زیست‌شناسی جانوری، سال چهاردهم، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۱۷- ۱۰۷

مقاله پژوهشی

مقایسه کارآیی جمعیت میکروبی شکمبه و مدفوع گوسفند در برآورد ارزش غذایی دانه‌های ذرت و سورگوم با استفاده از روش تولید گاز آزمایشگاهی

ابوالفضل آقاجانزاده گلشنی*، ناصر ماهری سیس، رامین سلامت دوست نوبر، یحیی ابراهیم‌نژاد، ابوالفضل قربانی

گروه علوم دامی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران

*مسئول مکاتبات: aaghajanzadeh50@gmail.com

DOI: 10.22034/ascij.2021.687835

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۰

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی کارآیی تخمیر میکروارگانیسم‌های مدفوع در مقایسه با میکروارگانیسم‌های شیرابه شکمبه برای برآورد ارزش غذایی دانه‌های ذرت و سورگوم در نشخوارکنندگان با روش تولید گاز آزمایشگاهی است. برای انجام آزمایش تولید گاز با استفاده از دو روش شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع؛ لیکور شکمبه و سوسپانسیون مدفوع از سه رأس گوسفند فیستوله‌شده توده قزل اخذ شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مواد خوراکی مورد آزمایش، تفاوت معنی‌داری از نظر تولید گاز در زمان‌های مختلف انکوباسیون بین دو روش یاد شده وجود نداشت. از نظر حجم گاز حاصل از بخش قابل تخمیر (A) برای دانه ذرت بین روش‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما مقدار این فراسنجه در دانه سورگوم با روش سوسپانسیون مدفوع به طور معنی‌داری بیشتر از روش شیرابه شکمبه بود (p <۰/۰۵). مقادیر انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه برآورد شده مواد خوراکی مورد آزمایش از روی مقدار تولید گاز با استفاده از شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. مقدار گاز تولیدی در روش شیرابه شکمبه از روی مقدار گاز تولیدی با روش سوسپانسیون مدفوع برای دانه سورگوم و دانه ذرت با استفاده از معادلات رگرسیونی حاصل از نتایج این تحقیق به ترتیب ($Y_{sorghum}$=۰/۸۹۲۹ X −۱/۶۳۵۳ و Y_{corn}=۰/۹۶۵۷ X −۳/۴۰۹۷) قابل برآورد است. با توجه به نتایج پژوهش به نظر می‌رسد سوسپانسیون مدفوع، جایگزین مناسبی برای شیرابه شکمبه در روش تولید گاز آزمایشگاهی جهت ارزشیابی مواد خوراکی نشخوارکنندگان می‌باشد.

کلمات کلیدی: شیرابه شکمبه، سوسپانسیون مدفوع، تخمیر، انرژی قابل متابولیسم، تولید گاز آزمایشگاهی.

مقدمه

تعیین ارزش تغذیه‌ای مواد خوراکی یکی از مباحث اساسی در تغذیه دام به شمار می‌رود. برای این منظور لازم است علاوه بر تعیین ترکیبات شیمیایی، قابلیت هضم، تخمیرپذیری و تجزیه پذیری خوراک‌ها و همچنین خوش‌خوراکی آنها نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. سه روش شناخته شده شامل روش حیوان زنده (*in vivo*)، روش کیسه‌های نایلونی (*in situ*) و روش‌های آزمایشگاهی (*in vitro*) برای تعیین یا برآورد ارزش غذایی مواد خوراکی استفاده می‌شوند که هر یک از روش‌های یاد شده دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند (۲۲). هر چند روش حیوان زنده اطلاعات با ارزش و مفیدی را از

عملکرد و مقدار ارزش غذایی مواد خوراکی ارائه می‌دهد اما این روش پرهزینه، زمان‌بر و کاربر بوده و نیاز به مقادیر زیادی از ماده خوراکی مورد آزمایش دارد (۱۴). روش کیسه‌های نایلونی نیز به عنوان یک روش استاندارد برای ارزشیابی مواد خوراکی پذیرفته شده است. این روش در مقایسه با روش حیوان زنده به حیوانات و مواد خوراکی کمتری نیاز داشته (۲ و ۲۳) و با استفاده از این روش می‌توان تجزیه پذیری پروتیین در شکمبه را تعیین و پروتیین قابل متابولیسم خوراک‌ها را برآورد کرد (۲۵) اما این روش نیز نیاز به اخذ مجوز از مراجع قانونی برای فیستوله کردن حیوانات داشته و دارای فرآیندی زمانبر و پرزحمت می‌باشد. از طرف دیگر این روش قابلیت برآورد مقدار انرژی خوراک‌های مورد آزمایش را ندارد (۲).

