In vitro fermentation and nutrients digestibility parameters of diets containing different levels of sugarcane bagasse

M Behzadi[1], S R Mousavi[2], F Fatahnia[3], S Yousefinejad[2] and M shamsollahi[4*]

Received: October 25, 2022 Accepted: January 30, 2024
[1] MSc graduated, Department of Animal Science, Ilam University, Iran
[2] Ph.D, Department of Animal Science, Ilam University, Iran
[3] Professor, Department of Animal Science, Ilam University, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Animal Science, Ilam University, Iran
[*]Corresponding author: Email: m.shamsolahi@ilam.ac.ir

پژوهش‌های علوم دامی
Animal Science Research
Journal of Animal Science/vol.34 No.2/ 2024/pp 59-75
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.2024.51846.1664

Introduction: The high cost and scarcity of feed, and increasing demand for animal product such as meat and milk increased the need for efficient utilization of high lignocellulose roughages for ruminant production (Makkar 2018). Iran is one of the arid and semi-arid desert regions and is facing a shortage of crops and fodder. On the other hand, there is always the problem of providing cheap and acceptable quality feed for livestock, and one of the ways to solve this problem is to use unusual feed such as crop residues and food factories; But most of these foods have not been studied and their chemical composition and level of consumption for animals are not well known. This requires the study of the effect of different levels of food sources on the diet and the determination of animal production responses. Sugarcane bagasse can be used as a substitute for part of the diet forage (wheat straw) for animal feed due to its high cellulose content and high palatability (Ahmed and Babiker 2015). The aim of this study was to investigate the effect of diets containing different levels of old or fresh bagasse as a substitute for wheat straw in ewes's diet on chemical composition, fermentation parameters and digestibility of dry matter and organic matter by gas production method. The *in vitro* gas production technique is used widely in animal nutrition for feed digestibility. Based on the strong relationship between measured digestibility and that predicted from gas production, regression equations have been developed and the method has been standardized. (Dijkstra et al 2005; Getachew et al 1998)

Material and methods: A sample of bagasse was obtained from a sugarcane factory located in Khuzestan province and a sample of wheat straw was obtained from agricultural farms and immediately transferred to a nutrition laboratory. The old bagasse was stored in storage for a year. Experimental diets were adjusted based on the nutrient requirements of ewes (NRC 2007) and included 50% forage (20% alfalfa and 30% straw) and 50% concentrate (32.5% barley, 10% soybean meal, 7% wheat bran and 0.5% of vitamin and mineral supplements were based on dry matter. The experimental treatments, old or fresh bagasse was replaced with wheat straw at different levels, so that the experimental diets in the first experiment (old bagasse) included: Diet 1: Diet containing 30% wheat straw, Diet 2: Diet containing 22.5% Wheat straw and 7.5% old bagasse, Diet 3: Diet containing 15% wheat straw and 15% old bagasse, Diet 4: Diet containing 7.5% wheat straw and 22.5% old bagasse and Diet 5: Diet containing 30 Percentage of old bagasse; And in the second experiment (fresh bagasse) including: diet 1: diet containing 30% wheat straw, diet 2: diet containing 22.5% wheat straw and 7.5% fresh bagasse, diet 3: diet containing 15% wheat straw and 15

Percentage of fresh bagasse, diet 4: diet containing 7.5% wheat straw and 22.5% fresh bagasse and diet 5: diet containing 30% fresh bagasse. The fresh bagasse sample was dried in an oven at 60 ° C for 48 hours and after determining the dry matter content, along with the old bagasse sample, wheat straw and experimental diets ground through a 1-mm screen using a Wiley mill, and analysed for dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP) (AOAC 2019), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) (Van Soest et al 1991). For measurement of methane production, the final gas production (end of 24 hours) was recorded after 24 hours of incubation of the sample in ruminal fluid + phosphate buffer. Then 10 M sodium hydroxide was added to the contents of the glass bottle to absorb the carbon dioxide gas. After absorbing carbon dioxide (after about 10 minutes), the gas remaining in the syringe or glass bottle will be methane (Fievez et al 2005). The chemical composition of the treatments statistically analyzed in a completely randomized design and gas production, separation factor, dry matter and organic matter digestibility, microbial mass production and production efficiency and methane production statistically analyzed in a randomized complete block design. Statistical analysis of data was performed using SAS (2006) software.

Results and discussion: The results showed that wheat straw compared to fresh or old bagasse had a higher content of DM, CP, ash, Total gas accumulation 24h (ml), digestibility of DM and OM and lower content of OM, NDF, ADF and ADL (P<0/05). The ADL and NDF contents of fresh bagasse was lower than old bagasse (P<0/05). Among the experimental diets, the highest content of DM and ash, and the lowest content of OM and ADF belonged to the diet containing 30 percent wheat straw (P<0/05). Diets containing different levels of old or fresh bags had higher and lower NDF content, respectively, compared to the diet containing wheat straw (P<0.05). The digestibility of DM and OM in the diet containing 30 percent of old and fresh bagasse tended to decrease compared to its lower levels (P = 0/08 and 0/07). In general, if the price of each kilogram of wheat straw is low compared to bagasse, it can be suggested that a maximum level of 22.5 percent of bagasse be used instead of wheat straw in the diet of ewes; Of course, the 30 percent bagasse level can also be used with caution. It is recommended to use fresh bagasse instead of old bagasse in the diet of ewes.

Keywords: Fresh bagasse, Old bagasse, Wheat straw, Chemical composition, Digestibility of dry matter and organic matter, Gas production

مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۳۴ شماره ۲/ سال۱۴۰۳/ صفحات ۵۹ تا ۷۵
DOI: 10.22034/as.2024.51846.1664

فراسنجه‌های تخمیر و گوارش‌پذیری مواد مغذی جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس نیشکر در شرایط آزمایشگاه

محسن بهزادی[۱]، سید رضا موسوی[۲]، فرشید فتاح‌نیا [۳]، صفورا یوسفی‌نژاد [۲]، محمد شمس‌الهی[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۸ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام
[۲]دانش‌آموخته دکتری گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام
[۳]دانشیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام
[۴]استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام
[*]مسئول مکاتبه: Email: m.shamsolahi@ilam.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: از باگاس نیشکر به دلیل محتوای سلولز بالا می‌توان به‌عنوان جایگذین بخشی از علوفهٔ جیره برای تغذیه دام استفاده کرد. **هدف**: این مطالعه به‌منظور بررسی اثر جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس کهنه یا تازه به‌عنوان جایگزین کاه گندم بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تخمیر و گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی توسط روش تولید گاز انجام شد. **روش کار**: جیره‌های آزمایشی شامل سطوح مختلف باگاس کهنه یا تازه (۰، ۷/۵، ۲۲/۵ یا ۳۰ درصد از ماده خشک جیره) بودند. اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی تیمارها در قالب طرح کاملاً تصادفی و اندازه‌گیری تولید گاز، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی، تولید توده میکروبی و تولید متان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. **نتایج**: بیشترین محتوای ماده خشک و خاکستر و کمترین محتوای ماده آلی و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی مربوط به جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم بود ($P<0/05$). جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس کهنه یا تازه در مقایسه با جیره حاوی کاه گندم، محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی به‌ترتیب بیشتر و کمتری داشتند ($P<0/05$). گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی در جیره‌های حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه یا تازه در مقایسه با سطوح پایین‌تر باگاس تمایل به کاهش داشتند (۰/۰۷ و $P = 0/08$). **نتیجه‌گیری نهایی**: در کل در صورت پایین بودن قیمت هر کیلوگرم باگاس در مقایسه با کاه گندم، می‌توان پیشنهاد کرد که حداکثر از سطح ۲۲/۵ درصد باگاس تازه به جای کاه گندم در جیره میش‌های داشتی استفاده کرد؛ البته می‌توان سطح ۳۰ درصد باگاس تازه را نیز با احتیاط استفاده کرد.

