

بر آورد انرژی قابل متابولیسم سورگوم دانه‌ای در طیور با استفاده از میزان ترکیبات فنلی و دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF)

• محمد رضا عبادی (نویسنده مسئول)

استاد یار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، کد پستی ۸۱۷۴۸۳۵۱۱۷

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۴

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۱۱۷۴۲۶۵

Email: mrebad@yahoo.com

چکیده

سورگوم یکی از منابع غذایی انرژی زا در جیره طیور محسوب می شود که به دلیل تنوع در ارقام موجود؛ مقدار انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت (TME_n) یکی از شاخص های مهم در انتخاب، مقایسه و کیفیت آن است. اطلاعات مربوط به تعیین TME_n ، غالباً با استفاده از آزمایش های زیستی امکان پذیر است که مستلزم صرف هزینه و زمان می باشند. به همین دلیل، تخمین TME_n از طریق ترکیبات شیمیایی دانه از اهمیت بالایی برخوردار است و در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این تخمین ها غالباً از طریق رگرسیون خطی چندگانه^۱ (MLR) صورت گرفته اند. شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)^۲ یکی از روش هایی است که به طور گسترده در کشاورزی و تغذیه طیور مورد استفاده قرار می گیرند. به همین دلیل در این مطالعه، یک مدل بر مبنای MLR و مدل دیگر بر اساس ANN به منظور تخمین میزان TME_n دانه سورگوم ارائه شده است. ورودی های به کاررفته در هر دو مدل شامل: دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) و مقدار ترکیبات فنلی دانه سورگوم بودند. عملکرد مدل ها با استفاده از ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا و بایاس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان دادند که بین ترکیبات فنلی و ADF با TME_n همبستگی وجود دارد. همچنین ANN در مقایسه با MLR، در پیش بینی دارای دقت بالاتری بود ($R^2=0/84$ در برابر $R^2=0/56$ برای داده های آزمون و $R^2=0/83$ در مقابل $R^2=0/47$ برای داده های تست). به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان دادند که می توان با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و به کارگیری ADF و ترکیبات فنلی مقدار انرژی قابل متابولیسم دانه سورگوم را تخمین زده و تعیین نمود.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 112 pp: 11-20

PREDICTION OF METABOLIZABLE ENERGY OF SORGHUM GRAIN IN POULTRY BY USING PHENOL COMPONENTS AND ADFBy: Mohammad Reza Ebadi^{1*}, (Email: mrebad@yahoo.com)^{1*}:Assistant Professor, Animal Science Department, Esfahan Research & Education Center for Agricultural Science and Natural Resources, AREOO, Esfahan, Iran, P.O.Box: 8174835117**Received: May 2015****Accepted: October 2015**

Sorghum grain is an important ingredient in poultry diets. Nitrogen-corrected true metabolizable energy (TME_n) content of sorghum grain is a measure of its quality. As for the other feed ingredients, the biological procedure used to determine the TME_n value of sorghum grain is costly and time-consuming. Therefore, it is necessary to find an alternative method to accurately estimate the TME_n content of sorghum grain. Artificial neural networks are the powerful method which widely used in agriculture and poultry nutrition. Therefore In this study, an artificial neural network (ANN) and a multiple linear regression (MLR) models were used to predict the TME_n of sorghum grain based on its acid detergent fiber (ADF) and total phenols content. The accuracy of the models were calculated by R^2 , MS error and bias. The predictive ability of an ANN was compared with a MLR model using the same training data sets. The results of this study showed that it is possible to estimate sorghum grain TME_n with a simple analytical determination of ADF and phenolic content. The R^2 values corresponding to testing and training of the ANN model showed a higher accuracy of prediction than that established by regression method ($R^2=84\%$ vs 56% for training and $R^2=83\%$ vs 47% for testig data sets respectively). In conclusion, the ANN model may be used to accurately estimate the TME_n value of sorghum grain from its corresponding chemical composition (ADF and total phenols content).

Key words: Sorghum grain, Metabolizable energy, Acid Detergent Fiber, Phenols, Neural network model, Regression**مقدمه**

