de Ayala P and Villamide MJ (2009) Wheat starch digestion rate affects broiler performance. Poultry Science 88(8):1675-1666.
8. Firkins JL, Eastridge ML, St-Pierre NR and Noftsger SM (2001) Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. Journal of Animal Science 79(suppl_E): 218-238.
9. Ghods Alavi B, Morovaj H and Shivazad M (2017) Determination and comparison of the estimating equations of some Iranian wheat cultivars with the equations and information of NRC based on the production performance of broiler. Livestock products 19(2): 455-466. (in Persian)
10. Minitab (2014) MINITAB Release 17: Statistical Software for Windows; Minitab Inc. State College, PA, USA 2019.

11. Mariano FCMQ, Paixão CA, Lima RR, Alvarenga RR, Rodrigues PB and Nascimento GAJ (2013) Prediction of the energy values of feedstuffs for broilers using meta-analysis and neural networks. Animal 7(9):1440-1445.
12. Noorghadimi J, Moraveg H, Ghaziani, F and Akbari R(2016) Prediction the metabolizable energy of most wheat cultivars of Alborz province with a multiple regression equation. Iranian Journal of Animal Science (Iranian Journal of Agricultural Sciences) 46(4): 379-388. (in Persian)
13. National Research Council. (1994). Nutrient requirements of poultry: 1994. National Academies Press.
14. Salar M and Golian1 A (2000) The use of sibbald method for determining the metabolizable energy of some poultry feedstuffs sued in Iran. Agricultural Science and Technology 13(2): 185-195. (in Persian)
15. Sedghi M, Ebadi MR, Golian A and Ahmadi H (2013) Prediction of digestible amino acid and true metabolizable energy contents of sorghum grain from total essential amino acids. The Journal of Agricultural Science, 151(5): 693-700.
16. Shakouri M and Kermanshahi H (2003) Effect of NSP degrading enzyme supplement on the nutrient digestibility of young chickens fed wheat with different viscosities and triticale: 105-112.
17. Scott, T (2002) Impact of wet feeding wheat-based diets with or without enzyme on broiler chick performance. Canadian Journal of Animal Science 82(3):417-409.
18. Sauvant D and Martin O (2006) Empirical Modelling through Meta-analysis vs Mechanistic Modelling. Nutrient digestion and utilization in farm animals: modelling approaches 242.
19. Sauvant D, Schmidely P, Daudin J and St-Pierre N.R (2008) Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. Animal 2(8):1203-1214.
20. Valdes E and S. Leeson (1992) Near infrared reflectance analysis as a method to measure metabolizable energy in complete poultry feeds. Poultry science 71(7): 1179-1187.
21. Yegani M and Korver DR (2012) Prediction of variation in energetic value of wheat for poultry. Canadian Journal of Animal Science 92(3): 261-273.
22. Yaghoubfar A, Mirzaei S, Valizadeh H and Safamehr A (2012) Determination of Non-Starch Polysaccharides (NSP) and Metabolizable Energy of Iran Wheat Varieties Fed to Poultry. Iranian Journal of Animal Science Research 4(1): 25-31. (in Persian)
23. Zobdeh M. R, Moravej H and Shivazad M (2018) Determination of prediction equations of 16 Iranian wheat cultivars with two methods and at two different ages in broilers. Journal of Animal Production (Journal of Agriculture) 20(1): 191-201. (in Persian)