استفاده از روش‌های آزمایشگاهی هر چند ممکن است نیاز به راستی آزمایی نتایج با روش حیوان زنده داشته باشد اما بسیاری از معایب و محدودیت‌های روش‌های حیوان زنده و کیسه‌های نایلونی را ندارد. از مهمترین روش‌های آزمایشگاهی که مبتنی بر تخمیر میکروبی می‌باشد می‌توان به روش تولید گاز آزمایشگاهی اشاره کرد. این روش در اصل برای تعیین ویژگی‌های تخمیر ماده آلی در مایع شکمبه توسعه پیدا کرده است و یک روش سریع و آسان و کم‌هزینه برای برآورد روند تخمیرپذیری شکمبه‌ای، قابلیت هضم ماده آلی و مقادیر انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می‌باشد (۳). اما در این روش نیز همانند روش کیسه‌های نایلونی نیاز به دام کانوله‌گذاری شده وجود دارد. استفاده از دام‌های کانوله‌دار برای تامین لیکور شکمبه نیز محدودیت‌هایی از قبیل نیاز به جراحی، مراقبت دائم از دام، ملاحظات قانونی و اخلاقی و هزینه‌های مربوط به نگهداری طولانی مدت حیوانات فیستوله‌شده را به همراه دارد. بنابراین ایجاد تغییراتی در روش تولید گاز آزمایشگاهی که بتواند بخشی از محدودیت‌های یاد شده را برطرف نماید ضروری به نظر می‌رسد (۲۶). الشاعر و همکاران (۱۲) استفاده از مدفوع گوسفند در روش تولید گاز آزمایشگاهی را به عنوان جایگزین مناسبی برای شیرابه شکمبه معرفی نمودند. کاتریگنلی و همکاران (۱۱) نیز با موفقیت از مدفوع گاومیش به جای شیرابه شکمبه استفاده کردند و تفاوت معنی‌داری بین نتایج حاصل از دو روش یاد شده مشاهده نکردند. لادادیو و همکاران (۲۱) نیز نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین نتایج مربوط به قابلیت هضم مواد خوراکی بین شیرابه شکمبه گوسفند با لیکور مدفوع بز، گوسفند و شتر وجود ندارد. همچنین، زیکارلی و همکاران (۳۹)، استفاده از سوسپانسیون مدفوع به جای شیرابه شکمبه را به عنوان یک روش آزمایشگاهی قابل قبول برای ارزشیابی خوراک‌ها پیشنهاد کردند. گرسلی و همکاران (۱۶) بیان داشتند که شباهت‌های زیادی بین تخمیر شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای از حیث تراکم باکتریایی، فعالیت‌های آنزیمی باکتری‌ها، محصولات نهایی تخمیر (آمونیاک، اسیدهای چرب فرار، سلول‌های میکروبی و متان)، شرایط محیطی (pH، پتانسیل احیا و فشار اکسیژن) وجود دارد و مهمترین تفاوت این دو محیط را عدم وجود پروتوزوئرها در بخش بعد شکمبه‌ای و مدفوع حیوان ذکر کردند. در سال‌های اخیر استفاده از مدفوع حیوانات مختلف از جمله گوسفند (۴)، گاو (۹)، خوک (۱۸، ۳۸) بوقلمون (۳۸) و اسب (۱۳) به عنوان منبع میکروارگانیسم‌ها در ارزشیابی مواد خوراکی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است.

هدف از این پژوهش، بررسی امکان جایگزینی سوسپانسیون تهیه شده از مدفوع گوسفند به جای شیرابه شکمبه به عنوان منبع میکروارگانیسمی برای برآورد انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی،

قابلیت هضم ماده آلی و تولید اسیدهای چرب زنجیر کوتاه و تعیین روند تخمیرپذیری دانه‌های ذرت و سورگوم با استفاده از روش تولید گاز آزمایشگاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- مکان آزمایش: عملیات مزرعه‌ای تحقیق حاضر (تهیه لیکور شکمبه و مدفوع گوسفندی) در ایستگاه تحقیقاتی دام‌پروری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر صورت گرفت. قسمت عمده کارهای آزمایشگاهی نمونه‌ها در آزمایشگاه‌های تغذیه دام دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر به اجرا درآمد.

تهیه مواد خوراکی و تجزیه شیمیایی: سورگوم جارویی از شهر میانه و ذرت دندان اسبی از کارخانه خوراک دام نیروسهند تبریز تهیه شدند. از هر نمونه خوراکی به مقدار حدود ۵۰۰ گرم انتخاب و با اندازه ذرات یک میلی‌متر در آسیاب چکشی آسیاب شدند. ترکیبات شیمیایی شامل ماده خشک، خاکستر، چربی خام، پروتیین خام، فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی، طبق روش‌های استاندارد تعیین شد (۷ و ۳۶). مقدار ماده آلی از محاسبه اختلاف مقادیر ماده خشک با خاکستر به‌دست آمد و مقدار کربوهیدرات‌های غیر فیبری از رابطه زیر محاسبه شد (۲۸).

NFC = ۱۰۰ – (NDF + CP + EE + Ash)

NFC: کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد در ماده خشک)

NDF: دیواره سلولی (درصد در ماده خشک)

CP: پروتیین خام (درصد در ماده خشک)

EE: چربی خام (درصد در ماده خشک)

Ash: خاکستر (درصد در ماده خشک)

روش‌های آماری و نوع طرح آزمایشی: این آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی روی دو ماده خوراکی و هر کدام در سه تکرار و ۱۱ زمان انکوباسیون در مجموع با تعداد ۳۳ داده برای هر ماده خوراکی انجام شد.