واژگان کلیدی: باگاس تازه، باگاس کهنه، کاه گندم، ترکیب شیمیایی، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی، تولید گاز

مقدمه

ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک بیابانی است و با کمبود محصولات زراعی و علوفه‌ای مواجه است. از طرفی، دامپروران همواره با مشکل تأمین خوراک ارزان‌قیمت و باکیفیتِ قابل‌قبول برای دام‌ها مواجه هستند که یکی از راه‌های برطرف نمودن این مشکل، استفاده از خوراک‌های غیرمعمول مانند بقایای زراعی و کارخانجات مواد غذایی است؛ اما اکثر این مواد خوراکی، مطالعه نشده‌اند و ترکیبات شیمیایی آن‌ها و سطح مصرف آن‌ها برای حیوانات به خوبی مشخص نشده است. این امر نیاز

به مطالعه تأثیر سطوح مختلف منابع خوراکی در جیره و تعیین پاسخ‌های تولید حیوان است (پریرا و همکاران ۲۰۰۸). کاه گندم یک محصول فرعی است و تخمین زده می‌شود که سالانه حدود ۷۵۰ میلیون تن در سراسر جهان تولید شود (فائو ۲۰۱۶). با وجود این، در سال‌های اخیر به دلیل مشکلات خشکسالی و بالا بودن هزینهٔ تهیه اقلام خوراکی، دامداران برای تهیه کاه گندم یا جو نیز با مشکلات جدی مواجه بودند؛ بنابراین ضرورت استفاده از محصولات فرعی زراعی دیگر به عنوان جایگزین کاه گندم یا جو بیش از پیش روشن می‌شود. یکی از این محصولات جانبی جایگزین، بقایای نیشکر است. استفاده از محصولات جانبی صنعت نیشکر در تغذیه نشخوارکنندگان به دلیل فیبر کافی امکان‌پذیر است (کاستا و همکاران ۲۰۱۵). در جنوب ایران، سطح زیر کشت نیشکر در حدود ۷۰ هزار هکتار است که در سال مقادیر زیادی از محصولات فرعی نیشکر مثل باگاس (حدود ۲/۲ میلیون تن در سال) پیت خام نیشکر و سرشاخه نیشکر تولید می‌شود (چیلی و محمدعبادی ۲۰۱۲). باگاس، اصطلاحی است که به بقایای فیبری ساقه نیشکر، پس از خرد کردن و استخراج عصاره گفته می‌شود. باگاس به دلیل بالا بودن محتوای سلولز و پایین بودن محتوای پروتئین خام، مواد معدنی و ویتامین‌ها، به‌عنوان خوراک با کیفیت پایین برای نشخوارکنندگان شناخته شده است (برندت و همکاران ۲۰۰۲). الیاف موجود در باگاس نیشکر حاوی حدود ٤٠ درصد سلولز، ۳۵ درصد همی‌سلولز و ۱۵ درصد لیگنین می‌باشد که عامل لیگنین باعث استفاده کم باگاس نیشکر در خوراک نشخوارکنندگان شده است (پریرا و همکاران ۲۰۰۸). همان طور که بیان شد، باگاس به دلیل بالا بودن محتوای سلولز و پایین بودن محتوای پروتئین خام، به‌عنوان علوفهٔ ارزان‌قیمت برای تغذیهٔ دام قابل‌استفاده است (احمد و ببیکر ۲۰۱۵)؛ اما قبل از استفاده در تغذیهٔ دام، باید ارزش تغذیه‌ای آن تعیین شود. هر چند که در مطالعات مختلف، ارزش غذایی باگاس بررسی شده است؛ اما بین گوارش‌پذیری گونه‌های مختلف یک نوع گیاه خاص، اختلاف وجود دارد که این اختلاف ممکن است به دلیل عواملی از قبیل کود، روش کاشت، داشت و برداشت، خاک و شرایط آب و هوایی منطقه و ... باشد (بانرجی ۱۹۹۱). همچنین مشخص شده است که ترکیبات شیمیایی باگاس در نقاط مختلف جهان بسته به نوع خاک، شرایط اقلیمی، سال زراعی، نحوهٔ برداشت و واریتهٔ آن متفاوت است (گیوینز ۲۰۰۰)، به طوری که میزان گوارش‌پذیری و همچنین مقدار مجاز استفاده از باگاس در جیرهٔ دام را با توجه به شرایط منطقهٔ کشت‌شده، تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به این که ترکیب شیمیایی و قابلیت استفاده از خوراک‌های نشخوارکنندگان بسیار متغیر است؛ بنابراین بررسی ارزش تغذیه‌ای منابع خوراک در هر منطقه، امری ضروری به نظر می‌رسد. از طرف دیگر، در بیشتر مطالعات انجام‌شده دربارهٔ استفاده از باگاس نیشکر در تغذیه دام، از حیوان زنده (in vivo) استفاده شده است و تاکنون مطالعات اندکی در شرایط آزمایشگاهی و برون‌تنی (in vitro) انجام شده است؛ این در حالی است که مطالعات برون‌تنی (in vitro) در مقایسه با مطالعات درون‌تنی (in vivo) دارای مزایایی مانند کاهش هزینه‌ها، امکان انجام تکرار بیشتر آزمایش و سهولت در انجام کار به دلیل عدم نیاز به استفاده از حیوان می‌باشد. بنابراین، می‌توان پژوهش حاضر را در راستای تکمیل مطالعات برون‌تنی (in vitro) باگاس نیز در نظر گرفت. همان طور که بیان شد، عوامل محیطی مختلفی بر کیفیت باگاس مورد استفاده در تغذیه دام تأثیرگذار است، به همین دلیل یک فرض جدید در این مطالعه مطرح شد که آیا تفاوتی بین ارزش تغذیه‌ای باگاس تازه و باگاس کهنه (باگاسی که به مدت یک سال در انبار نگهداری شده است)، وجود دارد؟. بنابراین هدف این مطالعه بررسی ارزش تغذیه‌ای سطوح مختلف باگاس تازه و کهنه در مقایسه با کاه گندم در تغذیه دام و همچنین مقایسه بین ارزش تغذیه‌ای باگاس تازه و کهنه در شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایشی

نمونه باگاس موردنیاز از شرکت کشت و صنعت هفت‌تپه واقع در استان خوزستان تهیه شد. نمونه‌برداری به‌شکل تصادفی از قسمت‌های مختلف یک توده باگاس به عمق حدود ٤٠ سانتی‌متر از ١٠ نقطهٔ مختلف انجام شد. سپس نمونه‌ها با هم مخلوط شدند و در کیسه‌های نایلونی به آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه ایلام انتقال یافتند و به‌شکل هواخشک، خشک شدند. نمونه کاه گندم از سطح چند مزرعه کشاورزی در استان ایلام به‌شکل تصادفی تهیه و پس از مخلوط شدن، بلافاصله به آزمایشگاه تغذیه دام منتقل شد. نمونه باگاس کهنه یک سال از تهیه و نگهداری آن در انبار خوراک گذشته بود. جیره‌های آزمایشی بر اساس احتیاجات مواد مغذی میش‌های داشتی تنظیم شد (انجمن تحقیقات گاو شیری آمریکا ٢٠٠٧) و شامل ٥٠ درصد علوفه (٢٠ درصد یونجه و ٣٠ درصد کاه) و ٥٠ درصد کنسانتره (٣٢/٥ درصد جو، ١٠ درصد کنجاله سویا، ٧ درصد سبوس گندم و ٠/٥ درصد مکمل ویتامین و مواد معدنی) بر اساس ماده خشک بودند. در تیمارهای آزمایشی، باگاس کهنه یا تازه در سطوح مختلف با کاه گندم جایگزین شد، به طوری که جیره‌های آزمایشی در آزمایش اول (باگاس کهنه) شامل: جیره ١: جیره حاوی ٣٠ درصد کاه گندم، جیره ٢: جیره حاوی ٢٢/٥ درصد کاه گندم و ٧/٥ درصد باگاس کهنه، جیره ٣: جیره حاوی ١٥ درصد کاه گندم و ١٥ درصد باگاس کهنه، جیره ٤: جیره حاوی ٧/٥ درصد کاه گندم و ٢٢/٥ درصد باگاس کهنه و جیره ٥: جیره حاوی ٣٠ درصد باگاس کهنه؛ و در آزمایش دوم (باگاس تازه) شامل: جیره ١: جیره حاوی ٣٠ درصد کاه گندم، جیره ٢: جیره حاوی ٢٢/٥ درصد کاه گندم و ٧/٥ درصد باگاس تازه، جیره ٣: جیره حاوی ١٥ درصد کاه گندم و ١٥ درصد باگاس تازه، جیره ٤: جیره حاوی ٧/٥ درصد کاه گندم و ٢٢/٥ درصد باگاس تازه و جیره ٥: جیره حاوی ٣٠ درصد باگاس تازه بودند.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی باگاس تازه، باگاس کهنه، کاه گندم و جیره‌های آزمایشی در آزمایشگاه تغذیه دانشگاه ایلام و در ٣ تکرار انجام شد. برای این کار، نمونه باگاس تازه به مدت ٤٨ ساعت در آون (Binder, Model FED-240; Germany) با دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد خشک شد و پس از تعیین محتوای ماده خشک، به همراه نمونه باگاس کهنه، کاه گندم و جیره‌های آزمایشی، توسط دستگاه آسیاب (Ika, Model MF10 basic; Germany) به قطعات یک میلی‌متری خرد شدند؛ سپس محتوای ماده خشک، ماده آلی و خاکستر بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC ٢٠١٩)، محتوای پروتئین خام توسط روش کلدال (Kejeltec, Foss, Model 2400, Sweden)، محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی و لیگنین (تصحیح‌شده برای خاکستر) بر اساس روش ون سوست و همکاران (١٩٩١) هر کدام در ٣ تکرار اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری لیگنین، ابتدا نمونه در محلول شویندهٔ اسیدی به مدت یک ساعت جوشیده و سپس توسط کروسیبل فیلتردار، صاف و در آون خشک شد (دمای ١٣٠ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ٣ ساعت). سپس به باقیماندهٔ نمونهٔ داخل کروسیبل، محلول اسید سولفوریک ٧٢ درصد به مقدار نصف حجم کرویسبل اضافه شد (٣ مرتبه با فواصل هر یک ساعت یک بار). با این کار محتوای سلولز نمونه از ته کروسیبل خارج شد. در ادامه، محتوای کروسیبل توسط آب مقطر داغ چند بار شسته شد تا اسیدزدایی شود و در نهایت کروسیبل در آون خشک و سپس در کورهٔ الکتریکی خاکسترگیری شد. اختلاف وزن نمونه بعد از آون و کوره‌گذاری، بیانگر محتوای لیگنین (فاقد خاکستر) نمونه است.

فراسنجه‌های تولید گاز

برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های تولید گاز از روش ماکار (٢٠١٠) استفاده شد. برای تعیین فراسنجه‌های تولید گاز، مایع شکمبه از دو رأس قوچ نژاد کردی دارای فیستولای شکمبه با متوسط وزن زنده ٣ ± ٦٠ کیلوگرم که با یک

جیره شامل ۳۰ درصد علوفه خشک یونجه، ۲۰ درصد کاه گندم، ۳۲/۵ درصد جو، ۱۰ درصد کنجاله سویا، ۷ درصد سبوس گندم و ۰/۵ درصد مکمل ویتامین و مواد معدنی به صورت کاملاً مخلوط تغذیه شدند، جمع‌آوری و با حفظ شرایط بی‌هوازی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه، مایع شکمبه توسط ٤ لایه پارچه از جنس کتان صاف شد، سپس به داخل یک ارلن خلأ انتقال یافت و با افزودن دی‌اکسید کربن (CO_2)، شرایط بی‌هوازی ایجاد شد. ارلن حاوی مایع شکمبه به حمام آب گرم (۳۹ درجه سانتی‌گراد) منتقل شد و برای حفظ شرایط بی‌هوازی، تا زمان استفاده برای انکوباسیون به طور مداوم به درون ارلن، گاز CO_2 اضافه شد.

مایع شکمبه صاف‌شده با نسبت یک به سه با محلول بزاق مصنوعی (ترکیب محلول بزاق مصنوعی شامل محلول بافر بی‌کربنات، محلول ماکرومینرال، محلول میکرومینرال، رزازورین و محلول احیا) در حضور دی‌اکسید کربن در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد در داخل بن‌ماری مخلوط شد. مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌های کاه گندم، باگاس کهنه و تازه و تیمارهای آزمایشی در داخل بطری‌های شیشه‌ای ۱۲۰ میلی‌لیتری ریخته شد. آزمایش تولید گاز در دو دور زمانی مختلف (دو روز متوالی) و هر دور در ۳ تکرار انجام شد. تعداد ۳ بطری بدون افزودن نمونه به‌عنوان بلانک در نظر گرفته شد. مقدار ٤۰ میلی‌لیتر از مخلوط بزاق مصنوعی و مایع شکمبه به هر بطری شیشه‌ای اضافه شد؛ سپس درب آن‌ها با درپوش لاستیکی و فلزی با استفاده از دستگاه پرس درب ویال محکم بسته شد و بلافاصله به داخل انکوباتور شیکردار با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. حجم گاز تولیدی در فواصل زمانی ۲، ٤، ۸، ١٦، ۲۰ و ٢٤ ساعت پس از شروع انکوباسیون با استفاده از دستگاه فشارسنج (مدل Testo 512, Germany) ثبت شد. پس از ثبت گاز در هر زمان، فشار گاز توسط سرسوزن خارج شد و فشار گاز بر حسب پاسکال توسط محاسبات ریاضی تبدیل به میلی‌لیتر شد (بلومل و همکاران ۱۹۹۹) و در پایان مجوع تولید گاز در ٢٤ ساعت تعیین شد.

تجزیه‌پذیری ماده خشک: پس از پایان ٢٤ ساعت و ثبت گاز پایانی، محتویات بطری‌ها به داخل کروسیبل‌های از قبل توزین‌شده منتقل و در آون با دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند. با فرض اینکه شوینده خنثی، توده میکروبی را به طور کامل خارج می‌کند (ون سوست ١٩٩٤)، محتویات کروسیبل‌های خشک‌شده به مدت یک ساعت توسط دستگاه اندازه‌گیری الیاف خام (فایبرتک) در محلول شویندهٔ خنثی جوشیده شدند؛ سپس مجدداً در آون در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند و در پایان وزن آن‌ها ثبت شد. اختلاف وزن کروسیبل پس از آون و کروسیبل خالی، به‌عنوان مادهٔ خشک تجزیه‌نشده (a) محسوب شد، بنابراین درصد تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک به شکل زیر محاسبه شد:

$$\text{تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک (درصد)} = \frac{\text{مادهٔ خشک تجزیه‌نشده (میلی‌گرم)} - \text{مادهٔ خشک ریخته‌شده در بطری (میلی‌گرم)}}{\text{مادهٔ خشک ریخته‌شده در بطری (میلی‌گرم)}} \times ۱۰۰$$

مادهٔ خشک تجزیه‌نشده (میلی‌گرم) = [وزن کروسیبل خالی (گرم) − وزن کروسیبل حاوی باقیمانده (گرم)] × ۱۰۰۰

مادهٔ خشک ریخته‌شده در بطری (میلی‌گرم) = ۵۰۰ میلی‌گرم × (درصد مادهٔ خشک نمونهٔ خوراک ÷ ۱۰۰)

تجزیه‌پذیری ماده آلی: برای اندازه‌گیری گوارش‌پذیری ماده آلی، کروسیبل‌ها در داخل کورهٔ الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت سه ساعت خاکسترگیری شدند؛ سپس وزن آن‌ها ثبت و از وزن کروسیبل خالی

کم شد تا مقدار خاکستر (b) به دست آید. سپس مقدار مادهٔ خشک تجزیه‌نشده (a) از مقدار خاکستر (b) کم شد تا مادهٔ آلی تجزیه‌نشده (a-b) به دست آید. برای به دست آوردن مقدار و درصد مادهٔ آلی تجزیه‌شده در طی ۲۴ ساعت، باید مقدار مادهٔ آلی ریخته‌شده در بطری (c) محاسبه شود:

مادهٔ خشک ریخته‌شده در بطری (میلی‌گرم) × (۱۰۰ ÷ درصد مادهٔ آلی نمونهٔ خوراک) = مادهٔ آلی ریخته‌شده در بطری (c) (میلی‌گرم)

