تولیدات دامی
دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱
صفحه‌های ۳۱۲-۳۰۱
DOI: 10.22059/jap.2022.298310.623504

مقاله پژوهشی

اثر کاه گندم فرآوری‌شده با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب بر عملکرد، گوارش‌پذیری و فراسنجه‌های تخمیری و خونی در بره‌های پرواری

مریم هرسینی شاکرمی[۱]، طاهره محمدآبادی[۲*]، حسین معتمدی[۳]، محسن ساری[۴]، اسداله تیموری یانسری[۵]
۱. دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۲. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۳. استاد، گروه زیست، دانشکده علوم، و مرکز تحقیقاتی علوم زیستی و بیوتکنولوژی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
۴. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۵. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۱۷

چکیده

این آزمایش با هدف عمل‌آوری کاه گندم توسط باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب و تأثیر این باکتری‌ها بر عملکرد بره‌های پرواری، قابلیت هضم، فراسنجه‌های تخمیری و خونی انجام شد. از ۳۰ رأس بره نر افشاری با میانگین وزن ۳±۳۲ کیلوگرم و سن چهار ماه در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل جیره‌های حاوی کاه گندم فرآوری شده به‌مدت شش هفته با چهار سویه باکتریایی جداشده از دستگاه گوارش اسب (*Paenibacilluspolymyxa* L11، *Paenibacilluspolymyxa* L12، *Enterobacter cloacae* L2 و *Escherichia coli* Z2) و جیره شاهد بودند. نتایج نشان داد که فرآوری باکتریایی باعث افزایش محتوای پروتئین و کاهش NDF، iNDF و ADF و هم‌چنین افزایش قابلیت هضم ماده آلی و انرژی متابولیسمی کاه گندم نسبت به شاهد شد. بیش‌ترین مقدار قابلیت هضم ماده آلی و انرژی متابولیسمی به تیمار L11 اختصاص داشت. قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، NDF،ADF، غلظت و نسبت اسیدهای چرب فرّار شکمبه، pH و نیتروژن آمونیاکی شکمبه تحت تأثیر فرآوری باکتریایی قرار گرفتند. بیش‌ترین قابلیت هضم مواد مغذی به تیمار L11 و کم‌ترین مقدار به تیمار شاهد اختصاص داشت. کم‌ترین مقدار نیتروژن آمونیاکی شکمبه مربوط به تیمارL11 بود. تیمارهای باکتریایی باعث افزایش غلظت کل اسیدهای چرب، غلظت پروپیونات و کاهش غلظت استات شکمبه شدند. با توجه به نتایج، فرآوری کاه گندم با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب (به‌ویژه L11) باعث بهبود ارزش غذایی کاه گندم شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد فرآوری باکتریایی می‌تواند راه‌کار مناسبی برای استفاده بهتر از بقایای زراعی با ارزش غذایی پایین باشد.

کلیدواژه‌ها: جدایه باکتریایی، عملکرد، قابلیت هضم، کاه گندم فرآوری‌شده، گوسفند.

The effect of wheat straw processed with cellulolytic bacteria isolated from gastrointestinal tract of horse on performance, digestibility, and fermentation and blood parameters in the fattening lambs

Maryam Harsini Shakarami[1], Tahereh Mohammadabadi[2*], Hossein Motamedi[3], Mohsen Sari[4], Asadollah Teimouri-Yansari[5]
1. Former Ph.D. Student, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
2. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
3. Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz. Biotechnologies and Biological Science Research Center, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
5. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Fisherie, Sari Agricultural Science and Natural Resource University, Sari, Iran.
Received: April 20, 2020 Accepted: June 7, 2022

Abstract

This experiment was conducted with the aim of processing wheat straw by cellulolytic bacteria isolated from the gastrointestinal tract of horse and the effect of these bacteriaon the performance of fattening lambs, digestibility, fermentation and blood parameters. Thirty Afshari male lambs with an average weight of 32 ± 3 kg and age of four months were used in a completely randomized design. The experimental treatments included diets containing wheat straw processed with four bacterial strains isolated from the gastrointestinal tract of horse (*Paenibacillus polymyxa* L11, *Paenibacillus polymyxa* L12*Enterobacter cloacae* L2 and *Escherichia coli* Z2) for 6 weeks; and the control treatment. The results showed that bacterial processing increased crude protein and decreased NDF, iNDF and ADF content, as well as increased organic matter digestibility (OMD) and metabolizable energy (ME) of wheat straw compared to the control. The highest amount of OMD and ME was assigned toL11. Apparent digestibility of DM, NDF and ADF, concentrations and ratios of ruminal volatile fatty acid (VFA), ruminal pH and ammonia nitrogen were affected by bacterial processing. The highest nutrient digestibility was assigned to the L11 and and the lowest amount was assigned to the control treatment. The lowest amount of ruminal ammonia nitrogen was observed in L11 treatment. Bacterial treatments increased total VFA, propionate concentration and decreased rumen acetate concentration. According to the results, processing of wheat straw with cellulolytic bacteria isolated from the horse's gastrointestinal tract (especially L11) improved nutritional value of wheat straw. Therefore, it seems that bacterial processing can be a suitable strategyfor better use of crop by-product with low nutritional value.

Keywords: Bacterial isolate, Digestibility, Performance, Processed wheat straw, Sheep.

* نویسنده مسئول Email: mohammadabadi@asnrukh.ac.ir

مقدمه

طی دهه‌های اخیر، تقاضا برای فرآورده‌های دامی، از جمله گوشت قرمز، در نتیجه رشد جمعیت و پیشرفت‌های اقتصادی افزایش داشته است. مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه دامپروری کشور، تأمین خوراک دام است. بخش قابل‌توجهی از منابع خـوراک دام کشور را کاه و بقایای گیاهان زراعی تشکیل می‌دهند که خشبی بوده و ارزش غذایی آن‌ها کم اسـت اما به‌دلیل محدودیت‌های موجود، اسـتفاده بهینه از آن‌هـا در تغذیه دام ضروری است [۱]. بقایای زراعی غلات الیاف بالا، نیتروژن کم و گوارش‌پذیری پایینی دارند [۱۸] و تغذیه جیره‌های حاوی بقایای زراعی بدون فرآوری، به‌علت لیگنین زیاد، نرخ تخمیر آرام و جرم حجمی کم موجب کاهش نرخ عبور، مصرف خوراک و رشد می‌شوند [۱۳].

