

Evaluation of digestive models of lactating cow diets containing citrus dry pulp using gas production method

Behrouz Ebrahimi¹, Akbar Taghizadeh^{2*}, Yousef Mehmannaavaz¹, Ahad Goolghasemgharehbagh³

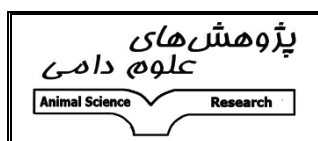
Received: June 08, 2020 Accepted: August 31, 2020

¹ Department of Animal Science, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Payam e Noor University, Tehran, Iran

*Corresponding author: Akbar Email: ataghius@yahoo.com

 پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Research	Journal of Animal Science Research / vol.35 No.3/ 2025/pp 1-16 https://animalscience.tabrizu.ac.ir	 OPEN ACCESS
© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) DOI: 10.22034/AS.2022.40245.1570		

Introduction: Iran is one of the sixth-largest citrus producing countries in the world, producing a large number of citrus varieties annually. The remaining citrus pulp comes from juices or composting plants that are widely produced in Mediterranean countries. Thousands of residual citrus processing plants are left untreated annually, while being one of the valuable resources in animal nutrition. Citrus pulp contains the skin and inner pieces of fruit collected from the citrus family (such as oranges, lemons, and grapefruits). Citrus wastes contain high energy for ruminants, so that the metabolizable energy of the dry pomace and its wet pomace is equal to 10.30 and 2.4 Mcal / kg, and can be used as a high-energy feed in ruminant nutrition (Nazim, 2001). Due to the high fermentation capacity of fiber feedstuffs, many citrus pulp wastes are suitable for use in ruminant rations (Grasser et al., 1995). Therefore, citrus pulp has long been considered as an energy-rich feed to meet the growth and lactation needs of ruminant animals (Solomon et al., 2000). According to the results reported by (Lashkari and Taghizadeh, 2015) it is possible to replace some of the cereal sources used in the livestock feed with citrus pulp, which significantly reduces the cost of regulated diets. Citrus pulp also has an antioxidant role that enhances the animal's immunity and enriches milk with phenolic compounds as anticancer compounds in lactating cows. In mixed diets, replacing starch feeds with light digestive cell wall feeds such as citrus pulp prevents the negative effects on forage digestibility produced by starch feeds. (Barius Urdanta et al 2003) The pectin consumed in citrus pulp has the ability to form gels and increase digestive capacity (Veragen et al. 2001). Non-fiber carbohydrates are made up of varying amounts of starch, simple sugars, beta-glucans, galactans and pectins. In vitro, gas production increases with the addition of non-fiber carbohydrates, and agrees with the notion that gas production increases with increasing fermentable precursor content (Blummell and Ørskov, 1993). The use of dried citrus pulp beet as a source of non-forage fiber in a lactating dairy cow in a diet is effective in improvement of performance and increasing of milk fat. The energy content of diet increased when dried citrus pulp used in ruminant nutrition. Dried citrus pulp dough is suitable for feeding Holstein cows and improves livestock performance, especially Holstein infants. As well as antioxidant compounds of citrus pulp, it strengthens the phenolic compounds of milk. Our results some positive effects of citrus pulp on diet degradability and in vitro fermentation parameters and indicate that maize in dairy sheep diets can be totally replaced by dried citrus pulp without negatively affecting ruminal fermentation. The use of citrus pulp would reduce the amount of human-edible ingredients used in the diet of dairy sheep. Its accumulation can cause environmental problems, and it causes high disposal costs for citrus processing factories (Jairo García et al. 2020).

Purpose: This experiment was conducted to determine the nutritional value of the ration of lactating cows containing citrus pulp and determine the fermentation parameters and degradation of dry matter and crude protein in citrus pulp. The amount and rate of gas production were determined by Manek and Steingass.

Method (1988). According to Sunvold et al. (1995), about 450 g / kg of the cell wall contains citrus pulp pectin, which is fermented in the rumen at high rates. Dried Citrus pulp has high pectin, which is used in rumen microflora and improves fiber digestion (Barius-Urdanta et al. 2003). By using pectin-rich foods such as citrus pulp, they reduce the cost of feed, prevent gastrointestinal disorders in ruminants and help improve digestibility of cellulose compounds (Brodrick et al. 2002). To overcome the difficulties of using cereal grains in ruminants, it is best to use different energy sources such as dried citrus pulp and sugar beet or their mixture (Kalle and Adsule. 1995). According to Bumpidis and Robinson (2006) citrus pulp content contains 24.10 grams of soluble sugars per kg of dry matter. Estimated dietary variables of lactating cows including metabolizable energy (ME), lactation energy net (NEL), digestible organic matter (DOM), short chain fatty acids (SCFA) are possible using gas production method.

Materials and methods: Evaluation of the diet of lactating cows was performed using gas production method. The experimental treatments included dietary control of the diet without the use of dry citrus fruits, diets with 50%, 75% and 100% replacement of dietary maize with mixed dry bark. For this purpose, gas production was recorded at 2, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 28, 48 and 72 hours. Three different digestive models were used to evaluate the dry matter and protein content of citrus pulp. Ørskov model were used without regard to the delay phase (1979), the model of France et al. (1993) and the model of France et al. (1999). To select the best evaluation model, the minimum variance and maximum explanatory factor were used.

Results and discussion: The results showed that there is no significant difference between treatments at different incubation times. By considering of MSE and R^2 in fitted models, the best digestible models for the gas production of diet containing of citrus pulps were selected. For control diet, diet containing of citrus Pulp (50 and 75%), and diet containing of 100% citrus pulps models of Ørskov without delayed phase, France model and Ørskov without delayed phase were fitted, respectively. The production of soluble and insoluble part gas (a + b) in citrus pulp 0, 50, 75 and 100% is 225.79, 235.55, 245.83, 239.35 ml / g DM, respectively. The rate of gas production (c) in the mentioned treatments were 0.079, 0.049, 0.054 and 0.063 ml / h, respectively.

Conclusions: According to the results of gas production experiments, citrus pulp is a suitable source of energy for ruminants. The results also showed that citrus pulp could be used as a non-forage fiber with greater biodegradability and gas production in ruminant rations. According to the fitness of the model and considering of the biological behavior of obtained data Ørskov model without lag phase (1979) $y = A (1 - e^{-ct})$, was selected as the best model to indicate of ruminal digestion kinetics.

Keywords: Digestibility models, digestible citrus pulp, production gas

بررسی الگوهای مدل‌های هضمی جیره‌های گاو شیرده حاوی تفالۀ خشک مرکبات با استفاده از روش تولید گاز

بهروز ابراهیمی^۱، اکبر تقی زاده^{۲*}، یوسف مهمان نواز^۱، احد گل قاسم قره باغ^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱۰

۱ به‌ترتیب دانشجوی دکتری تغذیه دام و دانشیار، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران

۲ استاد گروه علوم دامی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳ استادیار گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور تهران-ایران

* مسئول مکاتبه: ataghius@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: کاربرد تفالۀ خشک مرکبات به عنوان منبع فیبر غیرعلوفه‌ای در جیره گاوهای شیرده در حفظ اکوسیستم پایدار شکمبه و حفظ چربی شیر مؤثر و تأمین انرژی مورد نیاز دام مؤثر هست و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی تفالۀ مرکبات سبب بهبود کیفیت شیر و غنی‌سازی آن می‌گردد. **هدف:** این آزمایش به منظور بررسی تعیین ارزش غذایی جیره گاوهای شیرده حاوی تفالۀ خشک مرکبات و تعیین فراسنجه‌های تخمیری و تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام در تفالۀ خشک مرکبات با روش تولید گاز بود. **روش کار:** ارزیابی جیره گاوهای شیرده حاوی تفالۀ خشک مرکبات با استفاده از روش تولید گاز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: جیره غذایی شاهد بدون استفاده از تفالۀ خشک مرکبات، جیره غذایی با جایگزینی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دانه ذرت جیره با تفالۀ خشک مرکبات بود. برای این منظور تولید گاز در ساعات ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۲۸، ۴۸ و ۷۲ ثبت گردید. برای ارزیابی داده‌های تولید گاز ماده خشک و پروتئین خام تفالۀ خشک مرکبات، از ۳ مدل هضمی ارسکوف بدون لحاظ نمودن فاز تأخیری (۱۹۷۹)، مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۳) و مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۹) استفاده گردید. برای انتخاب بهترین مدل ارزیابی، از پارامترهای حداقل واریانس (MSE) و حداکثر ضریب تبیین (R^2) استفاده شد. **نتایج:** برای تمام جیره‌های آزمایشی حاوی تفالۀ مرکبات مدل ۱ (ارسکوف بدون فاز تأخیری) به‌عنوان بهترین مدل برازش گردید. تولید گاز بخش محلول و غیرمحلول در جیره‌های آزمایشی حاوی صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تفالۀ خشک مرکبات به ترتیب ۲۲۵/۷۹، ۲۳۵/۵۵، ۲۴۵/۸۳، ۲۳۹/۳۵ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک بود. نرخ تولید گاز (C) در تیمارهای فوق به ترتیب ۰/۰۷۹، ۰/۰۴۹، ۰/۰۵۴ و ۰/۰۶۳ میلی‌لیتر در ساعت بود.

نتیجه‌گیری نهایی: با توجه به نتایج حاصل از آزمایش تولید گاز، تفالۀ خشک مرکبات یک منبع مناسب انرژی برای نشخوارکنندگان هست. همچنین این نتایج نشان داد که تفالۀ مرکبات را می‌توان به‌عنوان یک فیبر غیرعلوفه‌ای با قابلیت تجزیه‌پذیری و تولید گاز بیشتر در جیره‌های نشخوارکنندگان به کار برد. مدل ۱ (ارسکوف بدون فاز تأخیری (۱۹۷۹) با فرمول $y = A(1 - e^{-ct})$ به عنوان بهترین مدل برازش گردید.

واژه‌های کلیدی: تفالۀ مرکبات، گاز تولیدی، مدل‌های هضمی تجزیه‌پذیری

مقدمه

نشخوارکنندگان در تبدیل مواد آلی غیرقابل استفاده به مواد غذایی مورد استفاده برای انسان، حائز اهمیت می‌باشند. کمبود خوراک دام در کشور ایجاب می‌نماید تا از برخی فرآورده‌ها و پس‌مانده‌هایی که قابلیت مصرف در تغذیه نشخوارکنندگان را دارا می‌باشند، استفاده شود (بامپیدیس و رابینسون ۲۰۰۶). طبق برآوردهای انجام شده، کل تولید مرکبات جهان در طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸ به طور میانگین ۷۲ میلیون تن در سال بوده است و در ایران در حال حاضر، سالانه بین ۳ تا ۵ میلیون تن میوه و سبزی‌ها در میدان‌های میوه و تره‌بار انباشته و دور ریخته می‌شود (تیمورنژاد و همکاران ۲۰۰۷).

تفاله مرکبات یکی از فرآورده‌های فرعی است که در مناطق شمالی و برخی از مناطق دیگر ایران به میزان قابل‌توجهی تولید می‌گردد و تأثیرات منفی و مخرب پراکنده شدن آن‌ها بر محیط‌زیست، هم وجود دارد و از طرفی می‌تواند به عنوان منبع ارزان قیمت تغذیه‌ای دام مورد استفاده قرار گیرد. تفاله خشک مرکبات به عنوان یک فرآورده فرعی بخش کشاورزی در گروه کنسانتره‌های انرژی‌زا حاوی پروتئین‌خام پایین و انرژی قابل متابولیسم متوسط طبقه‌بندی می‌شود (بامپیدیس و رابینسون ۲۰۰۶). تفاله خشک مرکبات دارای پکتین بالایی است که مورد استفاده میکروفلور شکمبه قرار گرفته و موجب بهبود در هضم الیاف می‌شود (باریوس-اردانتا و همکاران ۲۰۰۳). لذا به منظور فائق آمدن بر مشکلات استفاده از دانه‌های غلات در نشخوارکنندگان، بهتر است که از منابع مختلف انرژی‌زا مانند تفاله مرکبات خشک شده و تفاله چغندرقد و یا مخلوط آن‌ها استفاده نمود (کاله و آدسول ۱۹۹۵). با استفاده از خوراک‌های غنی از پکتین نظیر تفاله مرکبات، ضمن کاهش هزینه خوراک، از بروز اختلالات گوارشی در نشخوارکنندگان جلوگیری به عمل آمده و به بهبود قابلیت هضم ترکیبات سلولزی نیز کمک می‌کند (برودریک و همکاران ۲۰۰۲). مقادیر تولید گاز حاصل از تفاله‌های مرکبات در تمامی ساعات انکوباسیون که بیشترین میزان تولید گاز به تفاله

لیموترش بود و کمترین تولید گاز در تفاله‌های پرتقال و ترنج مشاهده شد (تقی‌زاده و لشکری ۲۰۱۵). بر اساس گزارش بامپیدیس و رابینسون (۲۰۰۶) تفاله مرکبات، حاوی ۲۴/۱۰ گرم قندهای محلول در کیلوگرم ماده خشک هست. همچنین بر اساس گزارش‌های سان‌ولد و همکاران (۱۹۹۵) حدود ۴۵۰ گرم در کیلوگرم دیواره-سلولی تفاله مرکبات از پکتین تشکیل شده است که در شکمبه با نرخ بالا و به میزان زیادی تخمیر می‌شود که می‌تواند به دلیل مقادیر قابل‌توجهی تولید گاز در ساعات اولیه انکوباسیون باشد. با توجه به مقادیر ماده خشک و همچنین میزان بالای بخش محلول (a) پروتئین‌خام حاصل از آزمایش کیسه‌های نایلونی و هم‌زمانی دسترسی این مواد مغذی برای رشد میکروارگانیسم‌ها می‌تواند دلیل میزان بالای تولید گاز تفاله‌های مرکبات در ساعات اولیه تولید گاز باشد (هنینگ و همکاران ۱۹۹۳). متغیرهای تخمینی جیره‌های غذایی گاوهای شیرده شامل انرژی قابل‌متابولیسم^۱ (ME)، انرژی ویژه شیردهی^۲ (NEL)، ماده آلی قابل‌هضم^۳ (DOM)، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر^۴ (SCFA) با استفاده از روش تولید گاز امکان‌پذیر است لذا با توجه به اهمیت این فرآورده فرعی در تغذیه دام و همچنین عدم توجه کافی به این محصول در تهیه جیره‌های غذایی نشخوارکنندگان و لزوم کاهش استفاده از مواد خوراکی مانند دانه ذرت و سایر دانه‌های غلات، استفاده از تفاله خشک مرکبات در جیره غذایی گاوهای هلشتاین مناسب به نظر می‌رسد.

جمع‌آوری تفاله مرکبات می‌تواند باعث کاهش مشکلات زیست محیطی، و باعث کاهش دفع هزینه‌های بالا برای کارخانه‌های فرآوری مرکبات شود. بنابراین، استفاده-های جایگزین برای کل مرکبات ضروری است، استفاده از تفاله مرکبات در تغذیه نشخوارکنندگان یکی از مقرون به صرفه‌ترین‌هاست. نتایج نشان می‌دهد که ذرت در رژیم‌های گوسفندان شیری، کاملاً می‌تواند با تفاله مرکبات خشک جایگزین شود بدون اینکه روی تخمیر شکمبه تأثیر منفی بگذارد و استفاده از تفاله خشک مرکبات باعث کاهش مقدار مواد غذایی خوراکی انسان که

3 Digestible Organic Matter

4 Short Chain Fatty Acids

1 Metabolizable Energy

2 Net Energy for Lactation

شیرده متوسط تولید ($30/95 \pm 1 \text{ kg}$) شاهد بدون استفاده از تفاله خشک مرکبات، جیره غذایی با جایگزینی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دانه ذرت با تفاله خشک مرکبات بود. ترکیبات شیمیایی تیمارهای غذایی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی:

جدول ۲ مقایسه میانگین تولید گاز جیره‌های آزمایشی را در ساعات مورد اندازه‌گیری که با رویه GLM برنامه آماری SAS و ویرایش ۹/۱ (۲۰۰۴) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است نشان می‌دهد (اقبال سعید و همکاران ۲۰۰۷). و در ادامه، مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی انجام شده است.

به منظور اندازه‌گیری تولید گاز از روش فدوراک و هرودی (۱۹۸۳) استفاده شد. در روش فوق میزان جابجایی مایع در داخل لوله‌های آزمایشی مدرج که در ارتباط با شیشه‌های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراک می‌باشند، معرف میزان تولید گاز است در این روش ابتدا مواد خوراکی توسط آسیاب با قطر منافذ الک ۲ میلی‌متری به صورت یکنواخت آسیاب شدند. مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم از هر یک از تفاله‌های خشک مرکبات آسیاب شده با دقت توزین و به داخل شیشه‌های سرم استریل ۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. برای هر نمونه ماده غذایی ۳ تکرار در نظر گرفته شد. مایع شکمبه مورد نیاز در آزمایش تولید گاز، ۲ ساعت بعد از وعده خوراک صبحگاهی از ۸ رأس گاو شیرده استفاده شد. دام‌های آزمایشی مورد استفاده برای دریافت مایع شکمبه شامل ۸ رأس گاو شیرده بود. جیره‌های آزمایشی با نسبت ۳۳ درصد علوفه و ۶۷ درصد کنسانتره و بر اساس توصیه‌های جداول احتیاجات غذایی (NRC ۲۰۰۱) تنظیم شدند. جیره‌های تعیین شده برای حیوانات به صورت منظم (روزی ۲ نوبت) به صورت کاملاً مخلوط (TMR) در اختیار آن‌ها قرار می‌گرفت تا سبب رشد و تراکم مناسب جمعیت میکروبی در طول زمان تخمیر نمونه‌ها در شکمبه شود. مایع شکمبه توسط پارچه توری چهار لایه صاف و در داخل فلاسک حاوی گاز دی‌اکسیدکربن قرار داده شد و سریعاً به آزمایشگاه

مورد استفاده در رژیم غذایی گوسفند‌های شیری می‌شود باشد (جیرو و همکاران ۲۰۲۰). از سوی دیگر بر حسب اطلاعات حاصله از آزمایش تولید گاز و نتایج ناپدید شدن ماده خشک و پروتئین خام، مواد خوراکی مدل هضمی مربوطه مشخص شده و پارامترهای نرخ و وسعت هضم تعیین می‌شود (فتحی و همکاران ۲۰۰۶). در روش استفاده از تولید گاز و ناپدید شدن با استفاده از روش آزمایشگاهی برای تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین و ماده خشک مواد خوراکی، میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای پروتئین و ماده خشک خوراک در زمان‌های مختلف با مدل‌های ارسکوف بدون لحاظ نمودن فاز تأخیری (۱۹۷۹)، مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۳) و مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۹) برازش داده می‌شوند تا نرخ تجزیه‌پذیری و سایر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده مغذی تخمین زده شود. تحقیقات انجام شده نتایج متفاوتی را برای مدل‌های هضمی مذکور در ارزیابی کینتیک هضمی گزارش نمودند. بر اساس اطلاعات حاصل از مدل‌های ریاضی مختلف با تلفیق فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در شکمبه و نرخ خروج مواد مغذی از شکمبه، تجزیه‌پذیری مؤثر ماده مغذی قابل تخمین است. هدف از این پژوهش، بررسی روند تولید گاز جیره‌های آزمایشی حاوی تفاله خشک مرکبات با استفاده از مدل‌های هضمی مختلف و برازش کینتیک هضمی بر اساس مدل‌های هضمی بود.

مواد و روش‌ها

انتخاب نمونه‌ها

مواد خوراکی مورد استفاده در این آزمایش شامل تفاله خشک مرکبات بود. جهت نمونه‌برداری، از تفاله خریداری شده از کارخانه کنسانتره واقع در رامسر تهیه و با جیره‌ها به نسبت ۰ و ۵۰ و ۷۵ و ۱۰۰ درصد با دانه ذرت جایگزین گردید. ترکیبات شیمیایی تفاله خشک مرکبات با استفاده از روش‌های AOAC (۲۰۰۵) اندازه‌گیری گردید.

تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی مورد استفاده جهت اندازه‌گیری میزان تولید گاز شامل جیره غذایی مورد استفاده گاوهای

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های مربوط به حجم گاز تولیدی از جیره‌های حاوی سطوح مختلف تفاله خشک مرکبات بعد از آماده‌سازی و ویرایش در نرم‌افزار Excel (۲۰۱۰)، با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ (۲۰۰۴) بر اساس طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن انجام گرفت. مدل آماری و اجزای مدل مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

در این مدل؛

y_{ij} : مشاهدات مربوط به حجم گاز تولیدی جیره‌های

آزمایشی

μ : میانگین کل

T_i : اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف تفاله

خشک مرکبات

ε_{ij} : اثر خطای تصادفی با میانگین صفر و واریانس ۵۲

برآزش مدل‌های مختلف هضمی برای داده‌های تولید

گاز

آزمون‌های آماری مختلفی برای درجه‌بندی و ارزیابی مدل‌ها وجود دارد. میانگین مربعات خطای پیش‌بینی، ریشه میانگین مربعات پیش‌بینی، تجزیه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی به اجزاء آن (خطا به لحاظ تمایل مرکزی، خطا به لحاظ تابعیت و خطا به لحاظ پراکندگی)، ضریب تبیین، شاخص بایزین، تقابل مقادیر باقی‌مانده در مقابل مقادیر پیش‌بینی‌شده و آزمون فقدان شایستگی برآزش به عنوان رایج‌ترین ملاک‌های آماری برای مقایسه مدل‌ها به کار برده می‌شود که البته مورد اخیر برای مقایسه مدل‌های خطی طراحی شده است.

در آزمایش حاضر جهت تعیین فراسنجه‌های تولید گاز از مدل‌های هضمی ارسکوف بدون لحاظ نمودن فاز تأخیری (۱۹۷۹)، مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۳) و مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۹) با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۱ (۲۰۰۴) برآزش داده شدند: مدل‌های ریاضی متداول برای توصیف الگوی تجزیه‌ناپذیری مؤثر مواد مغذی در شکمبه

منتقل شد. مایع شکمبه به بافر تهیه شده به روش مک-دوگال به نسبت ۱ به ۲ (یک قسمت مایع شکمبه و دو قسمت بافر) مخلوط شد. در مرحله انتقال بافر و مایع شکمبه از ارلن به شیشه‌های سرم، جریان مداوم گاز دی‌اکسیدکربن به ارلن که بر روی هیتر ۳۹ درجه سلسیوس قرار داشت، تزریق می‌گردید. در هر شیشه حاوی تیمار آزمایش، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط مایع شکمبه و بافر افزوده شد و بعد از بی‌هوازی نمودن داخل شیشه با تزریق گاز دی‌اکسیدکربن، درب شیشه‌ها توسط درپوش لاستیکی و پرس فلزی، به‌طور محکم بسته شد. به منظور تصحیح گاز تولیدی با منشأ مایع شکمبه، تعداد ۳ عدد شیشه بدون ماده غذایی و فقط دارای مایع شکمبه (به همراه بافر و گاز CO₂) در نظر گرفته شدند. شیشه‌ها به داخل دستگاه انکوباتور شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۳۹ درجه سلسیوس منتقل شده و عمل قرائت و ثبت میزان گاز تولیدی ناشی از تخمیر مواد غذایی در ساعات ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۲۸، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از عمل انکوباسیون انجام گرفت.

حجم گاز تولیدی بر اساس وزن نمونه خوراک در هر زمان با استفاده از رابطه زیر تصحیح می‌شود:

$$V = (V_t - V_b) \times 1000 / W$$

که در این رابطه:

V : حجم گاز تولید شده برحسب میلی‌لیتر به ازای هر گرم ماده خشک.

V_t : حجم گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی نمونه خوراک برحسب میلی‌لیتر.

V_b : حجم گاز تولیدی در شیشه‌های فاقد نمونه خوراک برحسب میلی‌لیتر.

W : وزن نمونه خشک خوراک برحسب میلی‌گرم ماده خشک.

جهت تعیین مؤلفه‌های تولید گاز از معادله مک‌دونالد (۱۹۸۱) استفاده شده است: که در فرمول

$$P = A(1 - e^{-ct})$$

P : تولید گاز در زمان t ; A : تولید گاز بخش محلول و غیرمحلول، c : نرخ تولید گاز،

T : زمان تخمیر.

مدل ارسکوف بدون

$$y = A (1 - e^{-ct})$$

لحاظ نمودن فاز تأخیری (۱۹۷۹)

$$P = \frac{K - K \exp(-ct)}{K - 1}$$

مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۹)

$$G = A (1 - e^{-c(t-L)-d(\sqrt{t-L})})$$

مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۳)

اجزای مدل‌های فوق شامل:

A: تولید گاز بخش محلول و غیرمحلول

C: نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)

t: زمان انکوباسیون (ساعت)

L: فاز تأخیر (نسبت در ساعت)

d: پتانسیل تجزیه‌پذیری

K: ثابت نرخ خروج (نسبت در ساعت)

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

ترکیبات شیمیایی تفاله خشک مرکبات و جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده است. تفاله خشک مرکبات مورد آزمایش حاضر دارای ماده خشک و پروتئین خام و دیواره سلولی و دارای فیبر غیرالیافی و کل فنل و تانن قابل استخراج به ترتیب ۸۸/۶، ۷/۴، ۲۱/۱۰، ۶۴/۴۲ درصد و ۴/۲۴ میکروگرم کل فنل و ۶ میکروگرم تانن قابل استخراج بود. ریحانی (۱۹۹۳) گزارش کرد تفاله خشک شده مرکبات دارای محتوای فیبر بالا (حدود ۲۰ درصد دیواره سلولی در ماده خشک) و حاوی مقادیر زیادی (۱۰-۴۰ درصد ماده خشک) مواد مغذی قابل هضم و حاوی ۲۴/۱۰ گرم قندهای محلول در کیلوگرم ماده خشک بود، محتوای پروتئین آن کم (حدود ۵ تا ۱۰ درصد ماده خشک) و چربی خام ۲ درصد ماده خشک می‌باشد. شریف و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کرده‌اند برای پروتئین خام، درصد فیبر مواد شوینده خنثی، فیبر شوینده اسیدی، و خاکستر تفاله خشک مرکبات به ترتیب ۶/۴۹، ۲۰/۵۹، ۱۴/۲۹ و ۴/۳۰ درصد بود. عبدالله (۲۰۱۳) گزارش کرده‌اند برای ماده خشک، پروتئین خام، درصد فیبر مواد شوینده خنثی، فیبر شوینده اسیدی، همی سلولز و خاکستر تفاله خشک

مرکبات به ترتیب ۹۰/۶۳، ۶/۳۲، ۲۰/۶۸، ۱۴/۳۲، ۶/۳۶ و ۵/۴۳ درصد بود. فگروس و همکاران (۱۹۹۵) گزارش نمودند برای ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و درصد فیبر مواد شوینده خنثی، فیبر شوینده اسیدی، تفاله خشک مرکبات به ترتیب دارای ۹۰، ۷/۷۵، ۱۶/۸۵، ۸/۴۰ و ۱۲/۱۹ درصد بود. هرناندز و همکاران (۲۰۱۲) برای ماده خشک، پروتئین خام، و خاکستر تفاله خشک مرکبات به ترتیب ۹۰/۱۰، ۷/۶، ۳/۹۰ درصد گزارش کردند. کردی و ناصریان (۲۰۱۲) برای ماده خشک، پروتئین خام، درصد فیبر مواد شوینده خنثی، فیبر شوینده اسیدی، و خاکستر تفاله خشک مرکبات به ترتیب ۱۲/۵، ۱۰/۶۱، ۲۶/۳۰، ۲۵/۸ و ۵/۳۳ درصد را گزارش کردند. همچنین اولرمی و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که محتوای سلولز و همی سلولز در تفاله خشک مرکبات از ۲۹/۳۹ تا ۳۴/۷۰ درصد و از ۲۱/۱۰ به ۲۱/۶۲ درصد متغیر است. این مطالعات نشان داد که تفاله خشک شده مرکبات دارای محتوای پروتئین کم است اما دارای ارزش انرژی بالا است و می‌تواند به عنوان منبع انرژی در خوراک حیوانات استفاده شود. پیرا و گنزالس (۲۰۰۴) گزارش نمودند برای ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، تفاله خشک مرکبات به ترتیب دارای ۸۸/۱۰، ۷/۱۰ و ۶/۹۰ درصد بود. سوتو و همکاران (۲۰۰۹) ارزش‌های تغذیه تفاله خشک مرکبات را ارزیابی کرده‌اند آن‌ها اظهار داشتند که تفاله خشک مرکبات می‌تواند به عنوان مکمل انرژی در تغذیه نشخوارکنندگان برای بهبود عملکرد استفاده شود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج میرون و همکاران (۲۰۰۱) و بل باکسیس و تی‌سی‌سیر گوگینی (۱۹۹۶) و فگروس و همکاران (۱۹۹۵)، مطابقت داشت، در حالی که با نتایج سایر پژوهشگران تناقض داشت. عدم تناقض با نتایج محققین مذکور را می‌توان به تنوع میزان ترکیبات شیمیایی تفاله مرکبات اشاره کرد که خود به وسیله چندین فاکتور از جمله نوع میوه و نحوه عمل‌آوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. لشکری و تقی‌زاده (۲۰۱۵) اختلافات در ترکیبات شیمیایی تفاله مرکبات را ناشی از تنوع نوع، گونه، تفاوت در فرآوری و میزان باقیمانده قسمت گوشتی و دانه تفاله مرکبات و میزان رطوبت موجود در تفاله دانسته‌اند.

نتایج مربوط به تولید گاز جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. چنانکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری بین جیره حاوی سطوح مختلف تفاله مرکبات و جیره بدون تفاله مرکبات وجود نداشت. در ساعات مختلف انکوباسیون جیره‌های آزمایشی از لحاظ آماری تفاوتی در تولید گاز نداشتند. در ساعات ۱۲ و ۲۴ انکوباسیون میزان تولید گاز جیره‌های حاوی تفاله خشک مرکبات از نظر عددی بیشتر از تیمار شاهد بود. از ساعات ۲۴ تا ۷۲ انکوباسیون به ترتیب میزان تولید گاز جیره‌های حاوی تفاله خشک مرکبات به طور عددی بیشتر از جیره بدون تفاله مرکبات بود. صادق‌زاده (۲۰۱۰) میزان گاز تولیدی تفاله‌های نارنگی، گریب‌فروت، پرتقال و لیموترش را به ترتیب ۳۱۲/۴۶۵، ۳۴۳/۹۸۹، ۲۵۰/۸ و ۲۳۲/۹۹۷ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک گزارش نموده است که تنوع مربوط به تولید گاز ناشی از ترکیبات شیمیایی مختلف در انواع تفاله مرکبات مورد آزمایش باشد.

تفاله چغندرقد به عنوان منبع فیبر غیر علوفه‌ای نیز همانند تفاله مرکبات یک خوراک انرژی‌زا مطلوب برای گاوهای

شیری، و گاوهای گوشتی و گوسفند معرفی شده است. تفاله مرکبات همانند تفاله خشک چغندرقد بافری و کنستانت‌تری مرطوب است که حاوی انرژی قابل متابولیسم بالایی بوده و می‌توان به عنوان مکمل به سیلو اضافه نمود. بر اساس گزارش هراندز و همکاران (۲۰۱۲) افزایش پروتئین به نمونه‌ها موجب کاهش تولید گاز می‌گردد چون وجود تراکم بالای یون (NH_4^+) در شیرابه شکمبه باعث واکنش با اسیدهای چرب حاصل از تخمیر شده و مانع از تولید گاز CO_2 می‌گردد. کیم و همکاران (۲۰۰۷) مقدار تولید (a+b) را برای تفاله مرکبات ۲۴۶ میلی‌لیتر به ازای گرم ماده خشک گزارش نمودند. با توجه به این موضوع که میزان گاز تولیدی وابسته به ترکیبات شیمیایی آن ماده غذایی هست، پس می‌توان نتیجه گرفت عواملی از جمله گونه گیاه، زمان برداشت، بلوغ گیاه، روش‌های فرآوری و دیگر عواملی که ترکیبات شیمیایی ماده غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند بر میزان گاز تولیدی اثر دارند.

Table 1- Chemical compounds of citrus pulp experimental diets

Treatment	DM	CP	NDF	ADF	EE	CF	CA	OM	NFC	EXTRACTED TANNIN(μg)	TOTAL PHENOL(μg)
Dried Citrus Pulp	88.60	7.40	21.10	15.40	2.40	2.80	4.68	94.70	64.42	6.00	4.24

Table 2- Comparison of gas production means in different treatments at various times (ml/gDM)

TRT	2h	4h	6h	8h	12h	24h	48h	72h
DCP1	18.41	44.44	74.47	108.85	134.39	180.77	216.27	232.52
DCP2	16.41	37.61	58.31	84.52	102.56	158.11	210.77	231.35
DCP3	12.75	36.94	58.81	83.68	111.73	175.94	222.27	244.68
DCP4	18.75	42.95	68.64	92.35	123.56	183.44	222.43	241.18
SEM	2.84	3.99	5.59	7.69	9.89	15.33	22.08	25.71
P-VALUE	0.42	0.47	0.17	0.12	0.17	0.65	0.97	0.97

1-Control (DM) 2-Replaced DCP with 50% corn grain. 3- Replaced DCP with 75% corn grain 4- Replaced DCP with 100% corn grain

شریف و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که افزودن تفاله خشک مرکبات در شرایط درون‌تنی سبب افزایش تخمیر و تولید گاز پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون گردید که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت.

افزایش بخش قابل تخمیر (بخش محلول + بخش غیر-محلول) به ترتیب در جیره‌های تفاله خشک مرکبات مشاهده شد. بیشترین و کمترین نرخ تولید گاز به ترتیب مربوط به گروه شاهد و جیره‌های تفاله خشک مرکبات بود.

NDF، منشأ مایع میکروبی، گونه دامی دهنده مایع شکمبه، زمان جمع‌آوری مایع شکمبه و جیره پایه حیوانات دهنده مایع شکمبه را نام برد.

مؤلفه‌های مدل‌های هضمی مختلف و مقایسه آن‌ها برای انتخاب بهترین مدل در تعیین تجزیه‌پذیری ماده خشک تفاله مرکبات

برازش داده‌ها با استفاده از مدل‌های مختلف:

نتایج نشان می‌دهد که در ساعات مختلف تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد. انتخاب مدل بر اساس ضریب تبیین (R^2) و واریانس خطا (MSE) می‌تواند انجام شود که بالا بودن ضریب تبیین و پایین بودن واریانس خطا به بهتر بودن مدل است، محاسبه شده است. برای تمام جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تفاله خشک مرکبات مدل ۱ (ارسکوف بدون فاز تأخیری (۱۹۷۹)) به عنوان بهترین مدل برازش گردید.

کیم و همکاران (۲۰۰۷) مقدار (a+b) را برای تفاله مرکبات ۲۴۶ میلی‌لیتر به ازای گرم ماده خشک محاسبه نمودند که بیشتر از مقادیر به دست آمده برای تفاله مرکبات آزمایش حاضر بود با توجه به این موضوع که میزان گاز تولیدی وابسته به ترکیبات شیمیایی آن ماده غذایی می‌باشد، پس می‌توان نتیجه گرفت عواملی از جمله گونه گیاه، زمان برداشت، بلوغ گیاه، روش‌های فرآوری و دیگر عواملی که ترکیبات شیمیایی ماده غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند بر میزان گاز تولیدی اثر دارند.

گتاجیو و همکاران (۲۰۰۲)، ارتباط نزدیکی را بین SCFA و گاز تولیدی گزارش کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از این رابطه که نشانگر قابلیت دسترسی انرژی برای دام می‌باشد، می‌تواند جهت تخمین تولید SCFA از گاز تولیدی، بکار رود. نسبت اسیدهای چرب فرار مختلف تولید شده در شکمبه نشخوارکنندگان نقش تعیین کننده‌ای در خصوصیات تولیدی دارد.

بیات کوهسار و همکاران (۲۰۱۴)، میزان کل گاز تولیدی در انتهای انکوباسیون (۹۶ ساعت) را برای تفاله پرتقال تامسون، ۴۸۷/۹۶ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک محاسبه نموده است که از مقادیر به دست آمده در این مطالعه در ۷۲ ساعت (۲۴۴/۶۸ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک) بیشتر بود این تفاوت می‌تواند به علت تفاوت در واریته پرتقال‌های مورد استفاده، با تفاله مرکبات و روش اندازه‌گیری تولید گاز، تفاوت در بافر مورد استفاده، جیره پایه حیوانات دهنده بافر و سایر عوامل محیطی باشد.

کیم و همکاران (۲۰۰۷) مقدار ثابت نرخ تجزیه‌پذیری را برای تفاله پرتقال ۰/۱۰۳ محاسبه نمودند که بیشتر از مقدار C محاسبه شده در این مطالعه (۰/۰۷۹، ۰/۰۴۹، ۰/۰۵۴ و ۰/۰۶۳ میلی‌لیتر در ساعت) بود که این می‌تواند به دلیل عوامل محیطی که منجر به تفاوت در سرعت‌های تولید گاز گردیده است، باشد. گاز تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری به جز ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی قرار نمی‌گیرد اما تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است روی نرخ تخمیر اثر بگذارد (منک و استن‌گاس ۱۹۸۸). از جمله عوامل تأثیرگذار در نتایج تولید گاز می‌توان زمان برداشت، میزان کربوهیدرات محلول و غیرمحلول در آب، میزان

Table 3. Estimated values for the components of the various mathematical models adapted for the gas production of experimental diets¹

Model	A	c	k	l	d	SSM	SST	R2	MSE
DCP0									
Model 1	225.79	0.079	-	-	-	173696	230793	0.752605	1968.9
Model 2	234.1	0.034	11.19	-	-	174227	230793	0.754906	2020.2
Model 3	228.29	-0.014	-	2.92	0.43	174702	230793	0.756964	2077.4
DCP50									
Model 1	235.56	0.049	-	-	-	177519	182237	0.974111	162.7
Model 2	248.78	0.024	5.86			177722	182237	0.975225	161.3
Model 3	225.79	0.015	-	2.48	0.16	177844	182237	0.975894	162.7
DCP75									
Model 1	245.83	0.054	-	-	-	210317	213506	0.985064	110
Model 2	260.82	0.022	10.99	-	-	210465	213506	0.985757	108.6
Model 3	256.34	0.028	-	2.52	0.14	210463	213506	0.985747	112.7
DCP100									
Model 1	239.35	0.063	-	-	-	194409	208376	0.932972	481.6
Model 2	251.91	0.022	18.34	-	-	194565	208376	0.933721	493.3
Model 3	249.24	0.025	-	2.69	0.20	194601	208376	0.933894	510.2

1-Control (DM) 2-Replaced DCP with 50% corn grain 3- Replaced DCP with 75% corn grain 4- Replaced DCP with 100% corn grain

A: Gas production (mL/DM) c:Fractional rate(mL/h) t: incubation time L: Lag phase

(h) d:Potential degradability k:Passage rate (/h) Model 1: Ørskov ER and McDonald I, 1979 Model 2: France et al (1999) Model 3: : France et al (1993)

Table 4: Parameters of selected models of experimental diets

Model	A	c	k	l	d	SSM	SST	R2	MSE
DCP0									
Model 1 $1-e^{-ct}$	225.79	0.079	-	-	-	173696	230793	0.752605	1968.9
DCP50									
Model 1 $1-e^{-ct}$	235.55	0.049	-			177519	182237	0.974111	162.7
DCP75									
Model 1 $1-e^{-ct}$	245.83	0.054	-	-	-	210317	213506	0.985064	110
DCP100									
Model 1 $1-e^{-ct}$	239.35	0.063	-	-	-	194409	208376	0.932972	481.6

a1-Control (DM) 2-Replaced DCP with 50% corn grain 3- Replaced DCP with 75% corn grain 4- Replaced DCP with 100% corn grain A: Gas production (mL/DM) c:Fractional rate(mL/h) t: incubation time L: Lag phase

(h) d:Potential degradability k:Passage rate (/h) Model 1: Ørskov ER and McDonald I, 1979 Model 2: France et al (1999) Model 3: : France et al (1993)

از پکتین تشکیل شده است که در شکمبه با سرعت بالا و به میزان زیادی تخمیر می‌شود که می‌تواند دلیل مقادیر قابل‌توجه تولید گاز در ساعات اولیه انکوباسیون باشد. با توجه مقادیر ماده خشک و همچنین میزان بالای بخش محلول (a) پروتئین‌خام حاصل از آزمایش کیسه‌های نایلونی، هم‌زمانی دسترسی این مواد مغذی برای رشد میکروارگانیسم‌ها می‌تواند دلیل میزان بالای تولید گاز تفاله‌های مرکبات در ساعت اولیه تولید گاز باشد (هنینگ و همکاران ۱۹۹۳). پارامترهای تخمینی مربوط به تولید گاز انرژی قابل متابولیسم (ME)، انرژی ویژه شیردهی (NEL) ماده آلی قابل‌هضم (DOM) اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA)، تولید گاز بخش محلول و غیرمحلول (A) و نرخ تولید گاز (c).

بخش A (بخش محلول و بخش غیرمحلول تفاله خشک مرکبات ۱۰۰ درصد و تفاله خشک مرکبات ۵۰ درصد به ترتیب با ۲۳۹/۳۵ و ۲۳۵/۵۵ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک در جدول ۴ آورده شده است که در مقایسه با سایر تفاله‌ها بیشترین مقادیر را دارا بودند. همچنین در جیره‌های بدون مکمل (۰/۰۷۹) میلی‌لیتر در ساعت و جیره‌های حاوی تفاله خشک مرکبات ۵۰ درصد (۰/۰۴۹) میلی‌لیتر در ساعت به ترتیب بیشترین و کمترین نرخ تولید گاز (c) حاصل شد که در جدول ۴ آمده است. مقادیر بالای بخش A می‌تواند به دلیل مقادیر بالای کربوهیدرات‌های محلول (میرون و همکاران ۲۰۰۱) و فیبر محلول (بامپیدیس و رابینسون ۲۰۰۶) در این خوراک‌ها باشد.

انجمن ملی تحقیقات آمریکا (NRC ۲۰۰۱) میزان پارامترهای NEL تفاله پرتقال خشک را ۷/۳۶ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک گزارش کرد همچنین بامپیدیس و رابینسون (۲۰۰۶) با بررسی تعدادی از تحقیقات انجام شده میانگین میزان ME تفاله پرتقال را ۱۲/۴۷ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک گزارش کرده‌اند که در همین راستا همبستگی مثبتی بین تولید گاز، ME و NEL محاسبه شده با قابلیت دسترسی و قابلیت هضم ترکیبات خوراکی، به ویژه کربوهیدرات توسط (آیاتپاتاناکیت و همکاران ۱۹۹۴) مطرح شده است.

برای کل جیره‌های حاوی تفاله خشک مرکبات مدل ۱ (ارسکوف بدون فاز تأخیری) به‌عنوان بهترین مدل تبیین شد و همچنین بر اساس ضریب تبیین محاسبه شده برای مدل‌های مختلف، در مورد تفاله مرکبات ۱۰۰ درصد نیز مدل ۱ (ارسکوف بدون فاز تأخیری) به‌عنوان بهترین مدل برازش گردید. صادق‌زاده (۲۰۱۰) میزان گاز تولیدی تفاله‌های نارنگی، گریب‌فروت، پرتقال و لیموترش در ۴۸ ساعت را به ترتیب ۳۱۲/۴۶۵، ۳۴۳/۹۸۹، ۲۵۰/۸ و ۲۳۲/۹۹۷ میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک گزارش نموده است که بیشتر از مقادیر به دست آمده برای جیره‌های حاوی تفاله خشک مرکبات آزمایش حاضر بود (۲۱۶/۲۷، ۲۱۰/۷۷، ۲۲۲/۲۷ و ۲۲۲/۴۳) که می‌تواند به بالا بودن مقدار کربوهیدرات محلول در تک‌تک تفاله مرکبات نسبت به کل تفاله مرکبات مربوط باشد. در آزمایش حاضر پس از ۷۲ ساعت انکوباسیون میانگین گاز تولیدی جیره‌های ۱ تا ۴ به ترتیب ۲۳۲/۵۲، ۲۳۱/۳۵، ۲۴۴/۶۸ و ۲۴۱/۱۸ میلی‌لیتر به ازای هر گرم ماده خشک بود در جیره‌های حاوی تفاله مرکبات که بیشترین میزان تولید گاز را جیره ۷۵ درصد (۲۴۴/۶۸) و ۱۰۰ درصد (۲۴۱/۱۸) به خود اختصاص دادند که با آزمایش بخشی‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت کامل داشت.

مقادیر تولید گاز حاصل از جیره‌های حاوی تفاله‌های خشک مرکبات در جدول ۲ آورده شده است. نرخ تولید گاز (c) تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهند (جدول ۳). بیشترین میزان تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای هر گرم ماده خشک) در ۷۲ ساعت مربوط به تفاله خشک مرکبات ۷۵ درصد (۲۴۴/۶۸) بود که در جدول ۲ آورده شده است که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نبود. روند کند تولید گاز در ساعت اولیه در جیره‌های ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد در ساعات ۱۲ بعد از انکوباسیون افزایش یافت و همچنان تا پایان انکوباسیون ادامه یافت.

بامپیدیس و رابینسون (۲۰۰۶) گزارش کردند که تفاله مرکبات حاوی ۲۴/۱ گرم در کیلوگرم ماده خشک قندهای محلول می‌باشند که سبب تخمیر و تولید گاز می‌گردد همچنین بر اساس گزارشات سان‌ولد و همکاران (۱۹۹۵) حدود ۴۵۰ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی تفاله مرکبات

تولید گاز و رفتار آن‌ها و مقادیر مؤلفه‌ها که بعضی از آن‌ها هیچ‌گونه توجیه بیولوژیکی ندارند مدل ۱ (مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری ۱۹۷۹) به‌عنوان بهترین مدل برازش گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از منابع تفالۀ خشک مرکبات در جیره بر پایه ماده خشک که محتوی سطوح بالای پکتین و تولید گاز و هضم بالای آن در شکمبه و دارای انرژی بالا و به دلیل افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن و ضمن بهبود در متابولیسم بدن، باعث افزایش تولید و غنی‌سازی شیر هم می‌شود. با توجه به مقادیر بالای انرژی تفالۀ خشک مرکبات، از این پسماندها می‌توان به عنوان یک خوراک غنی از انرژی جهت تأمین احتیاجات رشد و شیرواری در نشخوارکنندگان استفاده کرد. همچنین با توجه ظرفیت بالای تجزیه‌پذیری دیواره سلولی در تفالۀ خشک مرکبات از این خوراک می‌توان به عنوان یک فیبر غیر علوفه‌ای در تغذیه نشخوارکنندگان استفاده کرد. با توجه به شایستگی مدل و رفتار بیولوژیکی کنتیک هضمی مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری (۱۹۷۹)، بهترین مدل تعیین می‌شود. در این زمینه انجام تحقیقات بیشتر در جهت تعیین تأثیر استفاده از سطوح مختلف تفالۀ خشک مرکبات در جیره غذایی گاوهای شیرده جهت حصول به بهترین نتیجه ضروری به نظر می‌رسد.

پارامترهای تخمینی و میزان تولید گاز نشان دهنده این امر است که در تفالۀ‌های با تولید گاز بیشتر پارامترهای تخمینی از مقادیر بالاتری برخوردار هستند.

منصوری و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی نشان دهنده بالا بودن انرژی قابل متابولیسم و همچنین ازت قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم می‌باشد.

نتایج جداول ۳ نشان می‌دهند که بر اساس ضرایب تبیین محاسبه شده برای مدل‌های مختلف، در مورد، تمام جیره‌ها (شاهد و تفالۀ خشک مرکبات ۵۰ و ۷۵ و ۱۰۰) درصد مدل ۱ ارسکوف بدون فاز تأخیر (۱۹۷۹) به‌عنوان بهترین مدل بود. در تمامی ساعات انکوباسیون، ماده خشک جیره‌های مورد مطالعه، تجزیه‌پذیری متفاوتی داشتند. جیره‌های تفالۀ خشک مرکبات ۱۰۰ درصد در ابتدا دارای تجزیه‌پذیری ماده خشک بیشتری نسبت به جیره شاهد هست زیرا ضریب a بیشتری نسبت به آن دارد (۱۸/۷۴ درصد در مقابل ۱۸/۴۱). جیره‌های حاوی تفالۀ خشک مرکبات ۱۰۰ درصد (۱۸/۳۴) نسبت در ساعت) و جیره‌های حاوی تفالۀ خشک مرکبات ۵۰ درصد (۵/۸۶ نسبت در ساعت) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر ثابت نرخ خروج (K) ماده خشک در مدل ۲ می‌باشند. همچنین جیره‌های حاوی تفالۀ خشک مرکبات ۵۰ درصد با ۰/۹۸ و جیره شاهد با ۰/۷۵ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ضرایب تبیین برای ماده خشک در مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری (۱۹۷۹) (مدل ۱) بودند. با توجه به R^2 در رفتار مدل، مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری (۱۹۷۹) (مدل ۱)، مدل بهتری برای برازش داده‌های مربوط به ماده خشک تفالۀ خشک مرکبات مورد مطالعه بود. با وجود اینکه مدل فرانس (۱۹۹۳) R^2 بالاتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد ولی به دلیل زیاد بودن تعداد پارامترهای آن و نیز عدم توجیه بیولوژیکی پارامترهای مدل، فرانس و همکاران (۱۹۹۳). (مدل ۳) برای توجیه داده‌های ماده خشک مناسب نمی‌باشد، بنابراین مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری (مدل ۱) را انتخاب کرده و پارامترهای آن مدل را برای تفالۀ خشک مرکبات آزمون گردید. با توجه به ضریب تبیین مدل‌ها و پایین بودن میانگین انحراف استاندارد و همچنین عدم منفی بودن نرخ

منابع مورد استفاده

- Abdullah HM, 2013. Effect of partial replacement of concentrate with citrus pulp on nutrient intake and in situ digestion kinetics in buffalo bulls. Institute of Animal and Dairy Sciences, Univ. Agri., Faisalabad Pakistan.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC international. AOAC international. Maryland USA 54:234-239.
- Bampidis VA and Robinson PH, 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology* 128: 175-217.
- Bayat Koohsar J, Gholam Ali Pour A, Ghanbari, F and Nouri, S. 2014. Determining the nutritional value and comparing different methods of drying, chemical composition, gas production components and digestibility of citrus varieties. *Journal of Livestock and Poultry Research* 3 (3): 69-57.
- Barrios-Urdaneta A, Fondevila M and Castrillo C, 2003. Effect of supplementation with different proportions of barley grain or citrus pulp on the digestive utilization of ammonia-treated straw by sheep. *Journal of Animal Science* 76: 309-317.
- Bakhshizade S, Taghizadeh, A, Jjanmohamady H. and Alijany S, 2013 Determination of chemical composition and degradability properties of grape and pomegranate seed pulp using nylon bag and gas production methods. *Journal of Animal Science Research* 23:1072-1075
- Belibasakis NG, Tsirgogianni D, 1996. Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 60: 87-92.
- Broderick GA, Mertens DR and Simons R, 2002. Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. *Journal of Dairy Science* 85: 1767-1776.
- Blummel, M and Ørskov ER, 1993. Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science Technology* 40: 109-119.
- Fathi Naseri MD, Danesh Mesgaran M, France J, Cant JP and Kebreab E, 2006. Evaluation of to describe ruminal degradation kinetics from in situ ruminal incubation of whole soybeans. *Journal of Dairy Science* 89:3087-3095.
- Fedorak PM and Hurdy DE, 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environmental Technology Letters* 4:425-432.
- Fegeros K, Zervas G, Stamouli S and Apostolaki E, 1995. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. *Journal of Dairy Science* 78: 1116-1121.
- France J, Thornley JHM, Lopez S, Siddons RC, Dhanoa MS, Van Soest PJ and Gill M, 1999. On the two-compartment model for estimating extent of feed degradation in the rumen. *Journal of Theoretical Biology* 146: 269- 287.
- Getachew GH, Makkar PS and Becker K, 2002. Tropical browses: content of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acids and in vitro gas production. *The Journal of Agricultural Science* 139: 341-352.
- Grasser LA, Fadel JG, Garnett I and DePeters EJ, 1995. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. *Journal of Dairy Science* 78: 962-971.
- Henning PH, Steyn DG and Meissner HH, 1993. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. *Journal of Animal Science* 71: 2516-2528.
- Hernández J, Rojo R, Salem AZM, Mirzaei F, Gonzalez A, Vázquez JF, Montañez OD and Lucero FA, 2012. Influence of different levels of dried citrus pulp on in vitro ruminal fermentation kinetics of total mixed ration in goat rumen inocula. *Journal of Animal Feed Science and Technology* 21: 458-467.
- Jairo GR, Cristina S, Iván M, Jesús SG, María DC and María JR, 2020. Effects of replacing extruded maize by dried citrus pulp in a mixed diet on ruminal fermentation. *Animals* 10: 1316..
- Kale PN and Adsule PG, 1995. Citrus In: Salunkhe, D.K., S.S. (Eds.), *Hand book of Fruit*.
- Kim SC, Adesogan AT and Arthington JD, 2007. Optimizing nitrogen utilization in growing steers fed forage diets supplemented with dried citrus pulp. *Journal of Animal Science* 85:2548-2555.

- Kordi M and Naserian AA, 2012. Influence of wheat bran as a silage additive on chemical composition, *in situ* degradability and *in vitro* gas production of citrus pulp silage. *African Journal of Biotechnology* 11: 12669-12674.
- Lashkari S and Taghizadeh A, 2015. Digestion kinetics of carbohydrate fractions of citrus by-products. *Veterinary Research Forum* 6: 41-48.
- McDonald IMA, 1981. Revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science* 96: 251-252.
- Mansouri, H, Nikkhah, A, Rezaian, M, Moradi, M and Mir Hadi, A, 2003. Determination of forage degradability using gas production technique and nylon bags. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 34: 495-507.
- Menke KH and Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research Development* 28: 7-55.
- Miron J. Yosef E. and Ben-Ghedalia D, 2001. Composition and *in vitro* digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 49: 2322-2326.
- Nazim, K, 2001. Investigation of the possibility of improving the nutritional value of citrus pulp through treatment with *Neurospora sitophila*. Thesis Every day on animal nutrition. Tarbiat Modares University of Tehran.
- National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 2001. National Academies Press; Feb 9.
- Iqbal Saeed, Sh., Ghorbani, A. and Mehmannaavaz, Y, 2007. The book Application of Biological Statistics in Animal Sciences. First Edition, Amidi Publications, pp. 372-351.
- Oluremi OIA, Andrew IA and Ngi J, 2007. Evaluation of nutritive potential of the peels of some citrus fruit varieties as feeding stuffs in livestock production. *Pakistan Journal of Nutrition* 6: 653-656.
- Opatpatanakit Y, Kellaway RC, Lean IJ, Annison G and Kirby A, 1994. Microbial fermentation of cereal grains *in vitro*. *Journal of Agricultural Research* 45: 1247-1263.
- Ørskov ER and McDonald I, 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 92: 499-503.
- Pereira JC and Gonzlez J, 2004. Rumen degradability of dehydrated beet pulp and dehydrated citrus pulp. *Animal Research* 53: 99-110.
- Rihani N, Garrett WN and Zinn RA, 1993. Effects of source of supplemental nitrogen on the utilization of citrus pulp based diets by sheep. *Journal of Animal Science* 71: 2310-2321.
- SAS Institute, 2004. SAS/STAT User's Guide. Release. 9.1. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Sadeghzadeh, MS, 2010. Determining the nutritional value of various types of citrus pulp using *in vitro* and *in situ* methods in Ghezel sheep. Master Thesis of Islamic Azad University, Maragheh Branch.
- Sharif HR, Williams PA, Sharif MK, Abbas S, Majeed H and Masamba KG, 2018. Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants—A review. *Food hydrocolloids* 76: 2-16.
- Sharif M, Ashraf MS, Mushtaq N, Nawaz H, Mustafa MI, Ahmad F, Younas M and Javaid A, 2018. Influence of varying levels of dried citrus pulp on nutrient intake, growth performance and economic efficiency in lambs. *Journal of Applied Animal Research* 46: 264-268.
- Solomon R, Chase LE, Ben-Ghedalia D and Bauman DE, 2000. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83: 1322-1329.
- Sotto VR, Brito M, Lopez B, Perez E and Velazquez F, 2009. Use of Citrus Meal for Feeding Sows during the Gestation and Lactation Stage. *Revista Computadorizada de Produccion Porcina* 16: 45-49.
- Sunvold GD, Hussein HS, Fahey J, Merchen NR and Reinhart GA, 1995. *In vitro* fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using faecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. *Journal of Animal Science* 73: 3639-3648.

- Taghizadeh, A, 2013. Evaluation of the digestion model of dry matter rumen and raw protein of some foodstuffs using mobile nylon bag method. Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- Taghizadeh, A and Lashkari, S, 2015. Estimation and chemical composition, degradability and fermentation of citrus fermentation metals using nylon bag method and gas production. *Journal of Animal Science Research* 23: 29-15.
- Timur Nejad, N, Zahedifar, M, Nikkhah, A. and virtues, h, 2007. Determining the nutritional value of carrot and vegetable residues in ruminant nutrition. *Journal of Research and Construction* 76: 168 – 173.
- Voragen AGJ, Beldman G and Schols H, 2001. Chemistry and enzymology of pectins. *Advanced Dietary Fiber Technologies* B. V. McCleary and L. Prosky, ed. Blackwell Science; Oxford, pp. 379-398.