مادهٔ آلی تجزیه‌شده (میلی‌گرم) = c – (a – b)

مادهٔ آلی تجزیه‌نشده = (a – b)

بنابراین، درصد تجزیه‌پذیری مادهٔ آلی به شکل زیر محاسبه شد:

$$\text{تجزیه‌پذیری مادهٔ آلی (درصد)} = \frac{\text{مادهٔ آلی تجزیه‌نشده (میلی‌گرم)} - \text{مادهٔ آلی ریخته‌شده در بطری (میلی‌گرم)}}{\text{مادهٔ آلی ریخته‌شده در بطری (میلی‌گرم)}} \times ۱۰۰$$

فاکتور تفکیک شوندگی: فاکتور تفکیک شوندگی از نسبت ماده آلی تجزیه‌شده به میلی‌لیتر گاز تولیدی بدست آمد:

$$\text{فاکتور تفکیک} = \frac{\text{مادهٔ آلی تجزیه‌شده (میلی‌گرم)}}{\text{حجم گاز خالص (میلی‌لیتر)}}$$

مادهٔ آلی تجزیه‌شده (میلی‌گرم) = c – (a – b)

تولید و راندمان تولید تودهٔ میکروبی: تولید و راندمان تولید تودهٔ میکروبی بعد از پایان زمان انکوباسیون ۲۴ ساعت، با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

میلی‌گرم مادهٔ خوراکی که به‌طور حقیقی تجزیه شده – (میلی‌لیتر حجم گاز × فاکتور استوکیومتری) = تولید تودهٔ میکروبی (میلی‌گرم)

یا:

(۲/۲ × تولید خالص گاز بر حسب میلی‌لیتر) – [c-(a-b)] = تولید تودهٔ میکروبی (میلی‌گرم)

c: مادهٔ آلی ریخته‌شده در بطری (میلی‌گرم)

(a-b): مادهٔ آلی تجزیه‌نشده (میلی‌گرم)

(c – (a-b): مادهٔ آلی تجزیه‌شده (میلی‌گرم)

تولید گاز متان: برای اندازه‌گیری تولید گاز متان، بعد از پایان انکوباسیون ۲۴ ساعت نمونه‌های باگاس تازه و کهنه، کاه گندم و تیمارهای آزمایشی (۵۰۰ میلی‌گرم؛ ۳ تکرار) در مایع شکمبه+بافر فسفات، تولید گاز نهایی (پایان ۲۴ ساعت) ثبت شد. سپس ٤ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۱۰ مولار به محتویات بطری‌های شیشه‌ای اضافه شد تا گاز دی‌اکسید کربن را جذب کند. بعد از جذب گاز دی‌اکسید کربن (بعد از حدود ۱۰ دقیقه)، گاز باقیمانده در سرنگ یا بطری شیشه‌ای، گاز متان خواهد بود (فیوز و همکاران ۲۰۰۵).

حجم گاز باقیمانده در سرنگ یا بطری شیشه‌ای ۱۰ دقیقه بعد از تزریق هیدروکسید سدیم ۱۰ مولار= تولید گاز متان (میلی‌لیتر)

تولید گاز متان بلانک – تولید گاز متان نمونه = تولید گاز متان خالص (میلی‌لیتر)

طرح آزمایشی و آنالیز آماری داده‌ها

آزمایش در دو دور و تیمارهای هر دور در سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ترکیبات شیمیایی در قالب طرح کاملاً تصادفی و سایر داده‌ها (تولید گاز، فاکتور تفکیک، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی، تولید و راندمان تولید توده میکروبی و متان)

در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (هر دور به‌عنوان یک بلوک در نظر گرفته شد (اسپانگرو ۲۰۱۹) رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۶) انجام شد. مقایسات مستقل شامل مقایسه کاه گندم با باگاس کهنه و تازه و مقایسه باگاس کهنه با باگاس تازه انجام شد. همچنین مقایسه جیره‌های حاوی سطوح ۳۰ درصد از کاه گندم، باگاس کهنه و باگاس تازه نیز انجام شد. مقایسه میانگین‌ها برای تمام داده‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن و در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی کاه گندم، باگاس تازه و باگاس کهنه در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد که کاه گندم در مقایسه با باگاس تازه و کهنه محتوای ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر بیشتر و محتوای ماده آلی، الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی و لیگنین کمتری داشت (P<۰/۰۱). باگاس تازه و باگاس کهنه از نظر محتوای ماده آلی، ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵)؛ اما محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و لیگنین باگاس کهنه به طور معنی‌داری بیشتر از باگاس تازه بود (P<۰/۰۱).

Table 1- Chemical composition of wheat straw, old bagasse and fresh bagasse

Chemical composition (%DM)	Treatment			SEM[1]	P-value[2]	Independent comparison[3]	
	Wheat straw	Old bagasse	Fresh bagasse			1	2
DM	96.50[a]	93.00[b]	92.00[b]	0.28	<0.01	<0.01	0.09
OM	87.00[b]	93.00[a]	92.00[a]	0.81	0.02	0.01	0.45
CP	4.75[a]	1.98[b]	1.91[b]	0.09	<0.01	<0.01	0.60
NDFom	77.65[c]	88.51[a]	80.41[b]	0.47	<0.01	<0.01	<0.01
ADF_{om}	47.32[b]	64.56[a]	60.26[a]	1.20	<0.01	<0.01	0.08
ADL_{om}	10.42[c]	22.31[a]	19.44[b]	0.40	<0.01	<0.01	0.01
Ash	13.00[a]	7.00[b]	8.00[b]	0.81	0.02	0.01	0.45

1- Standard error of means.
2- In each row data with different superscripts are statistically different at P < 0.05 and trends at P < 0.10.
3- Comparison 1: Comparison of wheat straw against old bagasse and fresh bagasse, Comparison 2: Comparison of old bagasse against fresh bagasse.

ترکیبات شیمیایی باگاس در مطالعه حاضر با دیگر مطالعات مطابقت داشت (راملی و همکاران ۲۰۰۵؛ آلمیدا و همکاران ۲۰۱۸ ؛ فریتاس و همکاران ۲۰۱۸؛ هوگو و رحمان ۲۰۰۲؛ ردی و همکاران ۲۰۰۲؛ هژبری و سینگال ۲۰۰۶). بالا بودن محتوای ماده آلی باگاس در مقایسه با کاه گندم به دلیل بالا بودن خاکستر کاه گندم است. بالا بودن محتوای ماده آلی باگاس در مقایسه با کاه گندم می‌تواند بیانگر پتانسیل خوب باگاس در تأمین مواد آلی موردنیاز برای تغذیه نشخوارکنندگان باشد. محتوای پروتئین خام باگاس تازه یا کهنه در مقایسه با کاه گندم به طور معنی‌داری پایین‌تر بود؛ اما به هر حال کاه گندم و باگاس هر دو جز خوراک‌های با محتوای پروتئین پایین محسوب می‌شوند که بیانگر ارزش تغذیه‌ای پایین این خوراک‌ها از نظر تأمین پروتئین برای حیوان است. بالا بودن محتوای لیگنین باگاس نسبت به کاه گندم احتمالاً به دلیل پوشش بیرونی باگاس نیشکر باشد که حاوی لینگنین بیشتری است. مقایسات مستقل نشان داد که بین محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و لیگنین در باگاس تازه و کهنه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. روتز و آبرامس (۱۹۸۸) گزارش کردند که غلظت الیاف در طول نگهداری علوفه افزایش یافت، علت این افزایش را می‌توان به دلایلی مانند اتلاف ماده خشک و کربوهیدرات‌های قابل‌هضم و کاهش ماده آلی قابل‌هضم به دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی و بی‌هوازی ارتباط داد

(کاتوچ، ۲۰۲۲). از طرفی بالا بودن محتوای لینگنین در باگاس کهنه در مقایسه با باگاس تازه شاید به دلیل تجزیه بخش‌های آلی قابل‌هضم باگاس کهنه در اثر نگهداری طولانی‌مدت در انبار باشد. افزایش ماندگاری باگاس یا کهنه بودن آن می‌تواند دلیلی برای افزایش الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و معنی‌دار شدن محتوای لیگنین در باگاس کهنه در مقایسه با باگاس تازه باشد (کاتوچ، ۲۰۲۲).