روش‌های متفاوتی برای بهبود کیفیت این بقایا برای تغذیه دام به‌کار برده شده است. ازجمله استفاده از روش‌های فیزیکی همانند بخار، حرارت و فشار؛ روش‌های شیمیایی مانند استفاده از اسیدها، الکیل‌ها، آمونیاک و ازن؛ اما ازآنجایی‌که این روش‌ها محدودیت‌هایی هم‌چون آلودگی‌های ثانویه به همراه دارند به‌تازگی، پژوهش‌ها روی جایگزینی روش‌های بیولوژیکی متمرکز شده‌اند. چرا که این روش‌ها برای محیط‌زیست بی‌خطرتر و قابل‌قبول‌تر هستند. یکی از روش‌های بیولوژیکی استفاده از میکروارگانیسم‌ها شامل قارچ و باکتری‌های هضم‌کننده سلولز است. فعالیت سلولازی قارچ‌ها بیش‌تر از باکتری‌ها است ولی سرعت رشد باکتری‌ها بیش‌تر بوده و علاقه به استفاده از آن‌ها بیش‌تر است چرا که در کل مقدار سلولاز بیش‌تری تولید می‌کنند [۲۲].

پژوهش‌گران [۳] نشان دادند که فرآوری کاه گندم و سرشاخه خرما توسط باکتری‌های لیگنوسلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش موریانه تأثیر اندکی بر ترکیب شیمیایی آن‌ها داشت، اما سبب بهبود تخمیر شکمبه‌ای و قابلیت هضم مواد مغذی شد. مطالعه دیگری [۵] نیز افزایش در ناپدیدشدن ماده خشک کاه گندم فرآوری‌شده با سه باکتری جداشده از دستگاه گوارش موریانه را در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط آزمایشگاهی نشان داد. اگرچه، پژوهش‌های متعددی در زمینه فرآوری کاه انجام شده است، اما اطلاعات در مورد فرآوری بیولوژیک با استفاده از باکتری‌های سلولولیتیک و تغذیه آن در دام اندک است.

نکته مهم در فرآوری بیولوژیک استفاده از میکروارگانیسم مناسب است. اسب حیوانی تک معده‌ای و جزو تخمیرکنندگان در انتهای دستگاه گوارش است. اگرچه این حیوان غیرنشخوارکننده است، اما فعالیت میکروارگانیسم‌های دستگاه گوارش این حیوان نقش بسیار مهمی در تغذیه آن ایفا می‌کند. بیش‌تر اسب‌ها می‌توانند مواد مغذی موردنیاز خود را با رژیم غذایی ۱۰۰ درصد علوفه تأمین کنند. سلولولیتیک‌های سکوم و کولون توانایی بالایی برای هضم فیبر دارند چراکه سوبسترای آن‌ها مواد هضم‌نشده در قسمت ابتدایی دستگاه گوارش است. برخی پژوهش‌گران بیان نموده‌اند که آنزیم‌های حاصل از باکتری‌های سلولولیتیک اسب پتانسیل بیش‌تری برای هضم مواد فیبری نسبت به گاو و گوسفند دارا بوده و فعالیت سلولولیتیکی اکوسیستم دستگاه گوارش اسب حتی در شرایط اسیدی هم پایدار است [۵]. بنابراین در این آزمایش از باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب جهت فرآوری کاه گندم استفاده شد و اثرات آن بر مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیر و خونی در بره‌های پرواری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

سویه‌های مورداستفاده در این آزمایش شامل *Paenibacillus polymyxa* L11، *Paenibacillus polymyxa* L12، *Enterobacter cloacae* L2 و *Escherichia coli* Z2 بودند که از مدفوع تازه اسب جداسازی و شناسایی شدند [۱۱]. فرآوری کاه گندم آسیاب‌شده با استفاده از این سویه‌ها صورت گرفت. به این منظور ۱۰۰ کیلوگرم کاه گندم با ۱۰۰ لیتر آب حاوی دو لیتر محیط کشت نوترینت براث سویه موردنظر با غلظت ۰/۵ مک‌فارلند ($۱/۵ \times ۱۰^{۸}$CFU/ml) به‌خوبی مخلوط شده و سپس در کیسه‌های نایلونی ۱۵ کیلویی ریخته شد و پس از فشرده‌سازی برای جلوگیری از ورود هوا در نایلون‌ها به‌خوبی بسته شد (قابل توجه است که با افزودن میزان برابر آب به کاه‌ها مقدار ماده خشک به ۵۰ درصد رسید). پس از شش هفته نمونه‌برداری از کاه‌ها صورت گرفت و ماده خشک [۲]، ماده آلی [۲]، پروتئین [۲]، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)[۲۵]، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)[۲۵] و الیاف نامحلول در شوینده خنثی غیرقابل‌هضم (iNDF)[۱۲] آن‌ها اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

جهت تعیین انرژی متابولیسمی نمونه کاه‌های فرآوری‌شده از روش آزمون گاز [۱۵] استفاده شد. گاز تولیدی حاصل از نمونه‌ها در زمان‌های دو، چهار، شش، هشت، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون ثبت شد. داده‌های گاز تولیدی با استفاده مدل نمایی (۱) برازش شدند.

$$P= b (1 - e^{-ct}) \quad (۱)$$

که در این رابطه، P، پتانسیل تولید گاز؛ b، تولید گاز از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر)؛ c، نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)؛ t، زمان و e، عدد نپری است. مقدار انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه شدند [۱۶].

$$ME = ۲/۲+۰/۱۳۶GP+۰/۰۵۷CP +۰/۰۰۰۰۲۸CP^2 \quad (۲)$$

(مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)

$$OMD = Ash۰/۶۵CP+۰/۴۵GP+۰/۸۸۹+۱۴/۸۸ \quad (۳)$$

(درصد)

در این رابطه‌ها GP، گاز تولید بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون؛ CP، درصد پروتئین خام و Ash، درصد خاکستر نمونه‌ها است.