اندازه گیری ME به استفاده از حیوانات زنده نیازمند است و در نتیجه پرهزینه و زمان بر می باشد. بنابراین متخصصین تغذیه، علاقه مند به استفاده از روش های سریع، کم هزینه و دقیق برای تخمین ME مواد خوراکی می باشند. تخمین انرژی قابل متابولیسم اجزاء خوراک از طریق ترکیبات شیمیایی بر اساس مدل های رگرسیونی از گذشته مورد توجه بوده است (NRC, 1994). به طور کلی، رگرسیون خطی چندگانه (MLR) در برخی موارد نمی تواند رفتارهای بیولوژیکی را به طور صحیح مدل سازی کند که در این موارد شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) یک ابزار قوی تر از MLR می باشد. شبکه های عصبی مصنوعی با دقت و صحت بیشتری می توانند رابطه ی بین متغیرها را شبیه سازی کنند. شبکه های عصبی مصنوعی برای تخمین و کنترل سیستم های غیرخطی، و سیستم هایی با مدل های ناشناخته با موفقیت به کار گرفته شده اند. همچنین، سودمندی استفاده از ANN در تغذیه طیور در چندین مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است (Ahmadi

دانه سورگوم یکی از اجزای مهم خوراک در جیره طیور بویژه در نواحی خشک و نیمه خشک می باشد. ارزش تغذیه ای سورگوم تقریباً ۹۵ درصد ذرت است در حالی که از لحاظ قیمت از آن ارزان تر می باشد (Hulan و همکاران، 1982، Dowling و همکاران، 2002). تعدادی از مطالعات انجام شده در رابطه با استفاده از برخی نمونه های سورگوم در تغذیه طیور، اثرات منفی بر روی نرخ رشد و بازده مصرف خوراک را نشان می دهند. مقدار ترکیبات فنلی، یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر ارزش تغذیه ای دانه سورگوم می باشد و می تواند انرژی قابل متابولیسم را کاهش دهد (Nyachoti و همکاران، 1997). با توجه به تاثیر ترکیبات فنلی سورگوم، Sibbald (۱۹۷۷) انرژی قابل متابولیسم (TME) را در واریته های کم تانن و پر تانن به ترتیب ۳۹۰۰ و ۳۳۸۰ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش کرد. Moir and Connor (۱۹۷۷)، ارتباطی را بین ME و دیواره سلولی بدون همی- سلولز (ADF) دانه سورگوم نشان دادند. انجام آزمایش های

ضرایب X_{i1}, \dots, X_{ip} متغیرهای مستقل را شامل شده و ϵ_i خطای بین متغیر اصلی و پیش‌بینی شده را نمایان می‌سازد. مدل MLR با این فرض در مدل استفاده می‌شود که شرایط زیر برقرار باشد:

- متغیرهای پیش‌بینی کننده باید مستقل باشند.
 - مقدار خطای باقیمانده باید مستقل باشد. علاوه بر این دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت a^2 باشد.
- بردار مشاهدات $\{Y_i\} = 1, 2, \dots, n$ ، $\{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}\}$ در تخمین پارامتر β مورد استفاده قرار می‌گیرد و سری درجه‌بندی را تشکیل می‌دهد. از روش حداقل مربعات، معمولاً برای تخمین پارامترهای مدل استفاده می‌شود. بنابراین معادله زیر برای مقدارپیش‌بینی به دست می‌آید:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_{i1} + b_2 X_{i2} + \dots + b_p X_{ip}$$

هدف از تحلیل رگرسیون مشخص کردن پارامترهای معادله رگرسیون و مقایسه کمی میزان جفت و جور شدن مدل با مقدار متغیر مستقل Y می‌باشد (Kuzmanovski and Aleksovska, 2003).

توسعه مدل و ارزیابی

شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت طراحی و آموزش، نیازمند یک-سری داده‌های ورودی و خروجی می‌باشند تا با تجزیه و تحلیل منطقی این داده‌ها به عنوان نمونه، بتوانند روابط غیر خطی یا نامشخص بین آن‌ها را استخراج کرده و کار شبیه سازی را برای موارد احتمالی مشابه انجام دهند.

مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از پرسپترون چند لایه با ۲ ورودی (ADF و ترکیبات فنلی)، یک خروجی (TME_n) و ۶ نرون در لایه پنهان انجام شد. همچنین از تابع فعال‌سازی تانژانت هایپربولیک استفاده شد. مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار شبکه‌های عصبی استاتیستیکا ۸ انجام شد (StatSoft, 2009).

برای مدل‌سازی داده‌ها بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی، تعداد ۱۴۴ خط داده به دست آمده از طریق آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های آزمایشی به طور تصادفی به دو گروه آموزش (۷۰ درصد) و تست (۳۰ درصد) تقسیم شدند. مدل‌سازی داده‌ها

و همکاران 2008، Ahmadi and Golian، 2010، Roush و همکاران 1996 و 2006، Salle و همکاران 2003).

