



## پیش‌بینی کینتیک تولید گاز در تفاله گوجه فرنگی با استفاده از برخی مدل‌های غیر خطی

سعید مرادی<sup>۱</sup> و خلیل زابلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشگاه بوعلی سینا؛ moradisaid70@gmail.com

<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه بوعلی سینا؛ zaboli@basu.ac.ir

### چکیده

این پژوهش با هدف مقایسه برخی از مدل‌های غیر خطی در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز و تخمیر شکمبه‌ای تفاله گوجه فرنگی انجام شد. ابتدا حجم گاز تولید شده توسط تفاله گوجه فرنگی در طول زمان‌های مختلف انکوباسیون به روش تکنیک تولید گاز آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. سپس، پارامترهای تخمیر شکمبه‌ای با استفاده از چهار مدل غیر خطی شامل (۱) اکسپونانشیال (EXP)، (۲) لجیتیک (LOG)، (۳) گومپرتز (GOM) و (۴) ریچاردز (RCH) پیش‌بینی گردید. سپس، پارامترهای تخمیر شکمبه‌ای با استفاده از چهار مدل غیر خطی شامل (۱) اکسپونانشیال (EXP)، (۲) لجیتیک (LOG)، (۳) گومپرتز (GOM) و (۴) ریچاردز (RCH) پیش‌بینی گردید. نکویی برازش مدل‌ها نیز با استفاده از آماره‌های میانگین مربعات خطا (MSE)، ضریب تعیین ( $R^2$ ) و آزمون شاپیرو-ویلک انجام شد. نتایج نشان داد که پتانسیل تولید گاز (A) در تفاله گوجه فرنگی در بین مدل‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت. اما سرعت تولید گاز (c) در مدل RCH به طور معنی‌داری کمتر از سایر مدل‌ها بود ( $p < 0.05$ ). همچنین، مدل‌های EXP و RCH به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار MSE بودند ( $p < 0.05$ ). اما مقدار  $R^2$  نیز در این مدل‌ها به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار بود ( $p < 0.05$ ). به طور کلی، نتایج نشان داد که مدل RCH در مقایسه با سایر مدل‌ها، در پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای تفاله گوجه فرنگی از دقت بالاتری برخوردار بود. اما مدل EXP کمترین دقت را در این خصوص داشت.

کلمات کلیدی: تفاله گوجه فرنگی، کینتیک تخمیر شکمبه‌ای، مدل‌های غیر خطی و نکویی برازش

## Prediction of gas production kinetic in tomato pulp using some nonlinear models

Saeed moradi<sup>1</sup> and Khalil zaboli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. student, Animal Science Department, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; moradisaid70@gmail.com

<sup>2</sup> Assistant professor, Animal Science Department, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; zaboli@basu.ac.ir

### ABSTRACT

This study was investigated in order to compare some nonlinear models for predicting of gas production kinetic and ruminal fermentation in tomato pulp. Firstly, the volume of gas produced in tomato pulp was measured during different incubation times by using in *in vitro* gas production technique. Then, the ruminal fermentation parameters were predicted using four nonlinear models including 1) Exponential (EXP), 2) Logistic (LOG), 3) Gompertz (GOM) and 4) Richards (RCH). The goodness of fit of models was evaluated by using mean square error (MSE), coefficient of determination ( $R^2$ ) and Shapiro-Wilk test. The results showed that asymptotic gas production (A) in tomato pulp was not significantly different between the studied models. But, the rate of gas production (c) in the RCH model was significantly lower than the other models ( $p < 0.05$ ). Also, the EXP and RCH models had the highest and lowest values for MSE, respectively ( $p < 0.05$ ). But, the  $R^2$  value was lowest and highest in these models, respectively ( $p < 0.05$ ). Generally, results showed that the RCH model, compared with the other models, had higher accuracy for predicting of ruminal fermentation kinetic in tomato pulp. But, the EXP model had the least accuracy in this regard.