تعداد ۳۰ رأس بره نر افشاری با میانگین سن چهارماه و وزن ۳±۳۲ کیلوگرم انتخاب شدند. دام‌ها به‌طور تصادفی به پنج گروه با شش تکرار تقسیم شده و درون جایگاه‌های انفرادی مسقف قرار گرفتند. ترکیب جیره‌های آزمایشی در جدول (۱) آورده شده است. جیره‌های آزمایشی براساس وزن دام‌ها با استفاده از نرم‌افزارSRNS (Small Ruminant Nutrition System) گوسفند (نسخه یک، CNCPS Sheep version1) برای بره‌های پرواری با نسبت کنسانتره به علوفه ۸۵ به ۱۵ تنظیم شدند. تنها منبع علوفه‌ای جیره کاه گندم بود که در تیمارهای باکتریایی به میزان۱۰۰ درصد با کاه گندم فرآوری‌شده با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب (*Paenibacillus polymyxa* L11، *Paenibacillus polymyxa* L12، *Enterobacter cloacae* L2 و *Escherichia coli* Z2) جایگزین شده و به‌صورت تازه استفاده شد. جیره‌های غذایی دو بار در روز (هشت صبح و چهار بعدازظهر) در اختیار دام‌ها قرار گرفتند. هر روز قبل از خوراک‌دهی صبح، پسماندهای روز قبل به‌صورت جداگانه جمع‌آوری و وزن شدند. وزن‌کشی بره‌ها در ابتدای آزمایش و سپس هر دو هفته یک‌بار و در روز آخر آزمایش قبل از تغذیه صبحگاهی انجام گرفت. ضریب تبدیل از تقسیم خوراک مصرفی بر افزایش وزن در بازه زمانی موردنظر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی (درصد در ماده خشک) جیره‌های شاهد و حاوی کاه گندم فرآوری‌شده با باکتری‌های دستگاه گوارش اسب

ماده خوراکی	شاهد	L11	L12	L2	Z2
جو	۲۶/۷۰	۲۶/۷۰	۲۶/۷۰	۲۶/۷۰	۲۶/۷۰
ذرت	۲۳/۸۰	۲۳/۸۰	۲۳/۸۰	۲۳/۸۰	۲۳/۸۰
تفاله چغندر	۱۵/۳۹	۱۵/۶۳	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵
کنجاله کلزا	۷/۴۶	۷/۴۶	۷/۴۶	۷/۴۶	۷/۴۶
کنجاله آفتابگردان	۹/۴۲	۹/۴۲	۹/۴۲	۹/۴۲	۹/۴۲
کاه گندم	۱۵/۰۰	۰	۰	۰	۰
کاه فرآوری‌شده	۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰
مکمل معدنی و ویتامینی[1]	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸
اوره	۰/۲۴	۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
ترکیب شیمیایی (محاسبه‌شده)					
انرژی قابل متابولیسم[2] (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک)	۳/۱۲	۳/۱۳	۳/۱۳	۳/۱۳	۳/۱۳
پروتئین خام (درصد در ماده خشک)	۱۳/۹	۱۳/۹	۱۳/۹	۱۳/۹	۱۳/۹
خاکستر (درصد در ماده خشک)	۶/۸	۶/۸	۶/۸	۶/۸	۶/۸
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد در ماده خشک)	۳۴/۶	۳۳/۴	۳۳/۸	۳۳/۸	۳۳/۸
RDP (درصد در پروتئین)	۶۵/۱۷	۶۰/۴۳	۶۲/۰۱	۶۲/۰۱	۶۲/۰۱
NFC (درصد در ماده خشک)	۴۵/۰	۴۶/۳	۴۶/۰	۴۶/۰	۴۶/۰
عصاره اتری (درصد در ماده خشک)	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۴

۱. هر کیلوگرم مکمل حاوی۶۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین D، ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۲۵۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان، ۱۹۵ گرم کلسیم، ۸۰ گرم فسفر، ۲۱۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۲۲۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۳۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۲ میلی‌گرم ید و ۱/۱ میلی‌گرم سلنیوم.

۲. محاسبه‌شده براساس تراکم انرژی مواد خوراکی

RDP: پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه، محاسبه شده توسط نرم افزار

NFC: کربوهیدرات‌های غیرفیبری که از تفاضل پروتئین خام، عصاره اتری، خاکستر و فیبر نامحلول در شوینده خنثی از ۱۰۰ محاسبه می‌شود.

دام‌ها به‌مدت ۷۵ روز با جیره‌های آزمایشی مذکور تغذیه شدند. در پنج روز آخر دوره، کل مدفوع و باقیمانده خوراک تکرار از هر تیمار گوسفندان جمع‌آوری، وزن‌کشی و نمونه‌برداری شد. ماده خشک [۲]، ماده آلی [۲]، پروتئین [۲]، ADF [۲۵] و NDF [۲۵] نمونه‌های خوراک، باقی‌مانده خوراک و مدفوع تعیین شد و قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی محاسبه شد.

در روز پایانی آزمایش و دو ساعت پس از خوراک‌دهی صبح، از بره‌ها مایع شکمبه گرفته شد و با پارچه متقال چهار لایه صاف شد. pH نمونه‌ها توسط دستگاه pH متر (مدل WTW پورتابل، آلمان) اندازه‌گیری شد. سپس جهت اندازه‌گیری غلظت اسیدهای چرب فرّار ۱۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه با ۱ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۵۰ مخلوط شد. اندازه‌گیری غلظت اسیدهای چرب فرّار

با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Philips PU 4410، هلند) صورت گرفت. به‌منظور تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی۱۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه با ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۰/۲ مخلوط شد. نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از روش فنول-هیپوکلرایت اندازه‌گیری شد [٦]. نمونه‌های خون سه ساعت پس از خوراک‌دهی صبحگاهی با استفاده از ونوجکت‌های حاوی EDTA جمع‌آوری و پلاسما جدا شد. گلوکز و نیتروژن اوره‌ای خون با استفاده از کیت‌های شیمیایی شرکت Elitech و دستگاه اتوآنالایزر (Hitachi مدل ۹۰۲، ژاپن) اندازه‌گیری شدند.

داده‌های حاصل با استفاده ازنرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) رویه GLM (مدل خطی کلی) و رابطه (٤) تجزیه و میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad (٤)$$

در این رابطه Y_{ij}، مقدار مشاهده‌شده؛ μ، میانگین جامعه؛ T_i، اثر iامین تیمار و ε_{ij}، اثرات باقیمانده (خطا) است.