Roush and Cravener (1997)، شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون خطی را برای تخمین سطح آمینواسیدهای برخی اجزاء غذایی طیور براساس پروتئین خام یا آنالیز تقریبی مورد استفاده قرار دادند. احمدی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که شبکه عصبی می‌تواند TME_n پودر پر و ضایعات کشتارگاهی طیور را براساس ترکیبات شیمیایی پیش‌بینی کند. همچنین Perai و همکاران (۲۰۱۰) صحت تخمین TME_n با استفاده از ANN را برای پودر گوشت و استخوان گزارش کردند. با توجه به این که تاکنون استفاده از ANN در پیش‌بینی TME_n سورگوم بر اساس مقادیر ADF و ترکیبات فنلی گزارش نشده است هدف این مطالعه، مقایسه رگرسیون خطی و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تخمین TME_n دانه‌ی سورگوم براساس ترکیبات شیمیایی بود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها

چهل و هشت نمونه سورگوم که در ترکیبات شیمیایی با یکدیگر متفاوت بودند در سه تکرار انتخاب و ترکیبات شیمیایی آن‌ها تعیین شد. برای تعیین ADF، به طریقه Goering and Van Sose (1970) و برای تعیین ترکیبات فنلی دانه‌ها از روش اصلاح شده‌ی فولین-دنيس استفاده شد (AOAC, 2000).

اندازه‌گیری TME_n واریته‌های سورگوم بر روی خروس‌های بالغ در سه تکرار و با استفاده از روش Sibbald و همکاران (1976) انجام شد.

رگرسیون خطی چندگانه (MLR)

رگرسیون خطی چندگانه روشی است که برای ارتباط خطی بین یک متغیر وابسته و یک متغیر مستقل مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل عمومی آن به شرح زیر می‌باشد:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + \epsilon_i$$

که برای یک سری از آ‌های مشاهده شده، متغیر Y پیش‌بینی می‌شود، β_0 یک ضریب می‌باشد، که در آن $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$

جدول نشان می‌دهد که بین ADF و ترکیبات فنلی با TME_n همبستگی منفی وجود دارد.

محاسبه مدل خطی رگرسیون در ارتباط با داده‌های آزمون، به شرح زیر برآزش شد:

$$TME_n = 3736/23 - 7/76 \times ADF - 656/96 \times \text{ترکیبات فنلی}$$

بررسی مدل به دست آمده با استفاده از MLR نشان داد که هر دو فاکتور ورودی استفاده شده در این مدل با TME_n همبستگی منفی دارند. تاکنون گزارشات متعددی مبنی بر تاثیر منفی ترکیبات فنلی و ADF گزارش شده است (Douglas, Boren, and Waniska, 1992, Moir and Connor, 1990).

شکل ۱، الف و ب ارتباط بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده TME_n را در مدل رگرسیون برای داده‌های آزمون و تست نشان می‌دهد.

همچنین شکل ۲، الف و ب ارتباط بین این مقادیر برای داده‌های آزمون و تست را برای مدل ANN نشان داده است. در مقایسه کارایی این مدل‌ها هر چه نتایج پیش‌بینی بیشتر منطبق بر نتایج مشاهده شده باشد مدل از کارایی مطلوب‌تری برخوردار است.

بر اساس داده‌های آزمایش انجام شد. بررسی قابلیت تعمیم شبکه‌های عصبی آموزش دیده، آخرین مرحله در توسعه‌ی این مدل است. در این مرحله، مدل شبکه‌های عصبی آموزش دیده به وسیله‌ی مجموعه داده‌های تست (۳۰ درصد) که مستقل از داده‌های آموزش است مورد آزمون قرار گرفت. ارزیابی عملکرد مدل بر اساس دقت تخمین آن در داده‌های تست بود.

نتایج رگرسیون خطی با استفاده از ADF و ترکیبات فنلی به عنوان متغیر مستقل و TME_n به عنوان متغیر وابسته به دست آمدند. جهت تخمین TME_n با استفاده از رگرسیون خطی از همان ۷۰ درصد داده‌های استفاده شده در آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. ولی جهت مقایسه‌ی داده‌های تست دو مدل با یکدیگر، داده‌های تست استفاده شده در ANN نیز در مدل رگرسیونی مورد ارزیابی قرار گرفتند. دقت مدل‌های به دست آمده توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چندگانه با استفاده از R²، میانگین مربعات خطا (MSE) و اریب^۴ مورد ارزیابی قرار گرفت (Roush و همکاران، 2006) و نتایج MLR با ANN مقایسه شدند.