روش تولید گاز آزمایشگاهی معمول با استفاده از شیرابه شکمبه: برای انجام آزمایش تولید گاز، لیکور شکمبه از سه راس گوسفند نر توده قزل کانوله‌گذاری شده با سن ۲ ± ۲۲ ماه و وزن ۵۵ الی ۶۰ کیلوگرم، قبل از غذای وعده صبحگاهی به وسیله لوله پلاستیکی که به یک سرنگ ۵۰ میلی‌لیتری متصل بود، گرفته شده و بلافاصله به فلاسک گرم حاوی دی‌اکسید کربن منتقل شد. شیرابه شکمبه از یک شال پنیر دو لایه عبور داده شده و در دمای ۳۹ درجه سلسیوس و تحت شرایط گاز دی‌اکسیدکربن نگهداری شد. گوسفندان مورد آزمایش با استفاده از جیره غذایی کاملاً مخلوط، حاوی ۷۰ درصد علوفه (یونجه خشک) و ۳۰ درصد کنسانتره (جو، کنجاله سویا و کنجاله پنبه‌دانه، مکمل‌های مواد معدنی و ویتامینی) و در حد ۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات نگهداری، در دو نوبت صبح و عصر تغذیه شدند و در تمام شبانه روز دسترسی آزاد به آب کافی و سالم داشتند. انکوباسیون با استفاده از سرنگ‌های مدرج معلق با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر در انکوباتور شیکردار (در دمای ۳۹/۵ درجه سلسیوس) انجام شد. محتویات سرنگ‌ها حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم از مواد خوراکی مورد آزمایش (بر اساس ماده خشک)، ۱۰ میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و ۲۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی بود (۲۷). برای تصحیح اثر گاز تولیدی ناشی از عمل میکروارگانیسم‌ها، از سه عدد سرنگ بدون ماده خوراکی مورد آزمایش (بلانک یا شاهد) استفاده شد. گاز تولیدی در سرنگ‌ها در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰ و ۷۲ ساعت در سه تکرار قرائت و ثبت شد.

روش تولید گاز آزمایشگاهی معمول با استفاده از سوسپانسیون تهیه شده از مدفوع: برای انجام آزمایش تولید گاز با سوسپانسیون مدفوع، نمونه‌های مدفوع نیز از همان حیوانات مورد استفاده در آزمایش بالا، اخذ و بر اساس دستورالعمل الشاعر و همکاران (۱۲) آماده سازی گردید و سپس تمام مراحل روش تولید گاز آزمایشگاهی بر مبنای لیکور شکمبه، در این آزمایش نیز اجرا شد. برای تهیه سوسپانسیون مدفوع بر اساس روش الشاعر و همکاران (۱۲) قبل از خوراک وعده صبحگاهی، مدفوع تازه از رکتوم حیوان تهیه شده و در فلاسک گرم به آزمایشگاه منتقل شد. مقدار۵۰ گرم از مدفوع اخذ شده در ۵۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی تهیه شده با روش منک و استنگش (۲۷) که با گاز دی‌اکسید کربن اشباع شده بود خیسانده و سپس مخلوط نسبتاً یکنواختی تهیه شد و سپس مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر از بزاق مصنوعی به آن اضافه و پس از صاف کردن، pH آن به ٦/٨ رسانیده شد. انکوباسیون با استفاده از سرنگ‌های مدرج معلق با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر در انکوباتور شیکردار (در دمای ۳۹/۵ درجه سلسیوس) انجام شد. محتویات سرنگ‌ها حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم از مواد خوراکی مورد آزمایش (بر اساس ماده خشک) و ۳۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون تهیه شده از مدفوع بود. برای تصحیح اثر گاز تولیدی ناشی از عمل میکروارگانیسم‌های مدفوع، از سه عدد سرنگ بدون ماده خوراکی مورد آزمایش (بلانک یا شاهد) استفاده شد. گاز تولیدی در سرنگ‌ها در زمان‌های مشابه با روش لیکور شکمبه، در سه تکرار قرائت و ثبت شد.

معادلات مورد استفاده: مقدار اسیدهای چرب زنجیره کوتاه (٢٤)، قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل سوخت و ساز و انرژی خالص شیردهی(۲۷) مواد خوراکی مورد آزمایش به ترتیب از رابطه‌های زیر برآورد شدند.

$$SCFA=۰/۰۲۲۲\ Gas - ۰/۰۰۴۲۵$$

$$DOM= ۰/۹۹۹۱\ Gas + ۰/۵۹۵\ CP + ۰/۱۸۱\ CA + ۹$$

$$ME = ۰/۱۵۷\ Gas + ۰/۰۸٤\ CP + ۰/۲۲\ EE - ۰/۰۸۱\ CA + ۱/۰٦$$

$$NE_l = ۰/۱۱۵\ Gas + ۰/۰۵٤\ CP + ۰/۱٤\ EE - ۰/۰۵٤\ CA - ۰/۳٦$$

CA: خاکستر (درصد)، CP: پروتیین خام (درصد)، EE: چربی خام (درصد)، SCFA: اسیدهای چرب زنجیره کوتاه (میلی‌مول)، DOM: قابلیت هضم ماده آلی (درصد)، ME: انرژی قابل سوخت و ساز (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)، Gas: تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در ٢٤ ساعت اولیه تخمیر)، NEl: انرژی خالص شیردهی (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)

فراسنجه‌های تولید گاز آزمایشگاهی: مقدار تولید گاز و فراسنجه‌های مربوطه با استفاده از معادله $Y=A\ (1-e^{-ct})$ برآورد شد (۲۹) که Y: حجم گاز تولیدی در زمان t (میلی‌لیتر)، A: حجم گاز حاصل از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر)، e: عدد نپری (۲/۷۱۸۲)، c: ثابت سرعت تولید گاز در طول انکوباسیون (میلی‌لیتر در هر ساعت) و t: مدت زمان انکوباسیون می‌باشند.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات: محاسبات، استخراج معادلات رگرسیونی و تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از بسته نرم‌افزاری SAS (٣٤) نسخه ۹/۱ و نرم افزار Fitcurve نسخه ٦ (٨) انجام و برای مقایسات میانگین‌ها از آزمون جند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

در جدول ۱ میانگین ترکیبات شیمیایی دانه‌های ذرت و سورگوم آورده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود مقادیر ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام دانه ذرت به ترتیب ۹۸/۸۵، ۸/۱۳ و ۳/۷۲ درصد و برای دانه سورگوم ۹٦/۷۳، ۹/۹۸ و ۳/۰۰ درصد در ماده خشک می‌باشد.

نتایج تجزیه آماری و مقایسه میانگین تولید گاز بین دو روش تولید گاز آزمایشگاهی در زمان‌های مختلف انکوباسیون برای دانه‌های ذرت و سورگوم در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول یاد شده مشاهده می‌شود که در زمان‌های مختلف انکوباسیون در مواد خوراکی مورد آزمایش، تفاوت معنی‌داری بین دو روش استفاده از شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع وجود نداشت.

در جدول ۳ نتایج تجزیه آماری فراسنجه‌های تولید گاز شامل مقدار گاز حاصل از بخش قابل تخمیر (A) و سرعت تولید گاز (c) و شاخص‌های ارزش غذایی برآورد شده شامل انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه، با دو روش استفاده از شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع برای هر یک از دانه‌های ذرت و سورگوم نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در مورد دانه‌های مورد آزمایش، (به غیر از فراسنجه A در دانه سورگوم که مقدار آن با روش استفاده از مدفوع بیشتر از شیرابه شکمبه بود) بین دو روش تفاوت معنی‌داری از نظر صفات مورد ارزیابی مشاهده نشد.

معادلات رگرسیونی برآورد گاز تولیدی با شیرابه شکمبه از روی گاز تولید شده به روش مدفوع در هر ساعت انکوباسیون با دخالت زمان (معادله ۱ و ۳) و بدون دخالت زمان (معادله ۲ و ٤) برای دانه‌های ذرت و سورگوم در زیر آورده شده است. در معادلات زیر Y_{corn}، $Y_{sorghum}$، X و T به ترتیب مقدار گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم دانه ذرت) برآورد شده با شیرابه شکمبه، مقدار گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم دانه سورگوم) برآورد شده با شیرابه شکمبه، مقدار گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خوراکی) با روش مدفوع و زمان انکوباسیون (ساعت) می‌باشد.

معادله ۱: $Y_{corn} = ۰/۹۱۳٤\ X + ۰/۰۹٦۹\ T - ۲/۸۹٦٤$ $(r^2=۰/۹۵٤۷$ و n =۳۳)

معادله ۲: $Y_{corn} = ۰/۹٦۵۷\ X - ۳/٤۰۹۷$ $(r^2=۰/۹۵۳۸$ و n =۳۳)

معادله۳: $Y_{sorghum} = ۰/٦٦۰٤\ X + ۰/۳۰۷۵\ T - ۰/٦۷۲۹$ $(r^2=۰/۹٦۵٦$ و n =۳۳)

معادله ٤: $Y_{sorghum} = ۰/۸۹۲۹\ X - ۱/٦۳۵۳$ $(r^2=۰/۹۵۷۰$ و n =۳۳)

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی دانه‌های ذرت و سورگوم (درصد در ماده خشک)

ماده خوراکی	ماده خشک	ماده آلی	پروتئین خام	چربی خام	دیواره سلولی	دیواره سلولی بدون همی سلولز	کربوهیدرات‌های غیر فیبری
دانه ذرت	۸٦/٤۱	۹۸/۸۵	۸/۱۳	۳/۷۲	۹/۱۳	۲/۷۷	۷۷/۸۷
دانه سورگوم	۸۸/۵۸	۹٦/۷۳	۹/۹۸	۳/۰۰	۱٤/۲۱	۵/۵۱	٦۹/۵٤

جدول ۲- مقدار گاز تولیدی (میلی‌لیتر) با استفاده از شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع در زمان‌های مختلف انکوباسیون برای دانه‌های ذرت و سورگوم

ماده خوراکی	نوع شیرابه	زمان انکوباسیون (ساعت)									
		۲	٤	٦	۸	۱۲	۱٦	۲٤	۳٦	٤۸	٦۰	۷۲
ذرت	شکمبه	۱/۹۵	٤/٤۵	۷/۱۱	۱٦/۷۰	٤۵/۸۰	٦۳/۸۳	۷۸/۵۰	۸۷/۳۳	۹۱/۳۳	۹۲/۵۰	۹۳/۳۳

	مدفوع	٤/٧٢	٧/٤٥	١٤/٦٧	٢٧/٣٣	٥١/٩٢	٦٥/٦٧	٨٢/٠٠	٩١/٧٨	٩٦/٥٣	٩٩/٤٢	١٠٠/٩٢
	SEM	١/٤٥٤٩	١/٩٠٨٦	٣/٦٠٠١	٤/٨٢٥٩	٣/٩١٦٩	٤/١٧١٦	٣/٦٦٧٢	٣/١١٦٤	٢/٨٧٢٨	٢/٧٠٠٣	٢/٧٦٧٨
	p	٠/٢٤٨٥	٠/٣٢٨٢	٠/٢١١٦	٠/١٩٣٧	٠/٣٣١٢	٠/٧٧١٢	٠/٥٣٦٣	٠/٣٦٩٦	٠/٢٦٩٥	٠/١٤٤٠	٠/١٢٤٤
سورگوم	شکمبه	١/٩٥	٢/٧٨	٤/١١	٨/٢٠	١٩/١٤	٢٧/٥٠	٤٠/١٧	٥٦/٣٣	٦٤/١٧	٦٧/٣٣	٦٩/٠٠
	مدفوع	٣/٢٢	٤/٦١	٨/٣٣	١٤/٣٣	٢٤/٩٢	٣٢/٦٧	٤٦/١٧	٦٢/٦١	٧٢/٣٦	٧٥/٩٢	٧٨/٠٨
	SEM	١/٧٥٠٧	١/٩٣٠٤	٢/٣٥٧١	٢/٧٩٢١	٢/٥٥٠٣	٢/٩٢٨٥	٣/٦٩٣٧	٤/٢٩٥٦	٣/٢١٢٠	٣/١٣٢٣	٢/٩٤٨٠
	p	٠/٦٣٣٨	٠/٥٣٨٢	٠/٢٧٣٨	٠/١٩٤٧	٠/١٨٣٩	٠/٢٧٩٨	٠/٣١٤٢	٠/٣٥٩١	٠/١٤٥١	٠/١٢٤٤	٠/٠٩٤٦

جدول ۳- مقایسه فراسنجه‌ها با روش‌های استفاده از شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع برای دانه‌های ذرت و سورگوم

ماده خوراکی	نوع شیرابه	A	C	ME	NE_L	SCFA	OMD
دانه ذرت	شکمبه	٩٦/٣٨	٠/٠٦٩١	١٤/٧٩	٩/٥٧	١/٧٣٨٥	٩٢/٤٨
	مدفوع	١٠٢/٣٥	٠/٠٦٨٦	١٥/٣٤	٩/٩٧	١/٨١٦٢	٩٥/٩٧
	SEM	٢/٣٩٨٨	٠/٠٠٤١	٠/٥٧٥٨	٠/٤٢١٧	٠/٠٨١٤	٣/٦٦٣٩
	p	٠/١٥٢٤	٠/٩٣٨٢	٠/٥٣٦٣	٠/٥٣٦٣	٠/٥٣٦٣	٠/٥٣٦٣
دانه سورگوم	شکمبه	٧٩/٦٢[b]	٠/٠٣٣٥	٨/٦٠	٥/٠٤	٠/٨٨٧٥	٥٥/٦٦
	مدفوع	٨٨/٦٢[a]	٠/٠٣٤٣	٩/٥٤	٥/٧٣	١/٠٢٠٧	٦١/٦٦
	SEM	٢/١٦٤٠	٠/٠٠٢٢	٠/٥٧٩٩	٠/٤٢٤٨	٠/٠٨٢٠	٣/٦٩٠٤
	p	٠/٠٤٢٢	٠/٧٩٥٤	٠/٣١٤٢	٠/٣١٤٢	٠/٣١٤٢	٠/٣١٤٢

A: حجم گاز حاصل از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر)، c: سرعت تولید گاز (میلی لیتر در ساعت)، ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)، NE_L : انرژی خالص شیردهی (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)، OMD: قابلیت هضم ماده آلی (درصد)، SCFA: اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (میلی‌مول)، SEM: اشتباه معیار میانگین‌ها، حروف غیر مشابه (a، b، c و ....) مربوط به هر ترکیب مغذی در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ است.

بحث

ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی مورد استفاده در تحقیق حاضر در دامنه نتایج گزارش شده توسط پژوهش‌گران مختلف بود. ترکیبات شیمیایی دانه ذرت شامل پروتیین خام، چربی خام، خاکستر، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در تعدادی از تحقیقات انجام شده به ترتیب در دامنه ۷/۷۱ تا ۱۱/۸٦، ۲/٦٤ تا ٦/۱، ۱/۲ تا ۳/۷٦، ۹ تا ۱۲/۹۲ و ۲/٦ تا ٦/۲٤ درصد در ماده خشک (۱، ٦، ۹، ۱۷، ۳۳ و ۳۷)، و برای دانه سورگوم به ترتیب در دامنه ۹/٦ تا ۱۳/٦۲، ۱/٤۸ تا ۳/۷٦، ۱/٥۷ تا ۳/۸، ۲/۰٤ تا ۲۲/٤ و ۱/۳٦ تا ۱۳/۹ درصد در ماده خشک و مقدار کربوهیدرات غیر فیبری در دامنه ۷۳/۳۱ تا ۸٥/۷۰ درصد در ماده خشک بود (٦، ۳۲، ۳۷). کوهلر و ویزر (۲۰) بیان کردند تفاوت قابل توجهی از نظر ساختار و ترکیب شیمیایی بین دانه‌های غلات وجود دارد که این تغییرات می‌تواند ناشی از نوع غله، گونه و رقم و شرایط رشد از جمله خاک، اقلیم و کوددهی باشد. نتایج مربوط به مقادیر گاز تولیدی در ۲٤ و ٤۸ ساعت انکوباسیون با دو روش شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع با نتایج ژائو و چن (٤۰) تاحدودی مطابقت و با نتایج آمانزوگارن و همکاران (٦) مغایرت داشت. ژائو و چن (٤۰) مقدار گاز تولیدی با استفاده از شیرابه شکمبه گوسفند را

برای دانه ذرت در ساعت‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۶۱ و ۷۹ و با استفاده از سوسپانسیون مدفوع گوسفند به ترتیب ۷۸ و ۹۴ میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک و برای دانه سورگوم با استفاده از شیرابه شکمبه به ترتیب ۵۶ و ۶۸ و با استفاده از سوسپانسیون مدفوع به ترتیب ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک گزارش کردند. مقادیر گاز تولید شده در ۲۴ ساعت انکوباسیون مربوط به ذرت و سورگوم با استفاده از شیرابه شکمبه گوسفند در پژوهش آمانزوگارن و همکاران (۶) کمتر از مقادیر به دست آمده درتحقیق حاضر بود. این تفاوت می‌تواند مربوط به نسبت متفاوت کنسانتره به علوفه در دام‌های دهنده شیرابه شکمبه و لیکور مدفوع باشد (۳۹).

اوماجالیلار و همکاران (۳۵) مقادیر انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی دانه ذرت را در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از شیرابه شکمبه گاو به ترتیب ۱۰/۴ تا ۱۱/۴ مگاژول در هر کیلوگرم ماده خشک و ۷۹/۵ درصد گزارش کردند. گتاچو و همکاران (۱۴) انرژی قابل متابولیسم برآورد شده از روی تولید گاز آزمایشگاهی دانه ذرت در چندین آزمایشگاه را به ترتیب در دامنه ۱۲/۲۵ تا ۱۵/۶۵ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند و دلیل تفاوت در مقادیر بین آزمایشگاه‌ها را ناشی از تغییرات در جمعیت میکروبی شیرابه شکمبه بیان کردند. آباش و همکاران (۱) با استفاده از تکنیک تولید گاز آزمایشگاهی با شیرابه شکمبه گاو مقادیر انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی و قابلیت هضم ماده آلی دانه ذرت را به ترتیب ۱۰/۸ تا ۱۴/۷۵، ۶/۶۶ تا ۹/۵۱ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک و ۶۹/۴۸ تا ۹۲/۸۷ درصد برآورد کردند. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های آباش (Abas) و همکاران (۱) مطابقت داشت. این پژوهش‌گران بیان داشتند که مقدار انرژی دانه‌ها تحت تاثیر مرحله برداشت قرار می‌گیرد. پرنیان خواجه دیزج و همکاران (۳۳) در روش تولید گاز آزمایشگاهی با شیرابه شکمبه گوسفند مقادیر انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، اسیدهای چرب فرار و قابلیت هضم ماده آلی دانه ذرت را به ترتیب ۹/۱۳، ۵/۵۲ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک، ۱/۱ میلی‌مول در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک و ۵۹/۶۹ درصد برآورد کردند. مقادیر برآورد شده در پژوهش حاضر بیشتر از مقادیر این محققین بود. کیران و کریشنامورتی (۱۹) در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از شیرابه شکمبه گاو مقادیر انرژی قابل متابولیسم دانه سورگوم را بین ۱۳ تا ۱۴ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک برآورد کردند. پرنیان و همکاران (۳۱) با استفاده از فن تولید گاز آزمایشگاهی با شیرابه شکمبه گوسفند مقادیر انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، اسیدهای چرب فرار و قابلیت هضم ماده آلی دانه سورگوم را به ترتیب ۷/۱۵، ۴/۰۸ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک، ۰/۸۴ میلی مول در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک و ۴۷/۷۳ درصد برآورد کردند. گونزالز گارسیا و همکاران (۱۵) متوسط مقدار تولید گاز و قابلیت هضم ماده خشک دانه سورگوم را به ترتیب ۱۰۶ میلی‌لیتر در هر گرم ماده خشک و ۶۶/۲۶ درصد گزارش کردند و بیان داشتند که عمل آوری دانه سورگوم می‌تواند مقادیر تولید اسیدهای چرب فرار، نسبت استات به پروپیونات، تولید گاز و قابلیت هضم ماده خشک را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دهد.

آمانزوگارن و همکاران، (۵) و آمانزوگارن و همکاران، (۶) در پژوهش‌های خود تفاوت معنی‌داری بین تولید گاز آزمایشگاهی و تولید اسیدهای چرب فرار بین ذرت و سورگوم مشاهده نکردند اما نشان دادند که تولید گاز و همچنین اسیدهای چرب فرار به شدت تحت تاثیر جیره مصرفی و به تبع آن تغییر در

جمعیت میکروبی شکمبه حیوان دهنده شیرابه قرار می‌گیرد به طوری که با افزایش مصرف کنسانتره در جیره غذایی مقدار تولید گاز و تولید اسیدهای چرب فرار و همچنین نسبت پروپیونات به استات افزایش می‌یابد. زیکارلی و همکاران (۳۹) نیز نشان دادند که روند تخمیر شکمبه‌ای تحت تاثیر جیره مصرفی حیوان بوده و تفاوت معنی‌داری بین نتایج حاصل از لیکور شکمبه و سوسپانسیون مدفوع گزارش کردند. کن و همکاران (۱۰) در ارزشیابی برخی مواد خوراکی از جمله دانه ذرت با دو منبع میکروبی شیرابه شکمبه و مدفوع گاوی نشان دادند که استفاده از داده‌های مربوط به تولید گاز ٤٨ ساعت انکوباسیون، معادلات رگرسیونی بهتری در مقایسه با ٢٤ ساعت ارایه می‌دهد. پرند و تقی‌زاده (۳۰) نیز با مقایسه دو منبع میکروارگانیسمی (شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع) نشان دادند که می‌توان با دقت بالایی مقدار گاز تولید شده مربوط به شیرابه شکمبه را از روی حجم گاز تولیدی از سوسپانسیون مدفوع برآورد کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار گاز تولیدی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه دانه‌های ذرت و سورگوم برآورد شده با استفاده از شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع وجود ندارد و با استفاده از معادلات رگرسیونی و با ضریب تبیین بالایی می‌توان مقدار گاز تولید شده ناشی از شیرابه شکمبه را از روی حجم گاز تولیدی به دست آمده از سوسپانسیون مدفوع برآورد کرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر بخشی از رساله دکترای ابوالفضل آقاجانزاده گلشنی به راهنمایی دکتر ناصر ماهری سیس و دکتر رامین سلامت دوست در گروه علوم دامی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر می‌باشد. بدینوسیله جا دارد از همکاری‌های ارزشمند مسئولین و کارشناسان محترم موسسه تحقیقات علوم دامی و آزمایشگاه‌های دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر صمیمانه تقدیر و تشکر به عمل آید.

منابع

1. Abas I., Ozpinar H., Kutay H.C., Kahraman R. 2005. Determination of the metabolizable energy (ME) and net energy lactation (NEL) contents of some feeds in the marmara region by *in vitro* gas technique. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 751-757.

2. Adesogan A.T. 2002. What are feeds worth? A critical evaluation of selected nutritive value methods. In: *Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*, pp: 33-47.

3. Aghajanzadeh-Golshani A., Maheri-Sis N., SalamatDoust-Nobar R., Ebrahimnezhad Y., Ghorban A. 2015. Developing a modified *in vitro* gas production technique to replace the nylon bag method of evaluating protein degradation of alfalfa hay in ruminants. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 5(2):339-345.

4. Aghajanzadeh-Golshani A., Maheri-Sis N., SalamatDoust-Nobar R., Ebrahimnezhad Y., Ghorban A. 2020. Estimating nutritional value of wheat and barley grains by *in vitro* gas production technique using rumen and faeces liquor of Gezel rams. *Journal of Animal Environment*, 12(2): 45-52. [In Persian]

5. Amanzougarene Z., Yuste S., Castrillo C., Fondevila M. 2018. *In vitro* acidification potential and fermentation pattern of cereal grains incubated with inoculum of animals given forage or concentrate-based diets. *Animal Production Science*, 58: 2300-2307.

6. Amanzougarene Z., Yuste S., Fondevila M. 2020. Fermentation pattern of several carbohydrate sources incubated in an in vitro semicontinuous system with inocula from ruminants given either forage or concentrate-based diets. *Animals*, 10: e261.

7. AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Virginia, USA: AOAC.

8. Chen X.B. 1995. "Fitcurve" macro, IFRU, The Macaulay Institute, Aberdeen, UK.

9. Chiaravalli M., Rapetti L., Rota Graziosi A., Galassi G., Crovetto G.M., Colombini S. 2019. Comparison of faecal versus rumen inocula for the estimation of NDF digestibility. *Animals*, 9(9): e928.

10. Cone J.W., van Gelder A.H., Bachmann H. 2002. Influence of inoculum source on gas production profiles. *Animal Feed Science and Technology*, 99: 221–231.

11. Cutrignelli, M.I, Calabro S., Tudisco R., Zicarelli F., Gazaneo M.P., Piccolo V. 2005. Comparison of buffalo rumen liquor and buffalo faeces as inoculum for the *in vitro* gas production technique. *Italian Journal of Animal Science*, 4(suppl. 2): 319-321.

12. El Shaer H.M., Omed H.M., Chamberlain A.G., Axford R.F.E. 1987. Use of faecal organisms from sheep for the *in vitro* determination of digestibility. *The Journal of Agricultural Science*, 109: 257-259.

13. Franzan B.C., Franco T.W., Stefani G., Pereira M.M., Almeida F.Q., Silva V.P. 2018. Equine fecal inoculum optimization in *in vitro* fermentation assays of dehydrated roughage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47: e20180006.

14. Getachew G., Crovetto G.M., Fondevila M., Krishnamoorthy U., Singh B., Spanghero M., Steingass H., Robinson P.H., Kailas M.M. 2002. Laboratory variation of 24 h *in vitro* gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 102: 169-180.

15. González-García U.A., Corona L., Castrejón-Pineda F., Balcells J., Castelán-Ortega O., González-Ronquillo M. 2018. A comparison of processed sorghum grain using different digestion techniques. *Journal of Applied Animal* Research, 46: 1-9.

16. Gressley T.F., Hall M.B., Armentano L.E. 2011. Ruminant nutrition symposium: Productivity, digestion, and health responses to hindgut acidosis in ruminants. *Journal of Animal Science*, 89:1120-1130.

17. Harlow B.E., Donley T.M., Lawrence L.M., Flythe M.D. 2015. Effect of starch source (corn, oats or wheat) and concentration on fermentation by equine faecal microbiota *in vitro*. *Journal of Applied Microbiology*, 119: 1234-44.

18. Jang J.C., Zeng Z., Shurson G.C., Urriola P.E. 2019. Effects of gas production recording system and pig fecal inoculum volume on kinetics and variation of *in vitro* fermentation using corn distiller's dried grains with solubles and soybean hulls. *Animals*, 9(10): e773.

19. Kiran D., Krishnamoorthy U. 2007. Rumen fermentation and microbial biomass synthesis indices of tropical feedstuffs determined by the *in vitro* gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*, 134: 170–179.

20. Koehler P., Wieser H. 2013. Chemistry of cereal grains. In: Handbook on sourdough biotechnology. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. pp: 11-45.

21. Laudadio V., Lacalandra G.M., Monaco D., Khorchani T., Hammadi M., Tufarelli V. 2009. Faecal liquor as alternative microbial inoculum source for *in vitro* (DaisyII) technique to estimate the digestibility of feeds for camels. *Journal of Camelid Science*, 2: 1-7.

22. Maheri-Sis N., Chamani1 M., Sadeghi A.A., Mirza- Aghazadeh A., Aghajanzadeh-Golshani A. 2008. Nutritional evaluation of *kabuli* and *desi* type chickpeas (*cicer arietinum* L.) for ruminants using *in vitro* gas production technique. *African Journal of Biotechnology*, 7(16): 2946-2951.

23. Makkar H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 49: 241-256.

24. Makkar H.P.S. 2005. *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology*, 123-124: 291-302.

25. Mansuri H., Nikkhah A., Rezaeian M., Moradi Shahrbaback M., Mirhadi S.A. 2003. Determination of roughages degradability through *in vitro* gas production and nylon bag techniques. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 34 (2): 495-507. [In Persian]

26. Mauricio R.M., Owen E., Mould F.L., Givens I., Theodorou M.K., France J., Davies D.R., Dhanoa M.S. 2001. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forages. *Animal Feed Science and Technology*, 89: 33-48.

27. Menke K.H., Steingass H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* production using rumen fluid. *Animal Research* and *Development*, 28: 7-55.

28. National Research Council (NRC). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised edition. National Academy of Science, Washington, DC.

29. Orskov E.R., McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weight according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92: 499-503.

30. Parand E., Taghizadeh A. 2011. Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of inocola. *Animal Science Researchs*, 20(2):1-13. [In Persian]

31. Parnian F., Taghizadeh A., Nobari B.B. 2013. Use of *in vitro* gas production technique to evaluate the effects of microwave irradiation on sorghum (*Sorghum bicolor*) and wheat (*Triticum* sp.) nutritive values and fermentation characteristics. *Journal of Bioscience and Biotechnology*, 2(2): 125-130.

32. Parnian F., Taghizadeh A., Paya H., Nobari B.B. 2014. *In vitro* fermentation response to alkaline treated sorghum grain. *Journal of Bioscience and Biotechnology*, 3(1): 23-28.

33. Parnian khaje dizaj f., Taghizadeh A., Moghaddam G.A., Janmohammadi H. 2011. Use of *in vitro* gas production technique for evaluation of nutritive parameters of barley and corn grain treated by different microwave irradiation times. *Animal Science Researchs*, 21(1): 15-27. [In Persian]

34. SAS. 2001. SAS for Windows Version 8.02, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

35. Umucalilar H.D., Coskun B., Gulsen N. 2002. *In situ* rumen degradation and *in vitro* gas production of some selected grains from Turkey. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 86: 288-297.

36. Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.

37. Wang M., Jiang J., Tan Z.L., Tang S.X., Sun Z.H., Han X.F. 2009. *In situ* ruminal crude protein and starch degradation of three classes of feedstuffs in goats. *Journal of Applied Animal Research*, 36: 23-28.

38. Youssef I.M.I., Kamphues J. 2018. Fermentation of lignocellulose ingredients *in vivo* and *in vitro* via using fecal and caecal inoculums of monogastric animals (swine/turkeys). *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 7: 407-413.

39. Zicarelli F., Calabro S., Cutrignelli M.I., Infascelli F., Tudisco R., Bovera F., Piccolo V. 2011. *In vitro* fermentation characteristics of diets with different forage/concentrate ratios: Comparison of rumen and faecal inocula. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91:1213-1221.

40. Zhao G.Y., Chen X.J. 2004. The suitability of a faecal suspension of sheep as inocula for the estimation of utilizable crude protein of feeds by *in vitro* incubation. *Archives of Animal Nutrition*, 58(2): 137-148.

.