**Keywords:** Goodness of fit, Nonlinear models, Ruminal fermentation kinetic and Tomato pulp.



### ۱- مقدمه

با پیشرفت صنعت کشاورزی، انواع مختلف فرآورده‌های جانبی، ضایعات و باقی مانده محصولات کشاورزی نیز تولید می‌گردد. بخش زیادی از این مواد به دلیل عدم وجود روش‌های مناسب فرآوری، بدون استفاده بوده و انباشته شدن آنها سبب آلودگی زیست محیطی نیز می‌گردد. یکی از این باقیمانده‌های محصولات کشاورزی، تفاله گوجه فرنگی تولید شده در کارخانه‌های تولید رب گوجه فرنگی می‌باشد. تخمین زده شده است که در حدود ۲۰ درصد کل گوجه فرنگی در طی فرآیند کردن، بصورت تفاله و یا پس مانده می‌باشد که دارای ارزش غذایی نسبتاً بالایی است و پتانسیل استفاده به عنوان خوراک دام را دارد (Ibrahim and Alwash, 1983). به منظور تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی، از روش‌های مختلف استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها، تکنیک تولید گاز می‌باشد که به منظور بررسی قابلیت هضم و محتوای انرژی مواد خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Menke et al., 1979). تکنیک تولید گاز اطلاعات با ارزشی در خصوص کینتیک هضم خوراک در شکمبه ارائه می‌دهد و با توجه به اینکه نیاز به تجهیزات زیادی ندارد، به همین خاطر امروزه به‌عنوان یک تکنیک آزمایشگاهی مورد پذیرش اکثر محققین قرار گرفته است (Wang et al., 2013). در روش تولید گاز مقدار معینی از ماده خوراکی در داخل سرنگ‌های شیشه‌ای به همراه مایع شکمبه بافاری شده انکوبه شده و روند تولید گاز در طول زمان انکوباسیون به صورت یک منحنی ثبت می‌شود. با توجه به اینکه منحنی تولید گاز، یک شکل لگاریتمی دارد، لذا برازش آن از طریق مدل‌های غیر خطی صورت می‌گیرد (Uckardes et al., 2013). یکی از این مدل‌های غیر خطی، مدل اکسپونانشیال (EXP) است که اولین بار به منظور تعیین خصوصیت هضم خوراک و کینتیک تخمیر شکمبه در تولید گاز مورد استفاده قرار گرفت (Menke et al., 1979). امروزه مشخص شده است که مدل EXP از دقت نسبتاً بالایی برخوردار نیست و در همین راستا، محققین انواع معادلات مختلفی را در قالب مدل‌های غیر خطی ارائه داده‌اند که هدف اصلی استفاده از این معادلات، پیش‌بینی دقیق‌تر کینتیک تخمیر شکمبه می‌باشد (Sahin et al., 2011). از آنجا که هر یک از مدل‌های پیشنهاد شده دارای کارایی و قابلیت متفاوتی در مقایسه با یکدیگر می‌باشند. لذا آنالیز داده‌های به‌دست آمده از تکنیک تولید گاز در مدل‌های مختلف، ممکن است نتایج متفاوتی ارائه دهد. بر این اساس، تعیین تفاوت موجود در بین این مدل‌ها از نظر توانایی آنها در پیش‌بینی بهتر نتایج، می‌تواند در انتخاب مدل ایده‌آل بسیار تأثیرگذار باشد (Peripolli et al., 2014). به منظور مقایسه دقت مدل‌های غیر خطی از ابزارهای مختلفی مانند میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) استفاده می‌شود. همچنین، آزمون‌هایی از قبیل شاپیرو-ویلک نیز به منظور بررسی نرمال بودن توزیع مقادیر خطا در مدل‌های غیر خطی استفاده می‌شود. گزارش شده است که اگر مقدار MSE و  $R^2$  در یک مدل به ترتیب کم و زیاد باشد، نشان دهنده این است که مدل دارای نکویی برازش و دقت خوبی است (Korkmaz et al., 2011).