نتایج و بحث

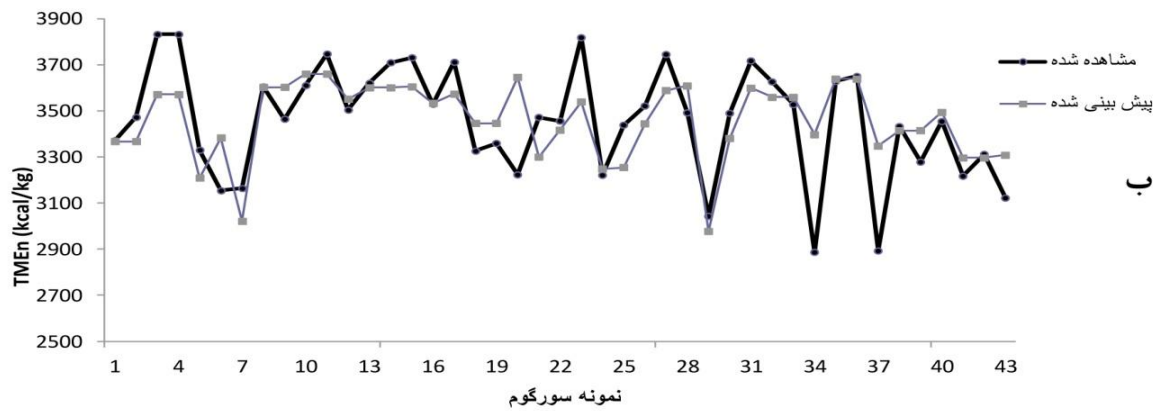
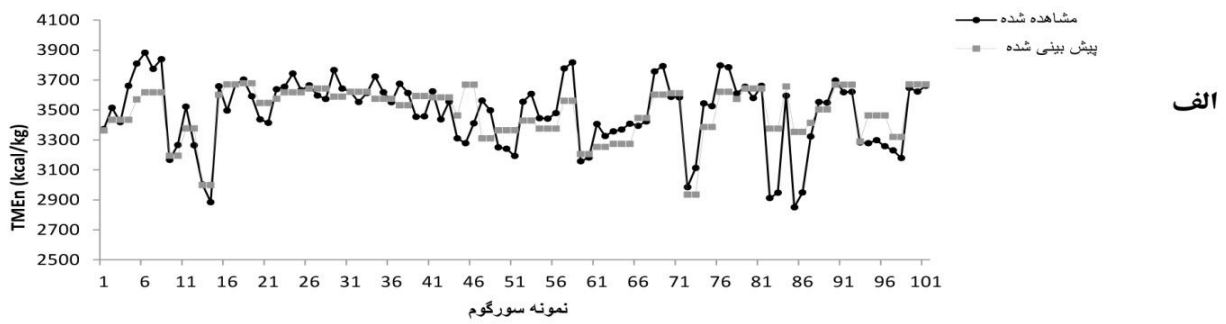
میانگین TME_n، ADF و ترکیبات فنلی ۳۶ و اریته سورگوم در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی داده‌های موجود در این

جدول ۱- میانگین ترکیبات شیمیایی و TME_n به دست آمده از ۳۶ وارسته سورگوم کشت شده در دو سال متوالی