ترکیب شیمیایی جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس کهنه در جدول ۲ آمده است. بیشترین محتوای ماده خشک و خاکستر و همچنین کمترین محتوای ماده آلی و الیاف غیرقابل حل در شوینده اسیدی مربوط به جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم (بدون باگاس کهنه) بود (P<۰/۰۵). پروتئین خام و لیگنین تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (P>۰/۰۵)، اما محتوای لیگنین با افزایش سطح باگاس جیره تمایل به افزایش داشت (P=۰/۰۶). جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس کهنه در مقایسه با جیره حاوی کاه گندم، محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی بیشتری داشتند (P<۰/۰۵). هژبری و سینگال (۲۰۰۶) اثر جایگزینی کاه گندم با سطوح مختلف باگاس تازه را بررسی و گزارش کردند که با افزایش سطح باگاس در جیره، محتوای ماده آلی به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین گزارش کردند که جیره‌های آزمایشی از نظر پروتئین خام و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. آلمیدا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که با افزایش سطح باگاس در جیره، مقدار ماده خشک جیره کاهش و مقدار الیاف جیره افزایش یافت. بالا بودن محتوای ماده خشک در جیره ۱ (جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم)، در مقایسه با جیره ۳ (جیره حاوی ۱۵ درصد کاه گندم و ۱۵ درصد باگاس) و جیره ٤ (جیره حاوی ۷/۵ درصد کاه گندم و ۲۲/۵ درصد باگاس) را می‌توان به بالا بودن محتوای ماده خشک کاه گندم در مقایسه با باگاس کهنه ارتباط داد (جدول ۱). بالا بودن محتوای ماده آلی در جیره ٤ (جیره حاوی ۷/۵ درصد کاه گندم و ۲۲/۵ درصد باگاس) و جیره ۵ (جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس) در مقایسه با جیره ۱ (جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم) را می‌توان به پایین بودن محتوای خاکستر جیره ٤ و ۵ (جدول ۲) و بالا بودن محتوای ماده آلی باگاس کهنه در مقایسه با کاه گندم ارتباط داد (جدول ۱). درصد لیگنین در جیره‌های آزمایشی با افزایش سطح باگاس جیره و جایگزینی با کاه گندم تمایل به معنی‌داری داشت (P=۰/۰٦) که دلیل آن را می‌توان به غلظت بالای لیگنین در نمونه باگاس در مقایسه با کاه گندم ارتباط داد (جدول ۱). بالا بودن محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی در جیره ۵ (جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس) در مقایسه با جیره‌های حاوی سطوح ۰، ۷/۵ و ۲۲/۵ درصد باگاس را می‌توان به بالا بودن محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی و لیگنین در باگاس در مقایسه با کاه گندم (جدول ۱) ارتباط داد.

ترکیب شیمیایی جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس تازه در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد که بیشترین محتوای ماده خشک مربوط به جیره دارای ۳۰ درصد کاه گندم و بدون باگاس تازه (جیره ۱) بود (P<۰/۰۵). بیشترین محتوای ماده آلی و کمترین محتوای خاکستر مربوط به جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه و بدون کاه گندم (جیره ۵) بود (P<۰/۰۵). پروتئین خام، الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی و لیگنین تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفتند (P>۰/۰۵). جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس تازه در مقایسه با جیره حاوی کاه گندم، محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی کمتری داشتند (P<۰/۰۵).

بالا بودن محتوای ماده خشک در جیره ۱ (جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم)، در مقایسه با جیره ۲ (جیره حاوی ۲۲/۵ درصد کاه گندم و ۷/۵ درصد باگاس)، جیره ۳ (جیره حاوی ۱۵ درصد کاه گندم و ۱۵ درصد باگاس) و جیره ٤ (جیره حاوی ۷/۵ درصد کاه گندم و ۲۲/۵ درصد باگاس) را می‌توان به بالا بودن محتوای ماده خشک کاه گندم و ۲۲/۵ درصد باگاس) را می‌توان به بالا بودن محتوای ماده خشک کاه

گندم در مقایسه با باگاس تازه ارتباط داد (جدول ۱). بالا بودن محتوای ماده آلی در جیره ۵ (جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه، بدون کاه گندم) در مقایسه با جیره ۱ (جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم، بدون باگاس تازه) و جیره ۲ (جیره حاوی ۲۲/۵ درصد کاه گندم و ۷/۵ درصد باگاس تازه) را می‌توان به پایین بودن محتوای خاکستر جیره ۵ (جدول ۲) و بالا بودن محتوای ماده آلی باگاس تازه در مقایسه با کاه گندم ارتباط داد (جدول ۱). در جیره‌های حاوی باگاس کهنه (جدول ۲)، با افزایش سطح باگاس کهنه در جیره و جایگزینی با کاه گندم، غلظت لیگنین تمایل به معنی‌داری داشت (P=۰/۰۶) اما در جیره‌های حاوی باگاس تازه (جدول ۲)، با افزایش سطح باگاس تازه در جیره و جایگزینی با کاه گندم، غلظت لیگنین به طور عددی افزایش یافت که بیانگر این است که کهنه شدن باگاس در مقایسه با باگاس تازه، می‌تواند باعث افزایش محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و لیگنین شود (جدول ۱). همان طور که بیان شد غلظت الیاف غیرقابل در شوینده اسیدی بین جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف باگاس تازه تفاوت معنی‌داری نداشت که می‌توان دلیل آن را به عدم تفاوت بین غلظت لیگنین آن‌ها ارتباط داد.

Table 2- Chemical composition of diets containing different levels of old and fresh bagasse.

	Experimental diet[1]						
Parameters	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**SEM[2]**	**P-value[3]**
Old bagasse							
DM	98.00^{a}	96.00^{ab}	94.00^{b}	96.00^{ab}	93.75^{b}	0.68	0.03
OM	91.00^{c}	92.50^{abc}	92.00^{bc}	94.50^{a}	93.75^{ab}	0.55	0.03
CP	15.44	14.85	14.18	14.75	14.88	0.38	0.35
NDFom	56.02^{d}	57.31^{c}	57.88^{bc}	58.94^{b}	61.66^{a}	0.35	0.01
ADF_{om}	34.36^{b}	35.07^{b}	35.71^{b}	36.59^{ab}	39.54^{a}	0.82	0.03
ADL_{om}	4.50	4.43	5.16	6.00	7.74	0.65	0.06
Ash	9.00^{a}	7.50^{abc}	8.00^{ab}	5.50^{c}	6.25^{bc}	0.55	0.03
Fresh bagasse							
DM	98.00^{a}	95.00^{b}	94.50^{b}	94.50^{b}	96.00^{ab}	0.70	0.05
OM	91.00^{b}	91.00^{b}	92.50^{ab}	92.50^{ab}	94.00^{a}	0.54	0.04
CP	15.44	15.23	14.56	14.63	13.99	0.42	0.26
NDFom	56.02^{a}	53.39^{b}	53.74^{b}	55.68^{a}	54.40^{b}	0.38	0.01
ADF_{om}	34.36	32.12	32.58	33.64	32.25	0.73	0.10
ADL_{om}	4.50	4.07	4.36	5.73	6.57	0.67	0.16
Ash	9.00^{a}	9.00^{a}	7.50^{ab}	7.50^{ab}	6.00^{b}	0.54	0.04

1-Diet 1: Diet containing 30% wheat straw, Diet 2: Diet containing 22.5% wheat straw and 7.5% bagasse, Diet 3: Diet containing 15% wheat straw and 15% bagasse, Diet 4: Diet containing 5 7.7% wheat straw and 22.5% bagasse and ration 5: Diet containing 30% bagasse.

2- Standard error of means.

3- In each row data with different superscripts are statistically different at $P < 0.05$ and trends at $P < 0.10$.

گوارش‌پذیری و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه

مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه گندم، باگاس کهنه و باگاس تازه در جدول ۳ آمده است. مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت در کاه گندم به‌طور معنی‌داری بالاتر از باگاس کهنه و تازه بود (P<۰/۰۱)، اما مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت بین باگاس کهنه و باگاس تازه تفاوت معنی‌داری نداشت. گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه گندم به طور معنی‌داری از باگاس کهنه و باگاس تازه بیشتر بود (P<۰/۰۱). گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی در باگاس کهنه و باگاس تازه با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند.