همانطور که قبلاً اشاره شد، تفاله گوجه فرنگی یکی از ضایعات با ارزش کشاورزی است که در حجم زیادی در کل کشور تولید می‌شود. این محصول پتانسیل استفاده به عنوان خوراک دام را نیز دارد. آگاهی از کینتیک تخمیر شکمبه‌ای این فرآورده سبب می‌شود که شناخت بهتری از ارزش غذایی آن داشته باشیم. لذا در پژوهش حاضر سعی شد تا از تفاله گوجه فرنگی به‌عنوان یک نمونه خوراک استفاده شود و نتایج مربوط به تکنیک تولید گاز در آن، از طریق برازش آن با برخی از مدل‌های غیر خطی مورد مقایسه و بررسی قرار گیرد.

### ۲- مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش تفاله گوجه فرنگی از کارخانه صنایع غذایی سحر در شهر همدان جمع‌آوری شد. ابتدا درصد ماده خشک تفاله مرطوب با استفاده از دستگاه آون (دمای ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۴۸ ساعت) تعیین شد. سپس، تفاله گوجه فرنگی در دمای اتاق خشک و آسیاب شده و مقدار پروتئین خام، دیواره سلولزی (NDF) و دیواره سلولزی بدون همی سلولز (ADF) آن با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990; Vansoest et al., 1991). برای بررسی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای از تکنیک تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی استفاده شد (Menke and Steingass, 1988). برای این منظور، ابتدا مایع شکمبه قبل از خوراک دهی صبحگاهی از تعداد ۳ رأس گوسفند نر مهربان و مجهز به فیستولای شکمبه‌ای گرفته شد (He et al., 2016). تغذیه این دام‌ها دو بار در روز در حد نگهداری با جیره‌ای بر پایه علوفه و کنسانتره و مطابق با جداول استاندارد غذایی انجام گرفت (NRC, 2007). مایع شکمبه گرفته شده از گوسفندان سریعاً در شرایط بی‌هوازی و داخل فلاسک (دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد) به آزمایشگاه منتقل شد. مایع شکمبه گرفته شد با پارچه متقال چهار لایه صاف شده و با محلول بافر به نسبت ۱ به ۲ مخلوط و به عنوان مایع شکمبه بافاری شده برای استفاده در مراحل بعدی آزمایش در شرایط بی‌هوازی و داخل حمام بن ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس، مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از تفاله خشک شده گوجه فرنگی که قبلاً با آسیاب رومیزی با الک دو میلی‌متری آسیاب شده بود، به داخل سه عدد سرنگ شیشه‌ای ریخته شد و سپس به داخل هر کدام از سرنگ‌ها مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه بافاری شده افزوده و داخل حمام بن ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد و حجم گاز تولید شده در زمان‌های ۰.۲، ۰.۴، ۰.۶، ۰.۸، ۱.۰، ۱.۲، ۱.۶، ۲.۰، ۲.۴، ۳.۶، ۴.۸، ۷.۲، ۹.۶، ۱۲.۰، ۱۴.۴ پس از انکوباسیون یادداشت گردید. به منظور تصحیح گاز تولیدی حاصل از فعالیت میکروبی مایع شکمبه، تعداد ۲ عدد سرنگ به عنوان بلانک (حاوی مایع شکمبه بافاری شده و بدون نمونه خوراک) نیز در نظر گرفته شد. آزمایش در سه دوره ۱۴۴ ساعته جداگانه تکرار شد و نتایج به دست آمده با استفاده از رویه Nonlinear regression در نرم‌افزار SPSS 16.0 for windows به مدل‌های غیر خطی برازش داده



شدند و نتایج بصورت میلی لیتر گاز تولید شده بیان شد (جدول ۱).