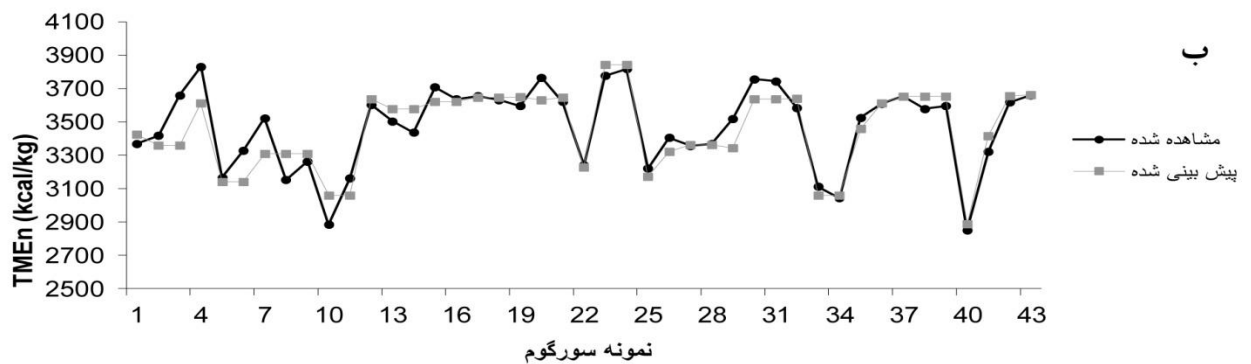
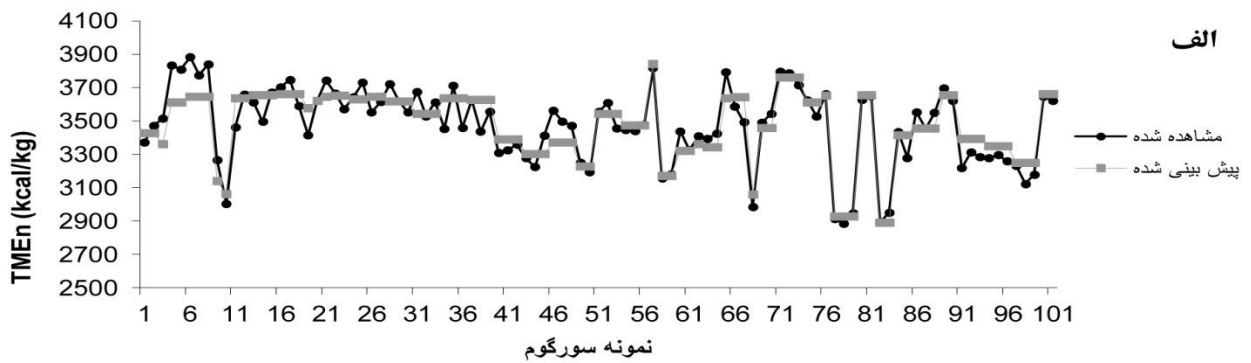
TME_n (کیلوکالری/کیلوگرم)	ترکیبات شیمیایی (% ماده خشک)		وارسته سورگوم
	ترکیبات فنلی	ADF	
۳۳۱۲	۰/۴۴۳	۸/۰۱	۱ (n=۶)
۳۵۱۵	۰/۳۹۱	۴/۵	۲ (n=۳)
۳۷۳۷	۰/۱۲۹	۱۰	۳ (n=۶)
۳۷۶۱	۰/۰۶۳	۱۶/۳	۴ (n=۶)
۳۲۰۷	۰/۶۸۱	۸/۲۶	۵ (n=۶)
۳۵۲۳	۰/۴۶۹	۵/۹۲	۶ (n=۶)
۳۰۰۳	۱/۰۴۰	۱۴/۰۵	۷ (n=۳)
۳۶۰۵	۰/۰۹۵	۸/۷۵	۸ (n=۳)
۳۶۱۱	۰/۰۲۳	۹/۵	۹ (n=۳)
۳۷۰۳	۰/۰۴۷	۹/۷	۱۰ (n=۳)
۳۸۹۹	۰/۱۸۴	۴/۱	۱۱ (n=۳)
۳۶۲۱	۰/۰۴۴	۸/۸	۱۲ (n=۳)
۳۶۳۸	۰/۰۴۶	۴/۲۵	۱۳ (n=۶)
۳۷۵۳	۰/۰۷۲	۳/۸۵	۱۴ (n=۶)
۳۸۱۵	۰/۰۵۶	۳/۴۵	۱۵ (n=۳)
۳۷۵۳	۰/۰۸۰	۵/۲	۱۶ (n=۳)
۳۲۵۸	۰/۱۴۴	۱۴/۳۷	۱۷ (n=۳)
۳۶۷۵	۰/۲۱۷	۶/۰۶	۱۸ (n=۳)
۳۳۵۴	۰/۱۹۸	۶/۲	۱۹ (n=۳)
۳۶۲۵	۰/۲۰۸	۴/۴۸	۲۰ (n=۳)
۳۲۹۰	۰/۴۱۴	۱۳/۷	۲۱ (n=۳)
۳۰۹۵	۰/۰۷۹	۶/۴۲	۲۲ (n=۳)
۳۵۶۳	۰/۶۴۹	۷/۲۳	۲۳ (n=۳)
۳۰۵۸	۰/۴۰۹	۱۳/۵	۲۴ (n=۶)
۳۵۰۹	۰/۳۷۹	۸/۰۵	۲۵ (n=۶)
۳۲۰۰	۰/۵۵۶	۵/۵	۲۶ (n=۶)
۳۷۴۷	۰/۲۳۶	۴/۹	۲۷ (n=۶)
۳۲۲۸	۰/۵۲۵	۱۷/۳	۲۸ (n=۶)
۳۳۳۹	۰/۶۶۲	۶/۸۵	۲۹ (n=۶)
۳۳۵۸	۰/۵۹۱	۳/۳۵	۳۰ (n=۳)
۳۶۰۳	۰/۳۸۲	۷/۲۷	۳۱ (n=۳)
۳۷۵۸	۰/۱۵۸	۱۰/۵۲	۳۲ (n=۳)
۳۵۸۸	۰/۰۹۴	۹/۸	۳۳ (n=۳)
۳۱۵۳	۱/۰۷۳	۱۲/۵	۳۴ (n=۳)
۳۴۹۰	۰/۵۰۲	۹/۶۵	۳۵ (n=۳)
۳۷۹۸	۰/۱۶۰	۷	۳۶ (n=۳)
۳۵۰۴	۰/۳۱۹	۸/۴۲	میانگین

۱ دوازده وارسته سورگوم که برای دو سال پی در پی کشت شده و با ۶ تکرار (۳ تکرار در هر سال) برای ترکیبات شیمیایی و TME_n مورد آزمایش قرار گرفتند.