نتایج و بحث

درصد افت ماده خشک و pH نمونه کاه‌های فرآوری‌شده با باکتری‌های جداشده از دستگاه گوارش در جدول (۲) و ترکیب شیمیایی آن‌ها در جدول (۳) آورده شده است. با توجه به نتایج میزان ماده خشک نمونه‌های فرآوری‌شده نسبت به ماده خشک اولیه (۵۰ درصد) در تیمارهای باکتریایی کاهش یافته است. تیمارهای باکتریایی هم‌چنین باعث افزایش محتوای پروتئین خام و کاهش NDF، iNDF و ADF شدند ($P<۰/۰۵$).

کاهش درصد ماده خشک نمونه‌های کاه فرآوری‌شده می‌تواند نشان‌دهنده مصرف بخشی از کربن توسط میکروب‌ها و از دست‌رفتن بخشی از توده گیاهی توسط آن‌ها به شکل گازهایی مانند CO_2 باشد. از طرفی دیگر نیز تغییر ترکیب شیمیایی کاه فرآوری‌شده با باکتری‌های موردمطالعه نشان‌دهنده استفاده جدایه‌ها از فیبر کاه به‌عنوان منبع کربنی جهت رشد است که این موضوع باعث کاهش مقدار فیبر موجود در کاه شده است.

iNDF بخشی از NDF است که توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه غیرقابل استفاده می‌باشد. این شاخص می‌تواند پیش‌بینی‌کننده هضم ماده آلی باشد، به‌طوری‌که با افزایش مقدار آن قابلیت هضم ماده آلی کاهش پیدا خواهد کرد. همان‌طورکه مشاهده شد فرآوری باکتریایی باعث کاهش این شاخص در تیمارهای *Paenibacillus polymyxa* L11 و *Enterobacter cloacae* L2 نسبت به تیمار شاهد شده است. که مشخص می‌کند این باکتری‌ها در دوره فرآوری طولانی‌مدت مقدار فیبر غیرقابل‌هضم کاه را کاهش و دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به آن را افزایش داده‌اند. از سوی دیگر با کاهش مقدار ماده خشک می‌توان بیان نمود که افزایش پروتئین به‌صورت نسبی اتفاق افتاده است. البته محیط کشت مورد استفاده و بیومس میکروبی تولیدشده و آنزیم‌های مترشحه داخل و خارج سلولی نیز در افزایش محتوای پروتئین تأثیرگذار هستند [۳].

جدول ۲. میزان افت ماده خشک (درصد) و pH کاه‌های فرآوری‌شده با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب

تیمار	افت ماده خشک (درصد)	pH
کاه گندم (شاهد)	-	٦/۵
کاه گندم+ L11	۵	٤/۸
کاه گندم+ L12	٤/۱	۵
کاه گندم+ L2	٤/۵	۵/۱
کاه گندم+ Z2	٤/۸	۵/۲

L11: *Paenibacillus polymyxa*, L12: *Paenibacillus* polymyxa, L2: *Enterobacter cloacae*, Z2: Escherichia coli.

جدول ۳. تأثیر باکتری‌های جداشده از دستگاه گوارش اسب بر ترکیب شیمیایی کاه گندم (درصد)

تیمار	ماده آلی	پروتئین خام	NDF	iNDF	ADF
(شاهد)	۹۱/۹۸	۵/۱۰^{c}	۷۸/۹۰^{a}	۳٤/۸۰^{a}	٤٤/۵۳^{a}
کاه گندم+L11	۹۱/۹٤	۹/۱۵^{a}	۷۰/۰۸^{c}	۳۲/۳۳^{c}	٤۱/۱۰^{c}
کاه گندم+L12	۹۱/٦۳	۷/۱٤^{b}	۷۲/۷۵^{b}	۳۳/۳۸^{abc}	٤۱/۷۷^{bc}
کاه گندم+L2	۹۲/۰۲	۷/٦۵^{b}	۷۲/٤٦^{b}	۳۲/۹۲^{bc}	٤۲/۱۵^{bc}
کاه گندم+Z2	۹۱/۱۸	۷/٤۷^{b}	۷۲/۵۹^{b}	۳۳/۹۷^{ab}	٤۳/۰۳^{b}
SEM	۰/٤۵۷۱	۰/۲۲۸۲	۰/٦۲۵۲	۰/٤۹۲٤	۰/٤۲۸٤
سطح احتمال	۰/٦٦۳۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۹۷	۰/۰۰۰۵

a-c: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

NDF: فیبر نامحلول در شوینده خنثی، iNDF: فیبر نامحلول در شوینده خنثی غیرقابل‌هضم، ADF: فیبر نامحلول در شوینده اسیدی

L11: *Paenibacillus polymyxa*, L12: *Paenibacillus* polymyxa, L2: *Enterobacter cloacae*, Z2: Escherichia coli.

مطابق نتایج پتانسیل و نرخ تولید گاز، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند (P<۰/۰۵؛ جدول ٤). بین پتانسیل تولید گاز تیمارهای باکتریایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما همگی از تیمار شاهد بیش‌تر بودند. بیش‌ترین قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم به تیمار *Paenibacillus polymyxa* L11 اختصاص داشت و کم‌ترین مقادیر مربوط به تیمار شاهد بودند. بین تیمارهای *Paenibacillus polymyxa* L12، *Enterobacter cloacae* L2 و *Escherichia coli* Z2 در این دو فراسنجه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در واقع فرآوری باکتریایی باعث افزایش پتانسیل تولید گاز، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم کاه گندم شد. می‌توان بیان نمود که باکتری‌های سلولولیتیک با سست‌کردن ساختار فیبری کاه گندم در طی فرآوری، سوبسترای در دسترس برای میکروب‌ها را افزایش داده و از این طریق باعث افزایش گاز تولیدی و قابلیت هضم ماده آلی شده و به‌دنبال آن انرژی قابل متابولیسم را افزایش داده‌اند [۱۹].