جدول ۱- توصیف مدل‌های ریاضی استفاده شده در این مطالعه

**Table 1. Description of candidate nonlinear mathematical models used in this study**

نام مدل	معادله	پارامتر ساختاری	دامنه
Exponential	$y = A(1 - \exp(-c.t))$	-	$t \geq 0$
Logistic	$y = \frac{A}{1 + \exp(b - c.t)}$	b	$t \geq 0$
Gompertz	$y = A \cdot \exp^{b \cdot \exp(-c.t)}$	b	$t \geq 0$
Richards	$y = A(1 - \exp(-c.t))^{1/b}$	b	$t \geq 0$

y: volume of gas at time t, A: asymptotic gas volume, c: rate parameter, b; Shape parameters and e: exponential value (2.718218284...)  
Models were EXP: Exponential, RCH; Richards, GOM: Gompertz and LOG: Logistic.

به منظور بررسی نکویی برازش مدل‌ها از مقادیر میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) بدست آمده از هر مدل استفاده شد (Korkmaz-uckards, 2014). همچنین، توزیع نرمال بودن مقادیر خطاها (تفاوت بین مقادیر مشاهده شده با مقدار پیش بینی شده در هر مدل) با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک صورت گرفت (Uckards and Efe, 2014). مقایسه آماری پارامترهای پیش‌بینی شده توسط هر مدل (پارامتر A و C) و نیز پارامترهای نکویی برازش (MSE و  $R^2$ ) با استفاده از رویه GLM در برنامه SAS (۱۹۹۹) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد صورت گرفت.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج مربوط به درصد ماده خشک و ترکیب شیمیایی تفاله گوجه فرنگی در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق جدول فوق درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، NDF و ADF تفاله گوجه فرنگی به ترتیب ۱۴/۹۵، ۹۳/۷۴، ۲۱/۵۹، ۵۳/۰۱ و ۳۹/۰۴ درصد بود. در تحقیقی که بر روی تفاله گوجه فرنگی انجام شد، درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، NDF و ADF آن به ترتیب ۱۶/۵۰، ۹۴/۷۵، ۲۰/۱۶، ۵۵/۰۰، ۳۸/۰۰ برآورد شد که به نتایج ما نزدیک بود (Barzamani et al., 2016). همچنین، در یک تحقیق دیگر، درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، NDF و ADF تفاله گوجه فرنگی به ترتیب ۹۵/۲۷، ۹۷/۰۰، ۱۲/۸۱، ۵۰/۰۰، ۴۶/۶۷ به دست آمد (Salehi et al., 2017).

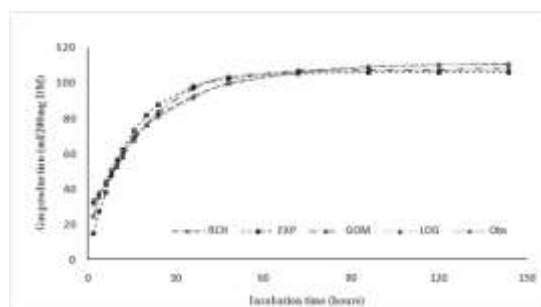
جدول ۲- میانگین درصد ماده خشک و ترکیب شیمیایی

**Table 2. Chemical composition (based on DM %) of studied tomato pomace**

DM	OM	CP	NDF	ADF
14.95	93.74	21.59	53.01	39.04

Dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF)

در شکل ۱ منحنی تولید گاز (مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده توسط هر یک از مدل‌های مورد مطالعه) در تفاله گوجه فرنگی ارائه شده است.



شکل ۱- منحنی تولید گاز تفاله گوجه فرنگی در طول ۱۴۴ ساعت انکوباسیون (Obs: مقدار مشاهده شده، EXP، RCH، GOM، و LOG):

مقادیر پیش‌بینی شده به ترتیب در مدل‌های اکسیپونانسیال، ریچارد، گومپرتز و لجستیک

**Figure 1. Gas production curve in tomato pulp during 144 hours incubation (Obs: observed value, EXP, RCH, GOM, and LOG: Estimated values for Exponential, Richards, Gompertz, and Logistic models, respectively)**



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، دقت هر یک از مدل‌ها در پیش‌بینی تولید گاز در زمان‌های مختلف انکوباسیون با هم دیگر تفاوت بسیار کمی دارند. اما منحنی به دست آمده از مدل RCH در طول زمان‌های مختلف انکوباسیون به مقادیر مشاهده شده بسیار نزدیکتر است که نشان دهنده دقت بالاتری مدل RCH در مقایسه با سایر مدل‌ها می‌باشد.