۲ بیست و چهار وارسته سورگوم در سال اول کشت شده و با ۳ تکرار برای ترکیبات شیمیایی و TME_n مورد آزمایش قرار گرفتند.



شکل ۱- مقایسه مقادیر TME_n به دست آمده در آزمایش و تخمین زده شده با رگرسیون خطی برای داده‌های آزمون (الف) و تست (ب)



شکل ۲- مقایسه مقادیر TME_n به دست آمده در آزمایش و تخمین زده شده با ANN برای داده‌های آزمون (الف) و تست (ب)

خطا به دست آمده با ANN برای داده‌های آزمون و تست مقادیر کمتری را نسبت به MLR نشان داد. با توجه به نتایج حاصل، در روش MLR خطی برای داده‌های آزمون و تست، همبستگی مطلوبی بین TME_n و ترکیبات شیمیایی (ADF و ترکیبات فنلی) مشاهده نشد. در حالی که روش ANN ارتباط نسبتاً خوبی بین ورودی‌ها با خروجی برای داده‌های آزمون و تست، نشان داد. اهمیت استفاده از ترکیبات فنلی و ADF در تخمین میزان ME دانه سورگوم در طیور از گذشته مورد توجه بوده است به طوری که در رابطه با تاثیر اسید تانیک و ADF بر انرژی متابولیسمی در NRC (۱۹۹۴) معادلات رگرسیونی به صورت زیر وجود دارد.

$$ME = 3152 - 357/97 \times \text{اسید تانیک}$$

$$ME = 4412 - 90/43 \times \text{ADF}$$

جهت بررسی مزیت نسبی مدل‌ها از MSE، ضریب تبیین (R^2) و اریب استفاده شد، که MSE و R^2 نشان دهنده رابطه بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی می‌باشند. مدل دارای بیشترین R^2 و کمترین میزان خطا، از دقت بیشتری برخوردار است. معیار مقایسه-ای بایاس جهت برآورد اریبی داده‌های پیش‌بینی شده استفاده می‌شود. مقادیر مثبت بایاس نشان دهنده این است که مدل ارائه شده داده‌ها را بیشتر از مقادیر واقعی تخمین زده است و مقادیر منفی بایاس نشان دهنده این است که داده‌های تخمین زده شده توسط مدل نسبت به داده‌های واقعی کوچکتر می‌باشند.

در جدول ۲ صحت تخمین مدل ANN و رگرسیون نشان داده شده است. دقت R^2 در مدل ANN نسبت به مدل رگرسیون بیشتر بود ($R^2 = 84\%$ در برابر $R^2 = 56\%$ برای داده‌های آزمون و $R^2 = 83\%$ در مقابل $R^2 = 47\%$ برای داده‌های تست). میزان MS

جدول ۲- نتایج حاصل از عملکرد مدل‌ها و ساختار استفاده شده در شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تخمین مقادیر TME_n دانه‌های سورگوم بر اساس ترکیبات فنلی و ADF

مدل رگرسیون		شبکه‌های عصبی مصنوعی		آماره‌ها
مجموعه تست	مجموعه آزمون	مجموعه تست	مجموعه آزمون	
۰/۴۷۵	۰/۵۶۰	۰/۸۳۰	۰/۸۴۳	R^2
۲۹۴۶۶/۰۹۷	۲۳۶۶۳/۹۹۲	۱۰۵۶۹/۳۳۴	۸۶۸۶/۷۹۷	میانگین مربعات خطا
۰/۰۰	۰/۰۰	۱۸/۲۴	۰/۳۱۱	بایاس
پرسپترون ۳ لایه				نوع شبکه
Quasi-Newton				الگوریتم آزمون
۶				تعداد نورون پنهان
تانزانته‌ها پربولیک				نوع فعالیت در نورون پنهان

شناخته می‌شوند یکی از غلات منحصر به فرد است (Butler, 1990). همه سورگوم‌ها دارای ترکیبات فنلی می‌باشند در حالی که برخی دارای فلاونوئیدها هستند و تعدادی از واریته‌ها دارای تانن متراکم می‌باشند. برخی سورگوم‌ها فاقد تانن متراکم می‌باشند اما دارای اسید فنولیک هستند.