میانگین کل مصرف خوراک (گرم در روز)، افزایش وزن (گرم در روز) و ضریب تبدیل در کل دوره تحت تأثیر تیمار قرار نگرفت (جدول ۵). افزایش هضم الیاف عموماً منجر به بهبود خوراک مصرفی می‌شود، در همین ارتباط، برخی پژوهش‌گران [۱۸] گزارش کردند هر واحد افزایش گوارش‌پذیری الیاف سبب افزایش مصرف ۱۷۰ گرم خوراک در گاو شیرده می‌شود. مطالعات در گوسفند نیز نشان می‌دهد تغذیه کاه گراس‌های دانه‌دار (با ۸۰ درصد NDF) در مقایسه با علف گراس (با ۵۷ درصد NDF) موجب کاهش خوراک مصرفی شد [۱۳]. در آزمایش این پژوهش‌گران به‌نظر می‌رسد علائم (سیگنال) یا تنظیم متابولیکی باعث محدودیت مصرف خوراک شده است. برخی پژوهش‌گران دیگر [۱۷] نیز بیان نمودند که با به‌کارگیری کاه فرآوری‌شده در جیره گوارش‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف افزایش یافت ولی مصرف ماده خشک کاهش یافت.

از طرف دیگر گزارش شده است که افزودنی‌های بیولوژیکی ازجمله آنزیم‌های فیبرولیتیک باعث بهبود هضم شکمبه‌ای خوراک و درنتیجه افزایش مصرف ماده خشک و افزایش عملکرد رشد در دام می‌شوند [۱]. این اثربخشی ممکن است به‌دلیل رشد و افزایش جمعیت میکروبی شکمبه و به‌دنبال آن بهبود بهره‌وری جیره باشد. به‌طورکلی شیوه عمل افزودنی‌های بیولوژیک، افزایش تجزیه‌پذیری سوبسترا، افزایش مصرف مواد مغذی و

بهبود رشد است. اما در پژوهش حاضر همان‌طور که مشاهده می‌شود مصرف خوراک، افزایش وزن و درنتیجه آن ضریب تبدیل خوراک در کل دوره، تحت تأثیر تیمار قرار نگرفته است. می‌توان گفت تغییرات در ساختار و ترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی در حدی نبوده است که عملکرد دام را تحت تأثیر قرار دهند.

مطابق نتایج، قابلیت هضم پروتئین تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (P>۰/۰۵، جدول ٦). قابلیت هضم ماده خشک و ADF بین تیمارهای *Paenibacillus polymyxa* L12، *Enterobacter cloacae* L2 و *Escherichia coli* Z2 و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). تیمار *Paenibacillus polymyxa* L11 باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک و ADF نسبت به تیمار شاهد شد (P<۰/۰۵). قابلیت هضم NDF در جیره‌های حاوی کاه فرآوری‌شده با باکتری در مقایسه با تیمار شاهد بیش‌تر بود (P<۰/۰۵). هیچ‌کدام از فراسنجه‌های خونی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفته‌اند.

جدول ٤. فراسنجه‌های تولید گاز کاه‌های فرآوری‌شده با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب

تیمار	پتانسیل تولید گاز(*b*) (میلی‌لیتر)	ثابت نرخ تولید گاز(*c*) (میلی‌لیتر/ ساعت)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول/ کیلوگرم ماده خشک)
کاه گندم (شاهد)	۳۱/۹۲^{b}±۰/٦۷	۰/۰۳۱۷±۰/۰۰۱۵۹	۳۸/۲۵^{c}	٤/۸۰^{c}
کاه گندم+L11	۳۹/۳۸^{a}±۱/٤۵	۰/۰۳۳۸±۰/۰۰۳۰٤	٤۸/٤۵^{a}	٦/۳۱^{a}
کاه گندم+L12	٤۰/۱٤^{a}±۰/۷۰	۰/۰۳۱۳±۰/۰۰۱۲۹	٤٤/٤۳^{b}	۵/۷۲^{b}
کاه گندم+L2	۳۸/۱۲^{a}±۰/۸۵	۰/۰۳۱۷±۰/۰۰۱٦۷	٤٤/۳۷^{b}	۵/۷۱^{b}
کاه گندم+Z2	٤۰/۱۵^{a}±۱/۱٦	۰/۰۳۱۲±۰/۰۰۲۱۳	٤۳/۹۹^{b}	۵/٦۵^{b}
SEM	۱/۱۲٤	۰/۰۰۲٤۷	۰/٤٤٤	۰/۰٦۸
سطح احتمال	۰/۰۰۰۵	۰/۹٤٤	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

a-c: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

L11: *Paenibacillus polymyxa*, L12: *Paenibacillus polymyxa*, L2: *Enterobacter cloacae*, Z2: *Escherichia coli*.

جدول ۵. اثر تغذیه جیره‌های حاوی کاه‌های فرآوری‌شده با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب بر مصرف خوراک افزایش وزن و ضریب تبدیل بره‌های پرواری

تیمار	مصرف خوراک (گرم در روز)	افزایش وزن (گرم در روز)	ضریب تبدیل
شاهد	۱۲۸٤	۲۰۸/۰	٦/۲۱
L11	۱۲۸۷	۲۱٤/۰	٦/۰٦
L12	۱۲۷٦	۲۱۳/۲	٦/۰۵
L2	۱۳۰۳	۲۱۱/۲	٦/۲۰
Z2	۱۳۱۳	۲۱۲/۸	٦/۲۰
SEM	۲٦/۸۹	۲/۳٤۳	۰/۱۳٦۱
سطح احتمال	۰/۸٦۰۳	۰/٤۲۲۰	۰/۸٤۰٦

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

L11: *Paenibacillus polymyxa*, L12: *Paenibacillus polymyxa*, L2: *Enterobacter cloacae*, Z2: *Escherichia coli*.