نتایج مربوط به پارامترهای کینتیک تخمیر شکمبه‌ای و پیش‌بینی شده توسط هر یک از مدل‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار پتانسیل تولید گاز (A) تفاله گوجه فرنگی در مدل‌های LOG, EXP, GOM و RCH به ترتیب ۱۰۵/۸۱۹، ۱۰۷/۷۱۸ و ۱۱۰/۷۴۶ بود و تفاوت بین مدل‌ها در این خصوص معنی‌دار نبود ( $p < 0.05$ ). همچنین، سرعت تولید گاز (c) در مدل RCH (۰/۳۶ درصد در ساعت) کمتر از سایر مدل‌ها بود ( $p < 0.05$ ). بالاترین مقدار c نیز در مدل LOG مشاهده شد که با هر سه مدل تفاوت معنی‌داری داشت ( $p < 0.05$ ). متاسفانه تحقیق مشابهی در خصوص مقایسه مدل‌ها در کینتیک تولید گاز تفاله گوجه فرنگی در دسترس ما قرار نگرفت. اما در یک تحقیقی که در خصوص کینتیک تخمیر شکمبه بخش‌های مختلف علوفه لوبیا (ضایعات کشاورزی) انجام شده بود، مشخص گردید که در مدل LOG نسبت به سایر مدل‌ها، مقدار c بالاتر بود که با نتایج بدست آمده از برازش داده‌های ما همخوانی دارد (Uckards et al., 2014). در تحقیق دیگری که بر روی داده‌های تولید گاز در خوراک‌های مختلف مانند کاه، یونجه، سیلو و محصولات جانبی و با مدل‌های LOG, GOM, میچرلینگ (MIT) و EXP انجام گرفت، مشخص شد که مدل LOG و مدل EXP نسبت به مدل‌های دیگر دقت برازش کمتری داشتند که با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر همخوانی دارد. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، برخی از مدل‌های مورد مطالعه، دارای پارامتر b می‌باشند، این پارامتر یک پارامتر ساختاری است که به منظور تصحیح مدل‌ها و دقت در برازش داده‌ها به آن اضافه شده است. از آنجاییکه این پارامتر فاقد ارزش بیولوژیکی است و مقدار عددی آن با توجه به ساختار معادله هر مدل متفاوت است، لذا مقایسه آنها از نظر علمی صحیح نمی‌باشد (Wang et al., 2011).

جدول ۳- مقایسه پارامترهای کینتیک تخمیر شکمبه برآورد شده بوسیله مدل‌های مورد مطالعه

Table 3. Comparison of the estimated ruminal fermentation parameters by the studied models

Parameters	EXP	LOG	GOM	RCH	P-value
A	105.89	95.75	107.72	110.75	0.2735
c	0.075 <sup>b</sup>	0.095 <sup>a</sup>	0.072 <sup>b</sup>	0.036 <sup>c</sup>	< 0.0001
b	-	0.974	-1.438	1.768	-

A : Asymptotic gas production (ml/200 mg DM), c : Fractional rate of gas production (h), b : Shape parameters (h).  
Models were EXP: Exponential, RCH; Richards, GOM: Gompertz and LOG: Logistic.