سورگوم‌ها به تیپ ۱ (بدون تانن)، تیپ ۲ (دارای تانن در رنگدانه پوسته خارجی) و تیپ ۳ (دارای تانن در رنگدانه پوسته خارجی و داخلی) تقسیم می‌شوند (Hagerman و همکاران، 1998).

با توجه به نتایج این آزمایش، استفاده از مدل‌های رگرسیونی نسبت به ANN برای تخمین TME_n از صحت و دقت کمتری برخوردار هستند. بنابراین استفاده از رگرسیون برای تخمین میزان TME_n دانه‌ی سورگوم از روی ترکیبات فنلی و ADF توصیه نمی‌شود.

تاثیر تانن‌ها و ترکیبات فنلی

سورگوم به دلیل داشتن پلی‌مرهای پلی‌فنل که به عنوان تانن

(Moir and Connor, 1977). نتایج حاصل از این آزمایش نیز نشان دهنده همبستگی منفی بین ADF و ترکیبات فنلی دانه سورگوم با TME_n آن می باشد. همچنین مقایسه نتایج MLR و ANN مصنوعی نشان دهنده برتری مدل شبکه عصبی مصنوعی در برآورد TME_n می باشد. چندین مطالعه برای ارزیابی توانایی مدل های MLR و ANN در مطالعات طيور انجام شده است. Bolzan, و همکاران (۲۰۰۸) مدل های رگرسیون خطی و ANN را برای تخمین قابلیت جوجه-درآوری مرغ های مادر گوشتی مورد استفاده قرار دادند. نتایج حاکی از این بودند که ANN در مقایسه با MLR دارای قدرت تخمین بیشتری است. Roush and Cravener (۱۹۹۷) شبکه های عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون خطی را براساس آنالیز تقریبی برای تخمین سطوح اسیدآمینهای برخی اجزای خوراکی طیور به کار بردند. Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸)، مدل ANN را برای تخمین TME_n محصولات جانبی طیور با استفاده از CP (پروتئین خام)، EE (چربی خام) و ash (خاکستر)، پیشنهاد کردند. آن ها نتیجه گرفتند که مدل ANN را می توان برای تخمین دقیق تر ارزش تغذیه ای محصولات جانبی به کار برد و مدل ANN نسبت به رگرسیون خطی دارای بازدهی بیشتری برای تخمین می باشد. به طور مشابه، Perai و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط بین ترکیبات شیمیایی (ash، EE و CP) و ارزش TME_n پودر گوشت و استخوان را با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه و مدل ANN مورد آزمایش قرار دادند. نتایج نشان دادند که مدل ANN نسبت به MLR می تواند TME_n پودر گوشت و استخوان طیور را با دقت و صحت بیشتری پیش بینی کند. می توان این گونه نتیجه گیری کرد که بین TME_n دانه سورگوم و ADF و ترکیبات فنلی آن همبستگی شدید و معنی داری وجود دارد. در این مطالعه مشخص شد که مدل ANN در مقایسه با MLR چندگانه دارای قدرت تخمین بیشتری برای TME_n سورگوم می باشد و شبکه های عصبی مصنوعی می توانند برای تخمین TME_n نمونه های سورگوم براساس ADF و ترکیبات فنلی با دقت بالایی به کار روند.

پاورقی ها:

- 1- Multiple Linear Regression
- 2- Artificial Neural Network
- 3-Fit
- 4- Bias

ترکیبات فنلی به سه دسته مهم تقسیم می شوند: اسیدهای فنلی، فلاونوئیدها، و تانن ها (Chung و همکاران، 1998). در وارته های سورگوم حاوی تانن، کاهش در قابلیت دسترسی پروتئین، فعالیت آنزیم های موثر بر هضم مواد و کاهش ارزش مواد مغذی جیره ها گزارش شده است (Griffiths, 1979)، Haslam, 1981, Griffiths and Moseley, 1980. تانن احتمالاً با کربوهیدرات ها نیز باند می شود و قابلیت هضم آن ها را کاهش می دهد (Mahmood and Smithard, 1993). Flores و همکاران (۱۹۹۴) و Breuer and Dohm (۱۹۷۲) گزارش کردند که نشاسته های با قابلیت هضم پایین نسبت به نشاسته های با قابلیت هضم بالا بیشتر تحت تاثیر تانن قرار می گیرند. این اتصال، مانع عمل آنزیم های موثر بر هضم کربوهیدرات ها می شود و کاهش انرژی جیره های حاوی تانن را به همراه دارد (Featherston and Rogler, 1975). بنابراین، گزارش شده که مقدار انرژی جیره های طیور که دارای سورگوم با تانن بالا هستند کمتر از مقدار انرژی جیره های دارای سورگوم با تانن پایین یا ذرت می باشند (Halley و همکاران 1986). با وجود این که گزارشاتی در رابطه با تاثیر منفی تانن بر قابلیت هضم انرژی و کاهش رشد گزارش شده است (Sibbald, 1977) ولی شواهدی وجود دارد که نشان می دهد تانن تنها عامل موثر بر قابلیت هضم نیست (Jimenez-Ramsey و همکاران 1994). در این خصوص امروزه وارته های جدیدی از سورگوم اصلاح شده اند که دارای تانن پایین می باشند ولی همچنان بر رشد تاثیر منفی دارند که یکی از دلایل آن را می توان سایر ترکیبات فنلی دانست. Douglas و همکاران، (۱۹۹۰) و Boren and Waniska (۱۹۹۲) گزارش کردند که انرژی قابل هضم با مقدار فنل موجود در سورگوم ارتباط منفی دارد. دلیل این کاهش می تواند این گونه بیان شود که پلی فنل های با وزن مولکولی پایین موجود در دانه سورگوم می توانند از ناحیه روده ای- معده ای جذب شوند و در حیوان ایجاد مسمومیت نمایند (Jimenez-Ramsey و همکاران 1994).

این یافته ها بیان می کنند که تانن تنها عامل موثر در کاهش انرژی قابل متابولیسم سورگوم نیست و ترکیبات فنلی نیز بر آن اثر منفی دارند. همچنین گزارش شده است که علاوه بر ترکیبات فنلی، ADF موجود در پوسته دانه یکی دیگر از عوامل موثر بر قابلیت هضم انرژی می باشد که منجر به کاهش TME_n سورگوم می شود

- Ahmadi, H., A. Golian, M. Mottaghtalab, and N. Nariman-Zadeh. (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.
- Ahmadi, H., and A. Golian. (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.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Bolzan, A. C., R. A. F. Machado, and J. C. Z. Piaia. (2008). Egg hatchability prediction by multiple linear regression and artificial neural networks. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 10:97–102.
- Boren, B., and R. D. Waniska. (1992). Sorghum seed color as an indicator of tannin content. *Journal of Applied Poultry Research*. 1:117-121
- Breuer, L.H., and C. K. Dohm. (1972). Comparative nutritive value of several sorghum varieties and hybrids. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 20:83-86
- Butler, L. G. (1990). The nature and amelioration of the antinutritional effects of tannins in sorghum grain. Pages 191–205 In: Proceedings of the International Conference on Sorghum Nutritional Quality, Feb 26–March 1, 1990
- Chung, K. T., T. Y. Wong, C. I. Wei, Y. W. Huang, and Y. Lin. (1998). Tannins and human health: A review. *Critical Review of Food Science*. 38:421–464.
- 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.
- Dowling, L. F., C. Arndt, and B. R. Hamaker. (2002). Economic Viability of High Digestibility Sorghum as Feed for Market Broilers. *Agronomic Journal*. 94:1050–1058.
- Featherston, W. R., and J. C. Rogler. (1975). Influence of tannins on the utilization of sorghum grain by rats and chicks. *Nutrition Reports International*. 11:491-497.
- Flores, M. P., J. I. L. Castanon, and J. M. McNab. (1994). Effect of tannins on starch digestibility and TME_n of triticale and semi purified starches from triticale and field beans. *British Poultry Science*. 35: 281-286.
- Goering, H. K., and P. J. Van Sose. (1970). Forage fiber analyses (apparatus, Reagents T Procedures and some Applications). Agriculture Handbook. NO. 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- Griffiths, D. W. (1979). The inhibition of digestive enzymes by extracts of field beans (*Vicia faba*). *Journal of Science and Food Agriculture*. 30: 458-462.
- Griffiths, D. W., and G. Moseley. (1980). The effect of diets containing field beans of high or low polyphenolic content on the activity of digestive enzymes in the intestines of rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 31: 255-259
- Hagerman, A. E., K. M. Reidl, G. A. Jones, K. N. Sovik, N. T. Ritchard, P. W. Hartzfield, and T. L. Tiechel. (1998). High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46:1887–1892.
- Halley, J. T., T. S. Nelson, L. K. Kirby, and J. O. York. (1986). Effect of tannin content of Sorghum grain in poultry rations on dry matter digestion and energy utilization. Arkansas Farm Research Agricultural Experiment Station, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas 35 (2): 8
- Haslam, E. (1981). Vegetable tannins. In: The Biochemistry of Plants, Vol. 7 (Ed Conn, E.E.), Academic Press, New York, pp. 527-544