جدول ٦. قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی تیمارهای حاوی کاه فرآوری‌شده با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب

تیمار	ماده خشک (درصد)	پروتئین (درصد)	NDF (درصد)	ADF (درصد)	گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	نیتروژن اوره‌ای (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)
(شاهد)	٧٩/٩٠[b]	٨٤/٨٩	٤٩/٦٧[d]	٤٥/٨٥[b]	٦٩/٣٠	٢٦/١٢
L11	٨٣/١٦[a]	٨٥/٣٢	٥٦/٢٦[a]	٥٠/٥٤[a]	٧٦/٥٧	٢٣/٣٩
L12	٧٩/٠٣[b]	٨٤/٤٩	٥٣/٧٥[b]	٤٥/٧٥[b]	٧٢/٣٣	٢٥/٧٣
L2	٧٩/٧٥[b]	٨٤/٧٤	٥٢/١٠[c]	٤٦/٧١[b]	٧٣/٨١	٢٤/٨٧
Z2	٨٠/٦٣[b]	٨٥/٠٥	٥٢/٤١[c]	٤٥/٩٧[b]	٧٥/٠٣	٢٤/١٠
SEM	٠/٦٢١٨	٠/٥٠٨٠	٠/٣٣٧٩	٠/٤٢٠١	٤/٤٥٢	٣/٢٠٤
سطح احتمال	٠/٠٠٢٩	/٨١٨٦	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	٠/٨١٤٢	٠/٩٧٧٢٣

a-c: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<٠/٠٥).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

NDF: فیبر نامحلول در شوینده خنثی، ADF : فیبر نامحلول در شوینده اسیدی

L11: *Paenibacillus polymyxa*, L12: *Paenibacillus polymyxa*, L2: *Enterobacter cloacae*, Z2: *Escherichia coli*.

عوامل زیادی مانند ترکیب ماده خوراکی، ترکیب جیره، فرآوری، نوع حیوان و سطح خوراک‌دهی و عملکرد میکروب‌های شکمبه و شرایط محیطی شکمبه قابلیت هضم مواد مغذی را در دستگاه گوارش حیوان متأثر می‌سازند. در آزمایش حاضر یکی از دلایل بهبود هضم فیبر ممکن است به‌دلیل افزایش تعداد باکتری‌های سلولولیتیک و به‌دنبال آن افزایش آنزیم‌های فیبرولیتیک باشد. طبق نظر پژوهش‌گران تجزیه‌پذیری دیواره سلولی بیش‌تر به ساختمان آن برمی‌گردد تا به شرایطی که بر محیط شکمبه حاکم است و محتوای دیواره سلولی و نشاسته در قابلیت هضم جیره غذایی مؤثر است [٢٠]. در آزمایش حاضر تیمار *Paenibacillus polymyxa* L11 دارای بالاترین قابلیت هضم مواد مغذی بود. با توجه به بالاتربودن قابلیت هضم و ME کاه فرآوری‌شده با *Paenibacillus polymyxa* L11 (جدول ٤) می‌توان بیان نمود که بالاتربودن قابلیت هضم این تیمار احتمالاً به‌دلیل وجود این کاه با هضم بالاتر در جیره مورد نظر است. البته پایین‌تربودن مقدار جزئی NDF می‌تواند ازجمله علت‌های دیگر آن باشد.

میزان طبیعی گلوکز خون گوسفند، ٥٠-٣٠ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر است. افزایش گلوکز خون در دام نشخوارکننده می‌تواند ناشی از افزایش تولید پروپیونات در شکمبه باشد. بنابراین یکی از دلایل بالابودن گلوکز خون دام‌ها در این پژوهش نسبت به میزان طبیعی گلوکز می‌تواند بالابودن سطح کنسانتره جیره (٨٥ درصد) باشد، چراکه بخش کنسانتره‌ای جیره تولید پروپیونات در شکمبه را بالا می‌برد. اما به‌هرحال بین متابولیت‌های خونی تیمارهای باکتریایی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. برخی پژوهش‌گران با تغذیه کاه برنج تیمارشده با آنزیم‌های اگزوژنوس باکتری‌های بی‌هوازی به گوسفند اختلاف معنی‌داری در متابولیت‌های خونی مشاهده نکردند [١٠]. بیان شده است که متابولیسم بالای گلوکز در بدن و مکانیسم هوموستاتیک بدن حیوان به‌راحتی اجازه تغییر چشم‌گیر در سطح گلوکز خون را نمی‌دهد [٢٣]. در پژوهش دیگری با بررسی اثر جیره غذایی

حاوی کاه برنج تیمارشده با باکتری‌های لیگنولیتیک بر فراسنجه‌های خونی گوسفندان، تأثیری بر فراسنجه‌های خونی و بالانس نیتروژن خون مشاهده نشد [۸] که با نتایج پژوهش حاضر موافق بود. اوره خون حاصل ازسوخت‌وساز پروتئین‌ها است و نماد دریافت مواد نیتروژنی بوده که در شکمبه به آمونیاک تبدیل شده و به مصرف بیوسنتز اوره می‌رسد، نیتروژن اوره‌ای خون با نیتروژن آمونیاکی تولیدشده در شکمبه همبستگی بالایی دارند. همان‌طورکه مشاهده می‌شود میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه و میزان نیتروزن خون در تیمار شاهد بیش‌تر از تیمارهای دیگر بود هرچند که افزایش نیتروژن اوره‌ای در این تیمار معنی‌دار نبود.

طبق نتایج، pH شکمبه در حیوانات تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی کاه فرآوری‌شده توسط باکتری نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود (P<۰/۰۵، جدول ۷). میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمارهای باکتریایی به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نیتروژن آمونیاکی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای *Paenibacillus polymyxa* L11 و شاهد بود اما بین نیتروژن آمونیاکی تیمارهای *Paenibacillus polymyxa* L12، *Enterobacter cloacae* L2 و *Escherichia coli* Z2 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

تیمارهای باکتریایی باعث افزایش غلظت پروپیونات و کاهش غلظت استات شکمبه شدند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نسبت استات به پروپیونات به‌ترتیب به تیمارهای شاهد و *Paenibacillus polymyxa* L11 اختصاص داشت. غلظت کل اسیدهای چرب فرّار شکمبه در تیمارهای باکتریایی بیش‌تر از تیمار شاهد بود (P<۰/۰۵).

با توجه به نتایج یکی از دلایل پایین‌تربودن pH شکمبه در تیمارهای باکتریایی نسبت به تیمار شاهد می‌تواند تغذیه کاه‌های فرآوری‌شده با باکتری باشد (جدول ۲). چراکه مقدار pH این کاه‌ها به‌دلیل تخمیر صورت گرفته کاهش پیدا کرده بود. لازم به ذکر است تغذیه کاه‌های فرآوری‌شده به‌شکل تازه صورت گرفت یعنی در کل درصد رطوبت در جیره as-fed شاهد کم‌تر از تیمارهای باکتریایی بود که این می‌تواند دلیلی برای جوش بیش‌تر دام و افزایش بزاق و بهینه‌کردن pH باشد.

منبع اصلی تأمین نیتروژن در شکمبه آمونیاک حاصل از تجزیه پروتئین خوراک است. اما با توجه به این‌که قابلیت هضم پروتئین در آزمایش ما تحت تأثیر تیمار قرار نگرفته است؛ این موضوع نمی‌تواند دلیلی برای کاهش نیتروژن آمونیاکی موجود در شکمبه باشد. برخی پژوهش‌گران بیان نموده‌اند که باکتری‌های فیبرولیتیک قابلیت استفاده گسترده از نیتروژن به شکل آمونیاک را دارند [۲۱]. ازآنجایی‌که ممکن است کاه‌های فرآوری‌شده با باکتری‌های سلولولیتیک حاوی مقادیر بالای باکتری باشند (به‌طوری‌که جمعیت فیبرولیتیک‌ها را در شکمبه افزایش داده باشند)، بنابراین می‌توان این‌گونه تحلیل نمود که در تیمارهای باکتریایی استفاده از نیتروژن آمونیاکی گسترده‌تر شده و غلظت آن در مایع شکمبه کاهش یافته است. از سوی دیگر همان‌طور که نتایج pH مشخص نمود، pH شکمبه در تیمارهای باکتریایی پایین بوده که ممکن است باعث کاهش جمعیت پروتوزوایی شکمبه شده باشد. کاهش پروتوزوای شکمبه، از چرخه نیتروژن بین باکتری و پروتوزوا جلوگیری می‌کند که منجر به کاهش تجزیه پروتئین باکتریایی می‌شود. درنتیجه این امر، جریان نیتروژن میکروبی از شکمبه افزایش و به‌تبع آن غلظت نیتروژن آمونیاکی کاهش می‌یابد [٤]. از سوی دیگر همان‌طورکه از ترکیب جیره‌ها مشخص است. جیره شاهد حاوی اوره بیش‌تری نسبت به دیگر جیره‌ها می‌باشد. اوره به‌عنوان یک منبع نیتروژن غیرپروتئینی در جیره استفاده شده است. که ممکن است سرعت تجزیه آن

نسبت به مصرف آن توسط میکروب‌های شکمبه بالاتر بوده و باعث افزایش آمونیاک در شکمبه شده باشد. بنابراین احتمالاً یکی از دلایل افزایش نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمار شاهد بالاتر بودن مقدار اوره در این تیمار است. چنانچه مشاهده می‌شود با افزایش اوره در جیره میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه افزایش یافته است [۱۳].

بیان شده که بیش‌ترباکتری‌های تجزیه‌کننده فیبر، تولیدکننده‌های استات می‌باشند، بنابراین کاهش فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده فیبر در اثر کاهش pH مایع شکمبه، غلظت استات در شکمبه را به‌طور نسبی کاهش می‌دهد و رشد باکتری‌های سلولولیتیک موجب تولید بیش‌تراستات در نتیجه تجزیه فیبرشده ونسبت استات به پروپیونات را افزایش می‌دهد [۲٤]. با این‌حال در جیره‌های فرآوری‌شده، میزان استات پایین‌تر از تیمار شاهد بود. این‌که باکتری‌های سلولولیتیک مورداستفاده برای فرآوری باکتری‌های مقاوم به شرایط اسیدی بوده‌اند، مقداری بررسی الگوی تخمیر در شکمبه را با دشواری مواجه می‌کند. درهرصورت بررسی‌ها [۱٤] نشان داده که منشأ اصلی تأثیرگذار بر نسبت‌های مولی اسیدهای چرب فرّار شکمبه‌ای، قابلیت هضم مواد مغذی است. تغذیه علوفه با قابلیت هضم بیش‌تر نسبت‌های پایین‌تر استات و بالاتر پروپیونات و بوتیرات را به‌همراه دارد که این مورد می‌تواند از دلایل پایین‌تربودن استات در تیمارهایی باکتریایی (به‌ویژه تیمار *Paenibacillus polymyxa* L11 که دارای بالاترین قابلیت هضم بود) نسبت به تیمار شاهد باشد. گزارش شده است استفاده از باکتری‌های سلولولیتیک در تغذیه بره‌های پرواری باعث افزایش محتوای VFAs شکمبه می‌شود [۷] و علت آن افزایش در قابلیت هضم پروتئین، ماده خشک و فیبر خام در این تیمارها نسبت به تیمار شاهد می‌باشد.

براساس نتایج این پژوهش، فرآوری کاه گندم با باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب قابلیت هضم و در نتیجه آن ارزش غذایی این ماده خوراکی را بهبود می بخشد.

جدول ۷. اثر تغذیه جیره حاوی کاه‌های فرآوری‌شده باکتری‌های سلولولیتیک جداشده از دستگاه گوارش اسب بر فراسنجه‌های تخمیری شکمبه گوسفند

تیمار	pH	نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	استات (درصد)	پروپیونات (درصد)	بوتیرات (درصد)	والرات (درصد)	ایزووالرات (درصد)	استات/ پروپیونات	کل اسید چرب فرّار (میلی‌مول بر لیتر)
(شاهد)	٦/١٢^{a}	٢٤/٤٧^{a}	٥٤/٢٧^{a}	٢٩/٠٧^{c}	١٥/٠٢^{b}	١/٠٣	٠/٥٩	١/٨٧^{a}	١٠١/١٢^{b}
L11	٥/٥٣^{b}	١٨/٨٢^{c}	٤٨/٦٨^{c}	٣١/٤٧^{a}	١٨/٢٢^{a}	١/٠٢	٠/٥٩	١/٥٤٧^{c}	١٠٥/٦٢^{a}
L12	٥/٥٧^{b}	٢١/٤٢^{b}	٤٩/٣٨^{bc}	٣٠/٧٠^{b}	١٨/٣٠^{a}	١/٠٢	٠/٥٨	١/٦١١^{b}	١٠٦/٢١^{a}
L2	٥/٤٤^{b}	٢١/٣٤^{b}	٤٩/٥٥^{b}	٣٠/٦٢^{b}	١٨/٢٣^{a}	١/٠١	٠/٥٧	١/٦٢^{b}	١٠٥/٧٠^{a}
Z2	٥/٤٦^{b}	٢٢/١٧^{b}	٤٩/٤٥^{bc}	٣٠/٧٤^{b}	١٨/١٩^{a}	١/٠١	٠/٥٨	١/٦١^{b}	١٠٥/٧٣^{a}
SEM	٠/٠٦٨٦	٠/٧٢٩١	٠/٢٥٢	٠/١٨٦	٠/٢١٩	٠/٠١٥	٠/٠١٥	٠/٠١٦	٠/٥٨٠
سطح احتمال	٠/٠٠٠١	٠/٠٠٠٦	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	٠/٩٢٩	٠/٩٦٦	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١

a-c: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<٠/٠٥).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

L11: *Paenibacillus polymyxa*, L12: *Paenibacillus polymyxa*, L2: *Enterobacter cloacae*, Z2: *Escherichia coli*.

با توجه به این‌که این روش تقریباً آسان بوده نیاز به دستگاه و امکانات خاص نداشته و آلودگی‌های محیط زیستی خاصی به‌همراه ندارد. می‌توان بیان نمود در شرایطی که کشور با کمبود علوفه باکیفیت مواجه است فرآوری باکتریایی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای استفاده بهینه از بقایای زراعی با ارزش غذایی پایین‌تر هم‌چون کاه گندم باشد.

تشکر و قدردانی

از مسئولان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، به‌خاطرحمایت مالی پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع مورداستفاده

1. Abd El-Galil E (2014) Using biological additives to manipulate rumen fermentation and improve baladi goat's performance. Egyptian Journal of Nutrition and Feeds, 17: 29-42.
2. AOAC (1990) Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 15th edn. Arlington, VA.
3. Azizi-Shotorkhoft A, Mohammadabadi T, Motamedi H, Chaji M and Fazaeli H (2016) Isolation and identification of termite gut symbiotic bacteria with lignocellulose-degrading potential, and their effects on the nutritive value for ruminants of some by-products. Animal Feed Science and Technology,221: 234-242.
4. Benchaar C, McAllisterTAand Chouinard PY (2008) Digestion, ruminal fermentation, ciliate protozoal populations, and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde, quebracho condensed tannin, or Yucca schidigera saponin extracts. Journal of Dairy Science, 91(12): 4765-4777.
5. Borji M (2003) The Survey Possibility of Straw Polysaccharides and Lignin Degradation by Isolated Microbiota from Termites. PhD Thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
6. Broderick GA and Kang JH (1980) Automated simultaneous determination of ammonia and totalamino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Dairy Science, 63: 64-75.
7. Elenin EIA, El-Galil ERA, Etman KEI and El-Shabrawy HM (2016) Improvement of Rumen Fermentation and Performance of Growing Lambs by Adding Natural Microbial Resources. Asian Journal of Animal Sciences,10(3):202-212.
8. ELmoghazy MM, Husain M, Tag EDH and Din HA (2015) Effect of sheep diets containing microbiological treated rice straw on blood parameters and nitrogen balance. Journal of Microbiology Research, 5(2): 46-56.
9. Fon FN, Nsahlai IV and Scogings PF (2014) Extraction and comparison of fibrolytic enzyme additives from gut of 11 ungulates. African Journal of Biochemistry Research, 8(2): 31-38.
10. Gomaa R, Gado H, El-Sayed H, and El Mawla SA (2012) Usage of treated rice straw with exogenous anaerobic bacterial enzymes (ZAD) for Ossimi sheep. Annals of Agricultural Sciences, 57(2): 183-190.
11. HarsiniShakarami M, Mohammadabadi T, Motamedi H, Sari M and TeimouriYansari A (2019) Isolation and identification of cellulolytic bacteria from gastrointestinal tract of Arabian horse and investigation of their effect on the nutritional value of wheat straw. Journal of Applied Microbiology, 127(2): 344-353.
12. Huhtanen P, Kaustell K and Jaakkola S (1994) The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. Animal Feed Science and Technology,48: 211-227.
13. Kumari NN, Reddy YR, Blummel M, Nagalakshmi D, Monika T, Reddy BVS and Reddy CR (2013) Growth performance and carcass characteristics of growing ram lambs fed sweet sorghum bagasse-based complete rations varying in roughage-to-concentrate ratios. Tropical Animal Health and Production, 45(2): 649-655.
14. López S, Dijkstra J and France J (2000) 4 Prediction of Energy Supply in Ruminants, with Emphasis on. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, 63.
15. Menke KH and Steingass H (1988) Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. Animal research and development, 28: 7-55.

16. Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D and Schneider W (1979) The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. The Journal of Agricultural Science, 93: 217-222.
17. Mohammadi-Mehr A, Ghasemi E and Khorvash M (2017) Effect of Partial Replacement of Alfalfa Hay with Wheat Straw on Digestibility and Growth Performance of Fattening Male Lambs. Research on Animal Production, 9(19): 113-128.
18. Oba M and Allen MS (1999) Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. Journal of Dairy Science, 82(3): 589-596.
19. Okano K, Iida Y, Samsuri M, Prasetya B, Usagawa T and Watanabe T (2006) Comparison of *invitro* digestibility and chemical composition among sugarcane bagasses treated by four white-rot fungi. Animal Science Journal,77(3):308-313.
20. Richardson JM, Wilkinson RG and Sinclair LA (2003) Synchrony of nutrient supply to the rumen and dietary energy source and their effects on the growth and metabolism of lambs. Journal of Animal Science, 81(5): 1332-1347.
21. 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(11): 3551-3561.
22. Shaikh NM, Patel AA, Mehta SA and Patel ND (2013) Isolation and Screening of Cellulolytic Bacteria Inhabiting Different Environment and Optimization of Cellulase Production. Universal Journal of Environmental Research and Technology, 3(1): 39-49.
23. Shekhar C, Thakur SS and Shelke SK (2010) Effect of exogenous fibrolytic enzymes supplementation on milk production and nutrient utilization in Murrah buffaloes. Tropical Animal Health and Production, 42(7): 1465-1470.
24. Suárez BJ, Van Reenen CG, Gerrits WJJ, Stockhofe N, Van Vuuren AM and Dijkstra J (2006) Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development. Journal of Dairy Science, 89(11): 4376-4386.
25. Van Soest PV, Robertson JB and Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597.