نتایج مربوط به پارامترهای نکویی برازش (MSE و  $R^2$ ) در جدول ۴ ارائه شده است. مطابق جدول فوق مقدار MSE در مدل EXP به طور معنی‌داری بیشتر از سایر مدل‌ها بود و کمترین مقدار MSE نیز در مدل RCH مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). این وضعیت نشان داد که مدل EXP کمترین دقت و مدل RCH بیشترین دقت را در مقایسه با سایر مدل‌ها در پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه ای تفاله گوجه فرنگی داشته است. مقدار  $R^2$  نیز در مدل RCH بالاترین و در مدل EXP کمترین مقدار بود که با نتایج مربوط به MSE همخوانی داشت. در تحقیقی که روی خوراک‌های مختلف انجام گرفت مقدار MSE در مدل EXP در مقایسه با سایر مدل‌ها بیشتر و مقدار  $R^2$  کمتر بود که نشان دهنده دقت کمتر مدل EXP در مقایسه با سایر مدل‌های مورد مطالعه بود (Wang et al. 2011). بر اساس نظر محققین مقدار  $R^2$  در مدل‌های توصیف کننده آزمون تولید گاز معیار مناسبی برای قضاوت و انتخاب بین مدل‌ها است (Uckards et al., 2013). گزارش شده است که اگر مقدار MSE و  $R^2$  در یک مدل به ترتیب زیاد و کم باشد، نشان دهنده این است که مدل دارای نکویی برازش خوبی نیست (Korkmaz et al., 2011). لذا با توجه به مقادیر MSE و  $R^2$  به دست آمده، مشخص شد که مدل EXP بخاطر بیشترین مقدار MSE و کمترین مقدار  $R^2$  ضعیف ترین عملکرد را در بین مدل‌ها داشته است.

جدول ۴ - مقایسه پارامترهای نکویی برازش در مدل‌های مورد مطالعه

Table 4. Comparison of the goodness parameters estimated for the studied models

Parameters	EXP	LOG	GOM	RCH	P-value
MSE	32.066 <sup>a</sup>	20.49 <sup>b</sup>	12.430 <sup>c</sup>	2.493 <sup>d</sup>	< 0.0001
$R^2$	0.962 <sup>c</sup>	0.978 <sup>b</sup>	0.986 <sup>b</sup>	0.997 <sup>a</sup>	< 0.0001

MSE: mean squares errors, R2: coefficient of determination.

Models were EXP: Exponential, RCH; Richards, GOM: Gompertz and LOG: Logistic.

نتایج مربوط به آزمون شاپیرو-ویلک در جدول ۵ ارائه شده است. از آزمون شاپیرو-ویلک به منظور بررسی توزیع نرمال مقادیر باقیمانده (تفاوت بین مقادیر مشاهده شده با مقادیر پیش‌بینی شده) استفاده می‌شود. همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌گردد، مقدار آماره شاپیرو-ویلک (W) در دامنه ۰/۹۰۲ تا ۰/۹۴۵ بود که بر اساس جدول استاندارد شاپیرو-ویلک ( $n=15$ ) در همه مدل‌ها، مقدار p-value بزرگتر از ۰/۰۵ بود و لذا فرض صفر (نرمال بودن توزیع مقادیر باقیمانده) پذیرفته شد و این نشان داد که مدل‌های مورد مطالعه عملکرد خوبی در فیت کردن داده‌ها (نکویی برازش) داشته‌اند. مطابق نظر محققین، مدل‌هایی که دارای توزیع نرمال در مقادیر باقیمانده خود هستند، پراکنش سیستماتیک در مقادیر باقیمانده



# یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



در آنها وجود ندارد و این مدل‌ها عملکرد خوبی در فیت کردن داده‌ها (نکویی برازش) دارند (Uckardes and Efe, 2014).

جدول ۵- نتایج آزمون شاپیرو-ویلک

Table 5. Shapiro-Wilk test results

Shapiro-Wilk test results <sup>2</sup>	EXP	LOG	GOM	RCH
W	0.945	0.902	0.903	0.918
p-value	0.728	0.200	0.300	0.574
H <sub>0</sub> Result <sup>#</sup>	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted

Models were EXP: Exponential, RCH: Richards, GOM: Gompertz and LOG: Logistic.

W: Shapiro-Wilk statistic value

<sup>#</sup>H<sub>0</sub>: Data are normally distributed.