هژبری و سینگال (۲۰۰٦) اثر کاه گندم و باگاس نیشکر در جیره در شرایط آزمایشگاهی را بررسی و گزارش

کردند که گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی باگاس نیشکر کمتر از کاه گندم بود که ممکن است با بالا بودن محتوای لیگنین باگاس در ارتباط باشد. گوارش‌پذیری یک خوراک ارتباط نزدیکی با ترکیب شیمیایی آن خوراک دارد. بخش الیاف یک ماده خوراکی بیشترین اثر را بر گوارش‌پذیری آن دارد. بالا بودن مقدار الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی باعث کاهش گوارش‌پذیری علوفه‌ها می‌شود (ون سوست ۱۹۹٤). پایین بودن میزان تولید گاز در باگاس در مقایسه با کاه گندم می‌تواند به دلیل محتوای بالای لیگنین (جدول ۱) و گوارش‌پذیری پایین (جدول ۳) در باگاس باشد. بالا بودن درصد لیگنین و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی در نمونه‌های باگاس کهنه و تازه (جدول ۱) می‌تواند دلیلی برای کاهش گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی در نمونه‌های باگاس کهنه و تازه باشد.

Table 3- Gas production and digestibility of wheat straw, old bagasse and fresh bagasse.

Parameters	Wheat straw	Old bagasse	Fresh bagasse	SEM[1]	P-value[2] Treatment	P-value[2] Block	`Independent comparison[3] 1	`Independent comparison[3] 2
Total gas accumulation 24h (ml)	20.41[a]	13.52[b]	18.79[a]	1.23	<0.01	0.48	<0.01	0.36
Dry matter digestibility (%)	34.96[a]	27.53[b]	29.89[b]	1.39	<0.01	0.75	0.01	0.02
Organic matter digestibility (%)	34.86[a]	29.03[b]	30.43[b]	1.03	<0.01	0.43	0.01	<0.01

1- Standard error of means.
2- In each row data with different superscripts are statistically different at P < 0.05 and trends at P < 0.10.
3- Comparison 1: Comparison of wheat straw against old bagasse and fresh bagasse, Comparison 2: Comparison of old bagasse against fresh bagasse.

اثر جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس کهنه بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه در جدول ٤ آمده است. تولید گاز متان، فاکتور تفکیک شوندگی، تولید توده میکروبی، بازده تولید توده میکروبی و گوارش‌پذیری ماده آلی تحت تأثیر جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس کهنه قرار نگرفتند (P>۰/۰۵). مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت و گوارش‌پذیری ماده خشک جیره‌های آزمایشی تمایل به معنی‌داری داشتند (P=۰/۰۷) به طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت و گوارش‌پذیری ماده خشک به ترتیب مربوط به جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم و بدون باگاس (جیره ۱) و جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه (جیره ۵) بود.

همان‌طور که بیان شد تفاوت بین تولید گاز جیره‌های آزمایشی معنی‌دار نبود، اما با افزایش سطح باگاس کهنه در جیره، تمایل به کاهش تولید گاز (P=۰/۰۷) مشاهده شد. تولید گاز رابطه عکس با میزان الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی و لیگنین دارد. در آزمایش حاضر با افزایش سطوح باگاس کهنه در جیره، محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی، افزایش و محتوای لیگنین، تمایل به افزایش داشت (جدول ۲). تولید گاز متان تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. عوامل مختلفی مانند سطح علوفه جیره یا نسبت کنسانتره به علوفه، کیفیت جیره و ... بر تولید متان در شکمبه تأثیرگذار هستند. با توجه به این که در مطالعه حاضر نسبت علوفه به کنسانتره بین تیمارهای آزمایشی یکسان بود (۵۰:۵۰)، احتمالاً به این دلیل تولید متان نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نداشت. بین محتوای لیگنین و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی با گوارش‌پذیری جیره، رابطه عکس وجود دارد (گرابر ۲۰۰۵؛ آلمیدا و همکاران ۲۰۱۸)؛ بنابراین تمایل به کاهش

معنی‌دار گوارش‌پذیری ماده خشک و کاهش عددی گوارش‌پذیری ماده آلی با افزایش سطوح باگاس در جیره را می‌توان به دلیل افزایش معنی‌دار محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شویندهٔ اسیدی و تمایل به افزایش محتوای لیگنین ارتباط داد (جدول ۲). افزایش ماندگاری علوفه باعث افزایش محتوای الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی و به دنبال آن کاهش گوارش‌پذیری ماده خشک می‌شود (روتز و ماسک ۱۹۹٤). اگرچه تولید گاز و گوارش‌پذیری ماده خشک در جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس کهنه با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما از لحاظ آماری تمایل به معنی‌داری داشتند (P=۰/۰۷). نگهداری طولانی‌مدت علوفه (کهنه بودن باگاس) باعث کاهش ماده خشک و افزایش الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی می‌شود (روتز و ماسک ۱۹۹٤) که این موضوع احتمالاً باعث کاهش تولید گاز و گوارش‌پذیری ماده خشک در جیره‌های حاوی سطوح بالاتر باگاس کهنه در مطالعه حاضر شده است.

اثر جیره‌های حاوی سطوح مختلف باگاس تازه بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه در جدول ٤ آمده است. تولید گاز متان، فاکتور تفکیک شوندگی، تولید توده میکروبی و بازده تولید توده میکروبی تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (P>۰/۰۵) اما مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت و گوارش‌پذیری ماده آلی در جیره‌های آزمایشی، دارای تفاوت معنی‌داری بود (P<۰/۰۵) به طوری که کمترین مقدار مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت و گوارش‌پذیری ماده آلی مربوط به جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه و بدون کاه گندم (جیره ۱) بود. مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت و گوارش‌پذیری ماده آلی در جیره‌های حاوی سطوح ۷/۵ (جیره ۲)، ۱۵ (جیره ۳) و ۲۲ (جیره ٤) درصد باگاس تازه با جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم (جیره ۱) تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما گوارش‌پذیری ماده خشک جیره‌های آزمایشی تمایل به معنی‌داری داشتند (P=۰/۰۸).

تولید گاز با افزایش سطح باگاس تازه در جیره کاهش یافت. کاهش تولید گاز با افزایش سطح باگاس جیره ممکن است به دلیل افزایش عددی محتوای لیگنین با افزایش سطح باگاس (جدول ۲) و بنابراین کاهش قابلیت تخمیر باگاس باشد. همان‌طور که در بخش قبلی بیان شد، نسبت علوفه به کنسانتره در تیمارهای مطالعه حاضر یکسان بود (۵۰:۵۰)، لذا احتمالاً تولید متان نیز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. مولویان و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر جایگزینی کاه گندم با باگاس در جیره گزارش کردند که با افزایش سطح باگاس در جیره، گوارش‌پذیری ماده آلی کاهش یافت. هژبری و سینگال (۲۰۰٦) گزارش کردند که گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی با افزایش سطوح باگاس جیره کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین گوارش‌پذیری ماده آلی و ماده خشک به‌ترتیب مربوط به جیره بدون باگاس و جیره‌های با باگاس کمتر بودند. در یک مطالعه، زمانی که بیشتر از ٤۰ درصد کاه گندم با باگاس تازه جایگزین شد، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی به طور معنی‌داری کاهش یافت (کار و کاشال ۲۰۰۱). این نتایج با نتایج مطالعه ما همسو بودند؛ اگر چه در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری بین گوارش‌پذیری ماده خشک جیره‌های دارای سطوح مختلف باگاس تازه مشاهده نشد، اما از نظر عددی با افزایش سطوح باگاس تازه، گوارش‌پذیری ماده خشک کاهش یافت. گوارش‌پذیری ماده آلی در جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه (جیره ۵) در مقایسه با جیره‌های حاوی سطوح دیگر باگاس تازه (جیره‌های ۲، ۳ و ٤) و جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم (جیره ۱) به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود که می‌توان دلیل آن را به بالا بودن محتوای لیگنین باگاس تازه در مقایسه با کاه گندم (جدول ۱) و افزایش عددی لیگنین با افزایش سطح باگاس تازه در جیره (جدول ۲) و بنابراین تخمیر و تولید گاز کمتر ارتباط داد.

Table 4- Effect of diets containing different levels of old bagasse on rumen fermentation parameters

Parameters	Experimental diets[1]					SEM[2]	`P-value[3]	
	1	2	3	4	5		Treatment	Block
Old bagasse								
Total gas accumulation 24h (ml)	68.55	64.28	64.37	63.17	56.98	2.67	0.07	0.57
Methane production (ml)	9.81	9.46	10.20	9.34	9.73	0.75	0.93	0.39
Separation factor	3.70	3.96	3.84	3.89	4.17	0.25	0.75	0.69
Microbial mass production (mg)	103.85	118.15	111.85	113.22	128.81	9.52	0.46	0.75
Microbial mass production efficiency (%)	41.18	46.43	45.06	45.81	47.16	3.79	0.82	0.66
Dry matter digestibility (%)	55.17	54.09	51.77	51.38	47.86	1.77	0.07	0.91
Organic matter digestibility (%)	55.67	55.03	53.25	52.47	48.93	2.00	0.18	0.92
Fresh bagasse								
Total gas accumulation 24h (ml)	68.55^{a}	65.03^{a}	65.12^{a}	63.68^{ab}	58.80^{b}	2.00	0.03	0.92
Methane production (ml)	9.81	10.48	10.72	10.12	10.18	0.83	0.94	0.81
Separation factor	3.70	3.90	3.96	3.90	3.98	0.18	0.82	0.84
Microbial mass production (mg)	103.85	118.02	123.76	116.76	106.62	8.89	0.49	0.50
Microbial mass production efficiency (%)	41.18	46.13	47.50	46.67	45.52	2.59	0.47	0.60
Dry matter digestibility (%)	55.17	54.73	54.49	52.37	48.26	1.87	0.08	0.75
Organic matter digestibility (%)	55.67^{a}	56.03^{a}	55.67^{a}	53.86^{ab}	49.37^{b}	1.61	0.03	0.55

1- Diet 1: Diet containing 30% wheat straw, Diet 2: Diet containing 22.5% wheat straw and 7.5% bagasse, Diet 3: Diet containing 15% wheat straw and 15% bagasse, Diet 4: Diet containing 7.5 Percentage of wheat straw and 22.5% bagasse and ration 5: Diet containing 30% bagasse.
2- Standard error of means.
3- In each row data with different superscripts are statistically different at $P < 0.05$ and trends at $P < 0.10$.

مقایسات مستقل

مقایسات مستقل ترکیب شیمیایی جیره‌های حاوی کاه گندم، باگاس کهنه و باگاس تازه در جدول ۵ آمده است. محتوای ماده خشک، ماده آلی، الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی، لیگنین و خاکستر جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم تفاوت معنی‌داری با جیره‌های حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه و جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه داشت (P<۰/۰۱). محتوای پروتئین خام جیره‌های حاوی ۳۰ درصد کاه گندم و جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه و باگاس تازه تمایل به معنی‌داری داشت (P=۰/۰۸). محتوای ماده خشک (P<۰/۰۵) و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی (P<۰/۰۱) جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه و جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. محتوای ماده آلی، پروتئین خام، لیگنین و خاکستر جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه تفاوت معنی‌داری با جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه نداشتند (P>۰/۰۵).

بالا بودن محتوای ماده خشک در جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم در مقایسه با جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه یا جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه (مقایسه ۱) را

می‌توان به بالا بودن محتوای ماده خشک کاه گندم در مقایسه با باگاس کهنه یا باگاس تازه (جدول ۳) ارتباط داد. بالا بودن محتوای ماده خشک در جیره حاوی باگاس کهنه در مقایسه با جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه (مقایسه ۲) را می‌توان به بالا بودن محتوای ماده خشک باگاس کهنه در مقایسه با باگاس تازه (جدول ۳) و از دست رفتن آب آن در طی نگهداری در انبار ارتباط داد. بالا بودن محتوای ماده آلی در جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم در مقایسه با جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه یا جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه (مقایسه ۱) را می‌توان به پایین بودن محتوای خاکستر در باگاس تازه یا کهنه در مقایسه با کاه گندم (جدول ۱) یا به پایین بودن محتوای خاکستر در جیره حاوی‌های حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه یا تازه در مقایسه با جیره حاوی کاه گندم (جدول ۲ و ۳) ارتباط داد. تمایل به معنی‌داری پروتئین خام (P=۰/۰۸) در مقایسه مستقل ۱ (جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم در مقایسه به جیره‌های حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه یا باگاس تازه) را می‌توان به بالا بودن معنی‌دار غلظت پروتئین کاه گندم در مقایسه با باگاس کهنه یا تازه (جدول ۱) ارتباط دارد. همان‌طور که بیان شد مقایسات مستقل (مقایسه ۱) نشان داد که محتوای لیگنین در جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس تازه یا ۳۰ درصد باگاس کهنه در مقایسه با جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم به طوی معنی‌داری بالاتر بود که دلیل آن را می‌توان به بالا بودن محتوای لیگنین در باگاس تازه یا کهنه در مقایسه با کاه گندم ارتباط داد (جدول ۱). با توجه به جدول ۵، میزان الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی در باگاس کهنه به طور معنی‌داری بیشتر از باگاس تازه بود. همان‌طور که محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب در طول ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد، به ترتیب بخش‌های الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی نیز افزایش می‌یابد. افزایش زمان ماندگاری یا به اصطلاح کهنه بودن باعث کاهش ماده خشک و اتلاف رطوبت می‌شود (روتز و ماسک ۱۹۹٤).

مقایسات مستقل فراسنجه‌های تخمیر شکمبه جیره‌های حاوی کاه گندم، باگاس کهنه و باگاس تازه در جدول ۵ آمده است. با توجه به مقایسات مستقل ۲، هیچکدام از پارامترهای تخمیر شکمبه تحت تأثیر تازگی یا کهنه بودن باگاس قرار نگرفتند (P>۰/۰۵)؛ اما با توجه به مقایسات مستقل ۱ یعنی مقایسه جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم در مقابل جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه و ۳۰ درصد باگاس تازه، مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P>۰/۰۵).

کاهش گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی و مجموع تولید گاز ۲٤ ساعت در جیره‌های حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه یا تازه در مقایسه با جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم می‌تواند به دلیل بالا بودن محتوای لیگنین در باگاس تازه یا کهنه در مقایسه با کاه گندم (جدول ۱) باشد. از الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی برای پیشگویی مقدار انرژی و گوارش‌پذیری علوفه‌ها استفاده می‌شود. از آن‌جا که لیگنین و سیلیس توسط نشخوارکنندگان غیرقابل‌هضم هستند، مقدار بالای آنها در علوفه‌ها به معنی پایین بودن میزان انرژی و گوارش‌پذیری علوفه می‌باشد. مقدار الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی برای ارزیابی کیفیت علوفه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار هستند، زیرا به ترتیب دارای همبستگی زیادی با گوارش‌پذیری علوفه و مصرف آن دارند (راسل و همکاران ۱۹۹۲). معنی‌دار شدن الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی و لیگنین (جدول ۵) مربوط به مقایسات مستقل جیره حاوی ۳۰ درصد کاه گندم در مقابل جیره حاوی ۳۰ درصد باگاس کهنه و ۳۰ درصد باگاس تازه می‌تواند دلیلی برای معنی‌دار شدن گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی (جدول ۵) باشد.

Table 5- Significance level of independent comparisons of chemical composition and rumen fermentation parameters related to diets containing 30% of wheat straw, 30% of old bagasse and 30% of fresh bagasse

	Independent comparisons[1]	
Parameters	**1**	**2**
Chemical composition (%DM)		
DM	<0.01	0.03
OM	<0.01	0.80
CP	0.08	0.17
NDFom	0.01	0.01
ADFom	0.01	<0.01
ADL	0.01	0.25
Ash	<0.01	0.77
Rumen fermentation parameters		
Total gas accumulation 24h (ml)	0.0007	0.59
Methane production (ml)	0.88	0.69
Separation factor	0.17	0.55
Microbial mass production (mg)	0.23	0.10
Microbial mass production efficiency (%)	0.21	0.72
Dry matter digestibility (%)	0.003	0.88
Organic matter digestibility (%)	0.005	0.86

1- Comparison 1: Comparison of diets containing 30% of wheat straw versus diets containing 30% of old bagasse and 30% of fresh bagasse and comparison 2: Comparison of diets containing 30% of old bagasse with diets containing 30% of fresh bagasse.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که محتوای ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر در کاه گندم در مقایسه با باگاس کهنه یا تازه، بیشتر و محتوای ماده آلی، الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و اسیدی و لیگنین در باگاس کهنه یا تازه در مقایسه با کاه گندم بیشتر بود. باگاس کهنه، محتوای لیگنین و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی بیشتری نسبت به باگاس تازه داشت. گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی و تولید گاز در کاه گندم بیشتر از باگاس بود. باگاس تازه، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی بیشتری نسبت به باگاس کهنه داشت. بیشترین محتوای ماده خشک و خاکستر و کمترین محتوای ماده آلی و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده اسیدی مربوط به جیره دارای ۳۰ درصد کاه گندم بود. در کل با توجه به این که گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی بین جیره‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت، اما استفاده از سطح ۳۰ درصد باگاس باعث کاهش عددی گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی در مقایسه با سطوح پایین‌تر باگاس شد؛ در صورت پایین بودن قیمت هر کیلوگرم کاه گندم در مقایسه با باگاس، می‌توان پیشنهاد کرد که حداکثر از سطح ۲۲/۵ درصد باگاس به جای کاه گندم در جیره میش‌های داشتی استفاده کرد؛ البته می‌توان سطح ۳۰ درصد باگاس را نیز با احتیاط در جیره میش‌های داشتی استفاده کرد. همچنین توصیه می‌شود به دلیل محتوای لیگنین پایین‌تر باگاس تازه در مقایسه با باگاس کهنه، از باگاس تازه به جای باگاس کهنه در جیره میش‌های داشتی استفاده شود و از ذخیره کردن طولانی‌مدت باگاس در انبار به دلیل افزایش سطح لیگنین و الیاف غیرقابل‌حل در شوینده خنثی و بنابراین کاهش گوارش‌پذیری آن جلوگیری کرد.

منابع مورد استفاده

Ahmed MH and Babiker SA, 2015. Effect of feeding urea-treated sugar-cane bagasse on properties and quality of fresh meat of Sudan baggara Zebu Bulls. International Journal of Animal Biology 1: 45-49.

Almeida GAP, de Andrade Ferreira M, de Lima Silva J, Chagas JCC, Véras ASC, de Barros LJA and de Almeida GLP, 2018. Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy cows in smallholder livestock system. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 3: 379-385.

AOAC, 2019. Official Methods of Analysis, 21st ed. AOAC International, Arlington, VA. Banerjee GC. 1991. A text book of animal husbandry. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. 554 pp.

Blummel M, Aiple KP, Steingass H and Becker K, 1999. A note on the stoichiometrical relationship of short chain fatty acid production and gas evolution in vitro in feedstuffs of widely differing quality. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 81: 157–167.

Brendt A, Henrique W, Lanna PPL, Alleoni GF and Leme PR, 2002. High moisture corn, sugarcane bagasse and corn silage in high concentrate diets. Empty body chemical composition and tissues deposition rates. Revista Brasileira de Zootecnia 31: 2105-2112.

Chaji M and Mohammadabadi T, 2012. Determination of Rumen Fungi Growth on Steamtreated Sugarcane Pith by Quantitative Competitive Polymerase Chain Reaction. Animal Nutrition and Feed Technology 12: 47-53.

Costa DA, Souza CL, Saliba EO and Carneiro JC, 2015. Byproducts of sugar cane industry in ruminant. International Journal of Advance Agricultural Research 3: 1–9.

Dijkstra J, Kebreab E, Bannink A, France J and Lopez S 2005. Application of the gas production technique to feed evaluation systems for ruminants. Animal Feed Science and Technology 123: 561-578.

FAO STATS, 2016. Crop Production. FAO Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fievez V, Babayemi OJ and Demeyer D, 2005. Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilitie. Animal Feed Science and Technology 123: 197–210.

Freitas WR, de Andrade Ferreira M, Silva JL, Véras ASC, Barros LJA, Alves AMSV, Chagas JCC, Siqueira TDQ and de Almeida GAP, 2018. Sugarcane bagasse as only roughage for crossbred lactating cows in semiarid regions. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 53: 386–393.

Getachew G, Blummel M, Makkar HPS and Becker K, 1998. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. Animal Feed Science and Technology 72: 261-128.

Givens DI, Owen E, Axford RFE and Omed HM, 2000. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing, Pp: 189-213.

Grabber JH, 2005. How do lignin composition, structure, and crosslinking affect degradability? A review of cell wall model studies. Crop Science 45: 820–831.

Hozhabri F and Singhal KK, 2006. In vitro evaluation of evaluation of sugarcane bagasse. Indian Journal of Animal Nutrition 23: 88-93.

Huque HS and Rahman MM, 2002. Utllization of sugarcane tops and bagasse as roughage sources in growing bulls. Indian Journal of Animal Nutrition l9: 227 -231.

Katoch R, 2022. Nutritional Quality Management of Forages in the Himalayan Region. Springer Press. ISBN 978-981-16-5437-4 (eBook).

Kaur S and Kaushal JR, 2001. Effect of moisture, sodium hydroxide and urea treatments on chemical composition and in vitro and in sacco dry matter digestibility of bagasse in ruminants. Indian Journal of Animal Nutrition 18: 29-35.

Makkar HPS, 2010. In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In ‘In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies’. (Eds PE Vercoe, HPS Makkar) 107-144. (IAEA: Dordrecht, The Netherlands).

Makkar HSP, 2018. Review: Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. Animal 12: 1744-1754.

Molavian M, Ghorbani GR, Rafiee H and Beauchemin KA, 2020. Substitution of wheat straw with sugarcane bagasse in low-forage diets fed to mid-lactation dairy cows: Milk production, digestibility, and chewing behavior. Journal of Dairy Science 103: 8034-8047.

NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Pereira RAN, Ferreira WM and Garcia SK, 2008. Digestibility of sugar cane bagasse after a NaOH treatment in growing rabbit diets. Zootecnia e Medicina Veterinária 32: 573-577.

Ramli MN, Imura Y, Takayama K and Nakanishi Y, 2005. Bioconversion of sugarcane bagasse with Japanese koji by solid-state fermentation and its effects on nutritive value and preference in goats. Asian-Australasian Journal of Animal Science 18: 1279–1284.

Reddy GVN, Reddy KJ and Nagalakshmi D, 2002. Effect of expander-extruder processed complete diet containing sugarcane bagasse on growth and nutrient utilization in Ongole bull calves. Indianan Journal of Animal Science 72: 406-409.

Rotz CA and Muck RE, 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: G. C. Fahey et al. (eds.) Forage quality, evaluation, and utilization. ASA, CSSA, and SSSA, Madi-son, WI. pp. 828-868.

Rotz CA and Abrams SM, 1988. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. Transactions of the ASAE, American Society of Agricultural Engineers 31: 350-355.

Russell JB, O'Connor JD, Fox DG, Van Soest PJ and Sniffen CJ, 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets I. Ruminal fermentation. Journal of Animal Science 70: 355-361.

SAS, 2006. Procedures Guide, second ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Spanghero M, Chiaravalli M, Colombini S, Fabro C, Froldi F, Mason F, Moschini M, Sarnataro C, Schiavon S and Tagliapietra F, 2019. Rumen Inoculum Collected from Cows at Slaughter or from a Continuous Fermenter and Preserved in Warm, Refrigerated, Chilled or Freeze-Dried Environments for In Vitro Tests. Animals 9 (10): 815-828.

Van Soest PJ, 1994. Nutritional ecology of the ruminant, 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.

Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3593-3597.