<sup>2</sup>When sample size is 15 (n=15), in the Shapiro-Wilk Table, the W value for P-value =0.01, 0.05, 0.1, 0.5 and 0.9 are 0.835, 0.881, 0.901, 0.905 and 0.975, respectively.

## ۴- نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که مدل RCH در مقایسه با سایر مدل‌ها، در پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای تفاله گوجه فرنگی از دقت بالاتری برخوردار بود. اما مدل EXP کمترین دقت را در این خصوص داشت.

## ۵- مراجع

- AOAC 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Barzamini, H., Mostafaloo, Y., Bayat Kouhsar, J., & Ghanbari, F. (2016). Investigation of chemical composition, fermentation characteristics and gas production of tomato pomace ensiled with sugar beet pulp and dried citrus pulp. *Livestock Research*, 5(2): 1-15. (In Persian)
- Dhanao, M.S., Lopez, S., Dijkstra, J., Davies, D. R., Sanderson, R., Williams, A. B., Zileshi, Z., & France, J. (2000). Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: Comparison of models. *British J. of Nutrition*, 83:131-142
- He Z. X., Zhao Y. L., McAllister T. A., & Yang W. Z. (2016). Effect of in vitro techniques and exogenous feed enzymes on feed digestion. *Animal Feed Science and Technology*, 213: 148-152
- Ibrahim, H. M., & Alwash, A. H. (1983). The effect of different ratios of tomato pomace and alfalfa hay in the ration on the digestibility and performances of awassi lambs. *World Rev. Anim. Prod.* 19:31.
- Korkmaz M., Uckades F., & Kaygisiz A. (2011). Comparison of wood, gaines, parabolic, hayashi, dhanno and polynomial models for lactation season curve of Simmental cows. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 3: 448-458.
- Korkmaz, M., & Uckades, F. (2014). An alternative robust model for in situ degradation studies "Korkmaz-Uckardes". *Iranian J. of Applied Anim Sci.* 4(1): 45-51
- Menke, K.H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 7-55.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. of Agri Sci. (Cambridge)*, 93: 217-222
- NRC. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Peripolli, V., Prates, E.R., Barcellos, J.O.J., McManus, C.M., Wilbert, C.A., Braccini Neto, J., Camargo, C.M., & Lopes, R.B. 2014. Models for gas production adjustment in ruminant diets containing crude glycerol. *Livestock Research for Rural Development* 26 (2), from <http://www.lrrd.org/lrrd26/2/peri26028.htm>
- Sahin, M., Uckardes, F., Canbolat, O., Kamalak, A., & Atalay, A.I. 2011. Estimation of partial gas production times of some feedstuffs used in ruminant nutrition. *J. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi.* 17: 731-734
- Salehi, A., Alipour, D., Mirzaei S. & Zaboli, K. (2017). Determination of chemical composition, gas production and in vitro fermentation parameters of tomato pulp and pistachio hull treated by *Pleurotus sajor cajo*. *Animal Production Research*, 5 (4): 79-91. (In Persian).
- SAS. 1999. The SAS System for Windows. Release 8.0.1. SAS Institute Inc, Cary, USA
- Ucardes F., & Efe E. (2014). Investigation on the usability of some mathematical models in in vitro gas production techniques. *Slovak J. Anim. Sci.*, 47 (3): 172-179.
- Uckardes, F., Korkmaz, M., & Ocal, P. (2013). Comparison of models and estimation of missing parameters of some mathematical models related to in situ dry matter degradation. *J. of Anim and Plant Sci.* 23: 999-1007
- VA. Van Soest, P. J., Robertson J. B., & Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Wang M., Sun X. Z., tang S. X., Tan Z. L., & Pacheco D. (2013). Deriving fractional rate of degradation of logistic-



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



Buali Sina University

exponential (LE) model to evaluate early in vitro fermentation. *Animal*, 7(6): 920-929.  
Wang M., Tang S. X., & Tan Z. L. (2011). Modeling in vitro gas production kinetics: Derivation of LogisticExponential (LE) equations and comparison of models. *Animal Feed Science and Technology*, 165: 137-150.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران