تولیدات دامی
دوره ۲۰ ■ شماره ٤ ■ زمستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ٥٦٤-٥٥٣

تأثیر بیوچار محصول فرعی پسته بر فراسنجه‌های تخمیر برون‌تنی شکمبه‌ای و عملکرد میش‌های شیرده

اعظم میرحیدری[1*]، نورمحمد تربتی‌نژاد[2]، سعید حسنی[2]، پیروز شاکری[3]

۱. دانش‌آموخته دکتری، گروه تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. استاد، گروه تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳. دانشیار، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر افزودن بیوچار محصول فرعی پسته به جیره میش‌های شیرده، دو آزمایش انجام شد. در آزمایش اول، تأثیر افزودن سطوح صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ درصد از بیوچار محصول فرعی پسته به جیره پایه در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه پس از ٢٤ ساعت انکوباسیون بررسی شد. در آزمایش دوم با افزودن سطح مطلوب بیوچار تعیین‌شده در آزمایش اول به جیره میش‌های شیرده، تأثیر آن بر عملکرد شیردهی و قابلیت هضم خوراک بررسی شد. در این آزمایش از هشت رأس میش شیرده نژاد کرمانی زایش دوم در اوایل شیردهی در قالب یک طرح مربع لاتین چرخشی طی دو دوره ۲۱ روزه استفاده شد. با افزایش سطح بیوچار در جیره‌ها تولید متان و غلظت نیتروژن آمونیاکی کاهش خطی نشان دادند (P< ۰/۰۱) و pH به‌صورت خطی افزایش (P< ۰/۰۱) یافت. هم‌چنین با افزودن یک درصد بیوچار به جیره میش‌های شیرده تولید شیر، غلظت گلوکز خون و قابلیت هضم ماده خشک نسبت به جیره شاهد افزایش (P< ۰/۰۵) و غلظت نیتروژن اوره‌ای خون کاهش (P< ۰/۰۵) یافت. به‌طورکلی افزودن سطح یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته به جیره میش‌های شیرده می‌تواند سبب بهبود تولید شیر و قابلیت هضم ماده خشک شود.

کلیدواژه‌ها: بیوچار، تخمیر، متان، محصول فرعی پسته، میش.

* نویسنده مسئول
Email: az_mirhidar@yahoo.com

مقدمه

تخمیر میکروبی در شکمبه نشخوارکنندگان به‌علت اتلاف بخشی از انرژی خوراک (دو تا ۱۲ درصد از انرژی خام) به‌صورت متان و نیتروژن خوراک (۷۵ تا ۸۵ درصد) به‌صورت آمونیاک بازده مطلوبی ندارد و کاهش عملکرد حیوان و آلودگی‌های زیست‌محیطی را در پی دارد [٦]. بر اساس گزارش سازمان جهانی غذا و محصولات کشاورزی، حدود ۱۸ درصد از گازهای گلخانه‌ای جهان مربوط به بخش دامپروری است که ۳۵ درصد آن از گاز متان تشکیل شده است. اثر مخرب زیست‌محیطی گاز متان ۲۳ برابر دی‌اکسید کربن است. مطالعات نشان داده است هر سال حدود ۳۲ میلیون تن نیتروژن آمونیاکی در بخش کشاورزی تولید می‌شود که ۲۱ میلیون تن آن مربوط به نشخوارکنندگان می‌باشد [۲۱]. کاهش تولید متان و ترکیبات نیتروژنی در شکمبه سبب بهبود بازده انرژی و افزایش بهره‌وری در پرورش نشخوارکنندگان می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که بیوچار به روش‌های مختلف بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر است [۵]. بیوچار ماده‌ای جامد، کربنی و متخلخل است که از سوختن زیست‌توده‌های مختلف کشاورزی و دامی در محیطی بدون اکسیژن یا با اکسیژن کم تولید می‌شود [۱].

بیوچار به‌دلیل اثر کاهنده بر انتشار متان [۵ و ٦]، بهبود جایگاه سکونت جهت رشد و تکثیر میکروبی (ساختار متخلخل و نواحی سطحی وسیع بیوچار) [١٤] و افزایش ساخت پروتئین میکروبی در شکمبه [۱]، بهبود سلامتی و بازده خوراک [۱۱]، حاصلخیزی خاک مزارع و مراتع [٦] به جیره نشخوارکنندگان افزوده می‌شود. امروزه در مزارعی از کشورهای آلمان، استرالیا، سوئیس، ژاپن و چین با هدف بهبود هضم و بازده تبدیل خوراک، بهبود عملکرد حیوانات و تولید محصولات دامی ارگانیک از بیوچار در جیره دام‌ها استفاده می‌کنند [۱۱]. ازآن‌جاکه درجه حرارت استفاده‌شده و نوع زیست‌توده اولیه بر ویژگی‌های بیوچار مؤثر است، بنابراین اثرات بیوچارها بر تخمیر شکمبه می‌تواند متفاوت باشد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف بیوچار محصول فرعی پسته بر تخمیر شکمبه در شرایط آزمایشگاهی برای تعیین سطح مطلوب جهت استفاده در جیره میش‌های شیرده انجام شد. سپس تأثیر استفاده از بیوچار محصول فرعی پسته در جیره میش‌ها بر عملکرد شیرواری و قابلیت هضم مواد مغذی جیره تعیین شد.

مواد و روش‌ها

محصول فرعی پسته از یک پایانه فرآوری پسته در شهرستان سیرجان تهیه گردید و داخل حلب‌های کوچک دردار قرار داده شد. حلب‌های حاوی محصول فرعی پسته، داخل بشکه بزرگ‌تری با منافذی در ته گذاشته شدند. بشکه بزرگ با چوب پر شد و با یک در دودکش‌دار بسته شد. منبع حرارتی زیر بشکه قرار گرفت و هم‌زمان چوب‌های داخل بشکه نیز مشتعل شدند. دمای داخل بشکه به‌وسیله ترمومتر اندازه‌گیری و به‌وسیله کم یا زیاد کردن شعله زیر بشکه، کنترل گردید. فرآیند سوختن به‌مدت سه ساعت در دمای حدوداً ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. سپس مواد از داخل حلب‌ها خارج و با پاشش آب روی آن‌ها سرد شدند و در برابر آفتاب خشک گردیدند [۱]. نمونه‌ای از بیوچار محصول فرعی پسته با آسیاب (Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, USA) و با غربال یک میلی‌متری آسیاب شد. برای تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) از دستگاه تجزیه فیبر (Fibertec 2010, Auto fiber analysis system (Foss Analytical, Denmark) استفاده شد. خاکستر خام نمونه‌ها به‌مدت ۱۲ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد

تعیین شد [۳]. ترکیبات شیمیائی بیوچار محصول فرعی پسته در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی بیوچار محصول فرعی پسته

(درصد)

ماده خشک	۹۲/۸۱
خاکستر خام	۹/۷۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	٦۹/۵۰
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	٦۸/۸٤

تحقیق حاضر در قالب دو آزمایش انجام شد؛ در آزمایش اول تأثیر افزودن سطوح مختلف بیوچار محصول فرعی پسته (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) به جیره پایه شامل: یونجه، کاه گندم، سبوس گندم، دانه جو، دانه ذرت، کنجاله سویا، مکمل معدنی و ویتامینی و نمک با نسبت ٤۰ درصد علوفه و ٦۰ درصد کنسانتره بر تولید گاز زمان ۲٤ ساعت، تولید متان، غلظت نیتروژن آمونیاکی، جمعیت پروتوزوآ، pH و مقدار اسیدهای چرب فرّار در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. در آزمایش دوم سطح انتخاب‌شده از بیوچار محصول فرعی پسته بر اساس بهبود فراسنجه‌های تخمیری در آزمایش اول، به جیره اضافه شد و تأثیر آن بر تولید و ترکیبات شیر، قابلیت هضم و متابولیت‌های خونی میش‌های شیرده نژاد کرمانی مورد بررسی قرار گرفت.

به‌منظور تعیین تأثیر استفاده از سطوح مختلف بیوچار محصول فرعی پسته بر تخمیرپذیری جیره پایه از روش تولید گاز استفاده شد [۱۰]. ابتدا یک جیره پایه براساس احتیاجات میش‌های شیرده با نسبت ٤۰ به ٦۰ علوفه به کنسانتره تنظیم شد و نسبت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد از بیوچار محصول فرعی پسته به جیره پایه اضافه شد (جدول ۲). جیره‌ها با آسیاب مجهز به غربال یک میلی‌متری آسیاب شدند. مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم از هر جیره آزمایشی با شش تکرار (سه تکرار برای اندازه‌گیری تولید گاز، سه تکرار برای اندازه‌گیری تولید متان) در داخل شیشه‌های سرم ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. مایع شکمبه دو ساعت بعد از وعده خوراک صبح از ٤ رأس گوسفند کرمانی مجهز به فیستولای شکمبه‌ای، هم‌سن (۲ ساله)، با وزن تقریباً برابر (۵۰/۵ کیلوگرم) که به‌صورت گروهی تغذیه می‌شدند، اخذ گردید. این گوسفندان با جیره مخلوط شامل: ۰/۵ کیلوگرم یونجه خشک، ۰/۲ کیلوگرم کاه گندم، ۰/۳ کیلوگرم جو، ۰/۲۵ کیلوگرم کنجاله پنبه‌دانه و ۰/۰۲۵ کیلوگرم مکمل ویتامینی و مواد معدنی در دو وعده تغذیه می‌شدند. مایع شکمبه در فلاسک دردار به آزمایشگاه منتقل شد و با ٤ لایه پارچه متقال و تحت گاز دی‌اکسیدکربن و دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد صاف شد. روز قبل از آزمایش محلول‌های مورد نیاز برای تهیه بزاق مصنوعی آماده شد. مقدار ۳۰ میلی‌لیتر محلول بافر و مایع شکمبه به هر یک از شیشه‌های حاوی نمونه اضافه گردید. به‌داخل هر شیشه ۱۵ ثانیه دی‌اکسیدکربن تزریق شد و بلافاصله درپوش لاستیکی شیشه‌ها گذاشته شد و با استفاده از محافظ‌های آلومینیومی مخصوص پرس گردید. شیشه‌ها به‌داخل انکوباتور شیکردار با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. به‌منظور تصحیح گاز تولیدی با منشأ مواد خوراکی از چهار شیشه فاقد نمونه استفاده شد. مقدار گاز تولیدی در ساعت‌های ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱۸، ۲٤ انکوباسیون تعیین شد. پس از پایان انکوباسیون، محتویات شیشه‌ها از میان چهار لایه پارچه صافی فیلتر شد و pH آن با دستگاه pH متر (pH Meter CG 804, SCHOTT GERATE) تعیین شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی در مایع انکوباسیون با استفاده از معرف فنل هیپوکلریت و با دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ٦۳۰ نانومتر تعیین شد. برای اندازه‌گیری مقدار متان تولیدشده، سود (۱۰ مولار) به محتویات شیشه‌ها اضافه

گردید. دی‌اکسید کربن توسط سود جذب شد و گاز باقی‌مانده به‌عنوان متان اندازه‌گیری شد [۹]. نمونه‌ای ۱۵ میلی‌لیتری از محتویات شیشه‌ها با سه میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۲۵ درصد اسیدی شد و نمونه‌ها تا زمان تجزیه در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت اسیدهای چرب فرّار در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Philips-PU4410, UK) تعیین شد [۲٤]. برای شمارش پروتوزوآ یک میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف و به نه میلی‌لیتر فرمالدئید چهار درصد افزوده شد و به‌خوبی با هم مخلوط شدند و با استفاده از میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ٤۰ و لام نئوبار تعداد پروتوزوآ در هر میلی‌لیتر از مایع شکمبه شمارش شد [۸].

تعداد هشت رأس میش شیرده کرمانی زایش دوم در اوایل دوره شیردهی با میانگین وزن ۳۷/٦۲±۲/۵۱ کیلوگرم در دو دوره ۲۱ روزه (۱٤ روز عادت‌پذیری و هفت روز جمع‌آوری اطلاعات) در قالب یک طرح مربع لاتین چرخشی با دو تیمار (با دو مربع ۲×۲) استفاده شد. جیره‌های آزمایشی با انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام یکسان با ٦۰ درصد کنسانتره و ٤۰ درصد علوفه تنظیم شدند. در طول آزمایش میش‌ها در جایگاه‌های انفرادی (۱/۵×۱/۵ متر) روزانه در دو نوبت تغذیه و یک نوبت در ساعت ۱۷:۰۰ شیردوشی شدند. خوراک روزانه پس از توزین به‌صورت آزاد در اختیار دام‌ها قرار گرفت. پس‌آخور در هفت روز آخر هر دوره اندازه‌گیری شد و خوراک مصرفی هر دام با کسر کردن پس‌آخور از خوراک توزیع‌شده محاسبه گردید. وزن‌کشی میش‌ها در شروع و پایان هر دوره ۲۱ روزه قبل از خوراک‌دهی صبح انجام شد.

جدول ۲. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)

اجزای جیره (درصد)	جیره‌های آزمایشی			
	شاهد	بیوچار محصول فرعی پسته		
سطح بیوچار	۰	۰/۵	۱/۰	۱/۵
یونجه	۳۱/۰	۳۱/۰	۳۱/۰	۳۱/۰
کاه گندم	۹/۸	۹/۸	۹/۸	۹/۸
سبوس گندم	۲/۰	۱/٦	۱/۳	۱/۰
دانه جو	٤۹/٤	٤۹/٤	٤۹/٤	٤۹/٤
دانه ذرت	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۱/۳
کنجاله سویا	٤/۸	٤/۸	٤/۸	٤/۸
مکمل معدنی و ویتامینی[1]	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
نمک	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
ترکیبات شیمیایی (درصد)[2]				
پروتئین خام	۱۳/۷۳	۱۳/٦۱	۱۳/۵۲	۱۲/۷۵
کلسیم	۰/٤۲	۰/٤۲	۰/٤۲	۰/٤۲
فسفر	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم)	۲/٦۰	۲/۵۸	۲/۵۷	۲/۵۵

۱. در هر کیلوگرم جیره: ۹۹/۲ میلی‌گرم منگنز، ۵۰ میلی‌گرم آهن، ۸٤/۷ میلی‌گرم روی، ۱۰ میلی‌گرم مس، ۱ میلی‌گرم ید، ۰/۲ میلی‌گرم سلنیوم، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E.

۲. برآوردشده بر اساس NRC (2007).

طی هفت روز آخر دوره‌ها شیر تولیدی ثبت شد و مقدار ٤٠ میلی‌لیتر از شیر هر روز داخل ظروف پلاستیکی ٥٠ میلی‌لیتر حاوی دی‌کرومات پتاسیم نمونه‌گیری شد. نمونه‌های شیر هر میش برای تعیین میزان پروتئین، چربی، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد با دستگاه میلکواسکن (Milkotronic Lactoscan S, SA: Denmark) به آزمایشگاه منتقل شد.

در شروع و انتهای دوره ٢١ روزه از خون سیاهرگ گردنی میش‌ها سه ساعت بعد از وعده خوراک صبح نمونه‌برداری شد. سرم نمونه‌ها در چهار درجه سانتی‌گراد در سانتریفیوژ با سرعت ٢٠٠٠ ×g به‌مدت ١٥ دقیقه جدا گردید. غلظت گلوکز، نیتروژن اوره‌ای، نیتروژن کل و تری‌گلیسرید و هم‌چنین غلظت آنزیم‌های کبدی آلانین آمینو ترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) با کیت‌های شرکت پارس آزمون و دستگاه اتوماتیک (Technicon RA 1000; Bayer Co., NY, USA) تعیین شد. برای تعیین قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌های آزمایشی، نمونه‌گیری از خوراک مصرفی و مدفوع هر دام به‌صورت روزانه در هفت روز آخر دوره انجام گرفت. نمونه‌ها در آون خشک و آسیاب شدند و تا زمان تجزیه در دمای ٢٠- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با استفاده از نشانگر داخلی خاکستر نامحلول در اسید محاسبه گردید [١٣].

داده‌های حاصل از آزمایش اول در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار (رابطه ١) و داده‌های حاصل از آزمایش دوم در قالب یک طرح مربع لاتین چرخشی با دو تیمار و هشت تکرار (در قالب دو مربع ٢×٢) (رابطه ٢) با استفاده از برنامه آماری SAS ویرایش ٩/١ و رویه GLM تجزیه آماری شدند. از چندجمله‌ای‌های متعامد برای بررسی روند تغییرات تولید گاز و سایر فراسنجه‌های آزمایشگاهی استفاده شد. برای تجزیه داده‌ها از مدل‌های آماری زیر استفاده گردید و میانگین‌ها با آزمون توکی- کرامر در سطح خطای پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$y_{ij} = \mu + T_i + R_m + \varepsilon_{ij} \quad \text{رابطه ١)}$$

$$y_{ijklm} = \mu + S_i + A_{(i)\,j} + P_{(i)\,k} + T_l + R_m + \varepsilon_{ijklm} \quad \text{رابطه ٢)}$$

که در این رابطه‌ها: y_{ijklm} و y_{ij}، هر مشاهده؛ μ، میانگین کل، S_i، اثر مربع؛ $A_{(i)j}$، اثر حیوان داخل مربع؛ $P_{(i)\,k}$، اثر دوره داخل مربع؛ T_i و T_l، اثر تیمار؛ R_m، اثر باقیمانده تیمار و ε_{ijklm} و ε_{ij}، اثر خطای آزمایشی می‌باشند.

نتایج و بحث

تأثیر افزودن سطوح مختلف بیوچار محصول فرعی پسته به جیره پایه در شرایط آزمایشگاهی بر فراسنجه‌های تخمیری در جدول ٣ نشان داده شده است. تولید گاز پس از ٢٤ ساعت انکوباسیون و جمعیت پروتوزوآ تحت تأثیر افزودن بیوچار قرار نگرفت، اما تولید متان با سطوح ٠/٥، ١ و ١/٥ درصد بیوچار در مقایسه با گروه شاهد به‌ترتیب ٣١، ٣٩ و ٢٥ درصد کاهش یافت (P<٠/٠١؛ جدول ٣). در تأیید نتایج این آزمایش گزارش شده است که با افزودن ١/١٦ درصد بیوچار حاصل از کاه میسکانتوس، کاه کلزا، سبوس برنج، تکه‌های چوب سفت و کاه گندم به محیط کشت در شرایط آزمایشگاهی، تولید متان به میزان چهار تا شش درصد کاهش یافت [٥] و یا در تحقیق دیگری افزودن ٠/٦ درصد از بیوچار سبوس برنج به جیره گاوهای زرد تولید متان را ٢٢ درصد نسبت به گروه شاهد کاهش داد [١٤]. در مقابل با افزودن بیوچار حاصل از علوفه ذرت و چوب صنوبر به مقدار ٢١ تا ١٨٦ گرم به علوفه ری‌گراس خشک و سیلو شده مقدار تولید متان تحت تأثیر قرار نگرفت [٦]. با توجه به اثرات متفاوت بیوچار بر تولید متان در آزمایشات مختلف،

می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ویژگی‌های خاص هر بیوچار از طریق نواحی سطحی و توزیع ذرات باردار و هم‌چنین خصوصیات ویژه جذب (گروه‌های عامل و ماکرو منافذ) می‌تواند عامل مؤثری بر میزان کاهش انتشار متان باشند [۱۲].

مطالعات نشان داده است با افزودن بیوچار به خاک و محیط‌های تولید کمپوست، تعادل بین باکتری‌های متانوتروف و آرکی‌های متانوژن به سمت افزایش جمعیت متانوتروف‌ها تغییر می‌کند و سبب کاهش انتشار متان از خاک می‌شود [۲۲]. گزارش شده است که در شکمبه دام‌های نشخوارکنندگان نیز باکتری‌های اکسیدکننده متان مشابه با متانوتروف‌های موجود در خاک با جمعیت‌های کم وجود دارند [۲۳]، از این‌رو احتمالاً حضور بیوچار در محیط شکمبه جمعیت این گروه از میکروارگانیسم‌ها را تقویت می‌کند و در نتیجه انتشار متان کاهش می‌یابد. این دلایل می‌تواند کاهش تولید متان با افزودن بیوچار محصول فرعی پسته در این تحقیق را توجیه کنند.

در پایان انکوباسیون غلظت نیتروژن آمونیاکی با افزودن بیوچار محصول فرعی پسته به جیره‌های آزمایشی نسبت به جیره شاهد کاهش ($P<۰/۰۱$) یافت به‌طوری‌که بیشترین کاهش مربوط به سطح یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته بود. ازآن‌جاکه محیط انکوباسیون آزمایشگاهی محیطی بسته است، کاهش غلظت آمونیاک می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت پروتئولیتیک و آمین‌زدایی از ترکیبات نیتروژنی خوراک و یا افزایش استفاده آمونیاک برای ساخت پروتئین میکروبی یا هر دو عامل باشد [۵]. در این آزمایش با توجه به عدم تفاوت تیمارها در انرژی قابل استفاده برای رشد میکروبی (تولید گاز یا اسیدهای چرب فرار)، کاهش فعالیت باکتری‌های پروتئولیتیک و دِآمیناسیون می‌تواند عاملی مؤثر بر کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی با جیره‌های حاوی بیوچار باشد.

در بعضی از مطالعات با افزودن بیوچار به خاک مقدار آمونیاک خاک کاهش یافت که این اثر به ویژگی خاص بیوچارها در داشتن ظرفیت تبادل کاتیون بالا که سبب جذب کاتیون‌ها از جمله آمونیاک می‌شود نسبت داده شده است [۵]. به‌طور مشابه، با افزودن بیوچارهای حاصل از کاه میسکانتوس، کاه کلزا، سبوس برنج، تکه‌های چوب سفت و کاه گندم تولید شده در دو درجه حرارت ۵۵۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به محیط کشت انکوباسیون، غلظت آمونیاک کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین کاهش مربوط به بیوچارهای تولید شده در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. این اثر به بالا بودن ظرفیت تبادل کاتیون بیوچارهای تولیدشده در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت داده شد (افزایش دمای پیرولیزیس باعث کاهش ظرفیت تبادل کاتیون می‌شود) که جذب بیشتر آمونیاک را در پی دارد [۵]. از این‌رو احتمالاً این ویژگی بر کاهش غلظت آمونیاک با افزودن بیوچار محصول فرعی پسته نیز مؤثر بوده است.

با افزایش سطح بیوچار محصول فرعی پسته در جیره‌ها، pH محیط انکوباسیون به‌صورت خطی افزایش ($P<۰/۰۱$) یافت. مطابق با نتایج این تحقیق با افزودن بیوچار سبوس برنج به مقدار ۰/٦ درصد در جیره گاوهای زرد، pH شکمبه افزایش یافت [١٤]. نتایج برخی از مطالعات نشان داده است، که گروه‌های عاملی با بار منفی در سطح بیوچار، به‌صورت بازهای لوئیس برای جذب کاتیون‌ها عمل می‌کنند و با جذب سریع یون‌های هیدروژن محیط، نقش بافر را ایفاکرده و از این طریق سبب متعادل شدن pH محیط می‌شوند [۷].

اطلاعات مربوط به تأثیر افزودن سطوح مختلف بیوچار محصول فرعی پسته به جیره‌های آزمایشی بر غلظت کل اسیدهای چرب فرار، اسید استیک، اسید پروپیونیک، اسید بوتیریک و نسبت اسید استیک به اسید پروپیونیک در جدول ٤ نشان داده شده است. افزودن

بیوچار محصول فرعی پسته به جیره تأثیری بر غلظت کل اسیدهای چرب فرّار و غلظت مولاری هیچ‌یک از آن‌ها و هم‌چنین نسبت اسید استیک به اسید پروپیونیک نداشت (جدول ٤). در توافق با نتایج این تحقیق با افزودن بیوچارهای چوب درخت بلوط، چوب درخت لاله زینتی و چوب کاج سفید (٨١ گرم/کیلوگرم ماده خشک) تولیدشده در دمای ١١١٠ درجه سانتی‌گراد به جیره پایه (علوفه گراس اُرچارد) تغییری در تولید اسیدهای چرب فرّار مشاهده نشد [١٥]. هم‌چنین افزودن بیوچارهای حاصل از کاه میسکانتوس، کاه کلزا، سبوس برنج، تکه‌های چوب سفت و کاه گندم (١/١٦ درصد) تولید شده در دمای ٣٥٠ یا ٥٥٠ درجه سانتی‌گراد به محیط انکوباسیون تأثیری بر تولید اسیدهای چرب فرّار نداشت [٥]. در مقابل با افزودن بیوچارهای حاصل از علوفه ذرت و چوب صنوبر (٢١ و ١٨٦ گرم/ کیلوگرم ماده خشک) تولیدشده در دمای ٣٥٠ یا ٥٥٠ درجه سانتی‌گراد به علوفه ری‌گراس خشک و سیلو شده مقدار اسیدهای چرب فرّار افزایش یافت [٦]. این تفاوت در تولید اسیدهای چرب فرّار می‌تواند مربوط به تفاوت در نوع و مقدار بیوچار استفاده‌شده و هم‌چنین درجه حرارت تولید بیوچار باشد.

جدول ٣. میانگین گاز تولیدی، متان، pH، نیتروژن آمونیاکی و جمعیت پروتوزوآ در شرایط آزمایشگاهی با جیره‌های حاوی سطوح مختلف بیوچار محصول فرعی پسته

فراسنجه‌ها	جیره‌های آزمایشی				SEM	P-value	مقایسات متعامد	
	شاهد	بیوچار محصول فرعی پسته						
	–	٠/٥	١/٠	١/٥			خطی	درجه دو
گاز تولید در٢٤ ساعت (میلی‌لیتر در ٢٠٠ میلی‌گرم ماده خشک)	٣٢/٥	٢٨/٥٠	٢٦/٥٠	٢٧/٧٣	١/٧٣٩	٠/٢٤	٠/١١	٠/٢١
متان (میلی‌لیتر)	١٦/١١^{a}	١١/١١^{b}	٩/٨٨^{b}	١٢/١٠^{b}	٠/٦٢٥	٠/٠٠٨	٠/٠٠٩	٠/٠٠٤
pH	٦/١٩^{b}	٦/٣٠^{ab}	٦/٣٢^{ab}	٦/٤٨^{a}	٠/٠٣٢	٠/٠١	٠/٠٠٣	٠/٤٩
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم/ دسی لیتر)	١٥/٦٧^{a}	١٢/٩٨^{b}	١٠/٢٩^{c}	١١/٠٢^{bc}	٠/٥٧٢	٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	٠/٠١
پروتوزوآ ((Log10(cfu/ml))	٥/٠	٨/٤	٨/٦	٧/٥	١/٠٧	٠/٢١	٠/١٨	٠/١٠

a–c: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<٠/٠٥) / SEM: خطای استاندار میانگین‌ها.

جدول ٤. میانگین غلظت اسیدهای چرب فرّار حاصل از تخمیر جیره‌های حاوی سطوح مختلف بیوچارمحصول فرعی پسته در شرایط آزمایشگاهی

فراسنجه‌ها (میلی‌مول/ لیتر)	جیره‌های آزمایشی				SEM	P-value	مقایسات متعامد	
	شاهد	بیوچار محصول فرعی پسته						
	–	٠/٥	١/٠	١/٥			خطی	درجه دو
کل اسیدهای چرب فرّار	٥٢/٠	٥٤/٠	٥٥/٠	٥٣/٥	٤/٧٢	٠/٩٧	٠/٨٠	٠/٧٢
اسید استیک	٢٥/٠	٢٥/٠	٢٨/٠	٢٦/٥	١/٤٤	٠/٤٧	٠/٣٠	٠/٦٢
اسید پروپیونیک	١٢/٥	١٢/٥	١٢/٠	١٣/٠	١/٤٦	٠/٩٦	٠/٨٨	٠/٧٤
اسید بوتیریک	١٠/٠	١١/٠	١١/٠	١٠/٥	١/٥٢	٠/٩٥	٠/٨٣	٠/٦٤
اسید استیک/ اسیدپروپیونیک	٢/٠	٢/٠	٢/٤	٢/١	٠/١٧	٠/٤٣	٠/٥١	٠/٤٠

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

افزودن یک درصد بیوچارمحصول فرعی پسته به جیره میش‌ها تأثیری بر مصرف ماده خشک، تغییرات وزن بدن، درصد ترکیبات شیر شامل؛ چربی، پروتئین، لاکتوز، مواد جامد فاقد چربی و کل مواد جامد میش‌ها نسبت به گروه شاهد نداشت. علی‌رغم عدم تفاوت در مقدار مصرف خوراک بین گروه‌های آزمایشی، میانگین شیر تولیدی و بازده تولید شیر با افزودن بیوچار محصول فرعی پسته به‌ترتیب ۱۲ و ۱۳ درصد نسبت به گروه شاهد افزایش یافت (P<۰/۰۵؛ جدول۵).

بهبود تولید شیر و بازده تولید آن تحت تأثیر عواملی مثل افزایش رشد و فعالیت‌های میکروبی از طریق بهبود در pH محیط شکمبه، افزایش مصرف خوراک و قابلیت هضم آن است [۱۶]. در این مطالعه، افزودن بیوچار اثری بر مصرف خوراک نداشت، از این‌رو افزایش pH محیط شکمبه (اثر بیوچار بر افزایش pH در آزمایش اول) و افزایش قابلیت هضم ماده خشک می‌تواند عامل مؤثر بر بهبود تولید شیر میش‌های با جیره حاوی بیوچار باشد. علاوه بر این تولید شیر و غلظت گلوکز خون در میش‌های دریافت‌کننده جیره حاوی بیوچار نسبت به گروه شاهد بیشتر بود که می‌تواند به نقش اساسی گلوکز در ساخت لاکتوز مربوط باشد. به‌طوری‌که لاکتوز تولید شده با ایجاد فشار اسمزی سبب جذب آب بیشتر در سلول‌های پستان شده و از این طریق مقدار شیر تولیدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۸].

تأثیر افزودن یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته به جیره میش‌های شیرده بر فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی در جدول ٦ نشان داده شده است. غلظت تری‌گلیسرید، کل پروتئین، کلسترول، آسپارتات آمینو ترانسفراز و آلانین آمینو ترانسفراز سرم میش‌ها تحت تأثیر افزودن بیوچار به جیره قرار نگرفت، درحالی‌که میش‌های با جیره حاوی بیوچار غلظت گلوکز خون بیشتر و غلظت نیتروژن اوره‌ای خون کمتری نسبت به میش‌های گروه شاهد داشتند (P<۰/۰۵؛ جدول ٦).

جدول ۵. میانگین خوراک مصرفی و تغییرات وزن بدن، تولید و ترکیبات شیر میش‌های شیرده با افزودن یک درصد بیوچارمحصول فرعی پسته به جیره

فراسنجه‌های عملکردی	جیره‌های آزمایشی		SEM	P-value
	شاهد	یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته		
میانگین ماده خشک مصرفی (گرم در روز)	٦٩٤/١	٦٨٤/٣	٨/٢٩	٠/٨٦
تغییرات وزن بدن (گرم در روز)	٥٠/٦	٤٧/٦	٨/٦٨	٠/٨١
تولید شیر (گرم در روز)	٢٦٩/٤	٣٠١/٩	١٠/٥٥	٠/٠٤
بازده تولید شیر[1]	٠/٣٨	٠/٤٤	٠/٠١٧	٠/٠٣
چربی شیر (درصد)	٣/٧٠	٣/٣١	٠/٢٠٢	٠/١٩
پروتئین شیر (درصد)	٣/٨٦	٤/٢٩	٠/١٦٧	٠/٠٩
لاکتوز شیر (درصد)	٤/٣٠	٤/٣٤	٠/٠٩٣	٠/٧٤
مواد جامد بدون چربی شیر (درصد)	٩/٠١	٩/٥٢	٠/٢٣٨	٠/١٥
کل مواد جامد شیر (درصد)	١٣/٣٣	١٣/٢٣	٠/١٣٣	٠/٥٨

۱. کیلوگرم شیر تولیدی/کیلوگرم ماده خشک مصرفی

a–b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵) / SEM: خطای استاندار میانگین‌ها.

منشأ گلوکز خون در نشخوارکنندگان پروپیونات تولیدشده درشکمبه، هضم آنزیمی نشاسته عبوری در روده کوچک، گلیسرول و اسیدهای آمینه گلوکوژنیک است [۱۷]. در این تحقیق افزودن بیوچار به جیره‌های پایه تأثیری بر غلظت پروپیونات (نتایج آزمایش اول) نداشت. هم‌چنین با توجه به عدم تغییر وزن میش‌های با جیره حاوی بیوچار، نقش لیپولیز بافت‌ها در افزایش گلوکز خون از طریق گلیسرول منتفی می‌شود. علاوه بر این، نظر به کاهش غلظت نیتروژن اوره‌ای خون میش‌های با جیره حاوی بیوچار، افزایش گلوکز خون ناشی از تجزیه اسیدهای آمینه گلوکونئوژنیک نیست. از این‌رو افزایش نشاسته عبوری به روده کوچک می‌تواند عامل مؤثر بر افزایش گلوکز خون میش‌های با جیره حاوی بیوچار باشد. مطالعات نشان داده است ویژگی‌های خاص ساختاری بیوچارها در داشتن سطوح متخلخل، سبب انتقال مستقیم ترکیبات آلی خوراک از جمله نشاسته جای‌گیری‌شده در خلل‌وفرج بیوچار از شکمبه به روده می‌شود [٤] و از این طریق افزایش ورود نشاسته به روده کوچک و هضم آن، افزایش جذب گلوکز به داخل سیاهرگ باب کبد را در پی دارد.

کاهش غلظت نیتروژن اوره‌ای خون در گروه دریافت‌کننده جیره حاوی بیوچار نسبت به گروه شاهد می‌تواند در پاسخ به کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی داخل شکمبه باشد. نشان داده شده است که متعاقب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی داخل شکمبه، غلظت نیتروژن اوره‌ای خون کاهش می‌یابد [۲]. کاهش غلظت نیتروژن اوره‌ای خون با کاهش غلظت آمونیاک در محیط کشت آزمایش اول با جیره‌های حاوی بیوچار تطابق دارد. از این‌رو احتمالاً با افزودن بیوچار محصول فرعی پسته به جیره میش‌های شیرده، جذب آمونیاک در سطح بیوچار افزایش یافته است و در نتیجه غلظت آمونیاک شکمبه و نیتروژن اوره‌ای خون نیز کاهش یافته است.

افزودن بیوچار به جیره میش‌های شیرده سبب افزایش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک جیره شد (P<۰/۰۵)، اما تأثیری بر قابلیت هضم ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نداشت (جدول ۷). در توافق با نتایج این تحقیق، قابلیت هضم ماده خشک در بزهای مصرف‌کننده علوفه بوهینیا با افزودن بیوچار سبوس برنج افزایش یافت [۲۰].

جدول ٦. مقایسه میانگین غلظت فراسنجه‌های خون و آنزیم‌های کبدی میش‌های شیرده با افزودن یک درصد بیوچارمحصول فرعی پسته به جیره

فراسنجه‌های خون	جیره‌های آزمایشی		SEM	P-value
	شاهد	یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته		
گلوکز (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	۳٦/۹٦	٤۰/۸۸	۱/۰۸٦	۰/۰۲
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	۲۵/٤۱	۲٦/۱٦	۰/۷۳٤	۰/٤۸
نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	۱۵/۹٦	۱۲/٤۹	۰/۸۳٦	۰/۰۱
پروتئین کل (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	٦/۱۵	٦/۳۳	۰/۰۹۵	۰/۱۹
کلسترول (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	٦۹/۹۳	۷٤/۳۷	٤/۵۲۵	۰/٤۹
آسپارتات آمینوترانسفراز (AST)($IU\ l^{-1}$)	۱۲۲/۷۵	۱۱۳/٤۳	۱۰/۵۳٦	۰/۵٤
آلانین آمینو ترانسفراز (ALT)($IU\ l^{-1}$)	۳۵/٦۵	۳٤/۹۳	۱/٦۰۵	۰/۷۵

a–b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندار میانگین‌ها.

جدول ۷. میانگین قابلیت هضم مواد مغذی در میش‌های شیرده با افزودن یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته به جیره

قابلیت هضم (درصد)	جیره‌های آزمایشی		SEM	P-value
	شاهد	یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته		
ماده خشک	۵۸/۷۹	۶۸/۹۳	۳/۰۳۸	۰/۰۳
ماده آلی	٤۷/۹٤	۵۲/۵۷	۲/۱۵۲	۰/۱۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۵٦/٦٤	٦۳/۷۵	۵/۰۱٦	۰/۳۳
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۳۹/۹٦	٤۷/۳۱	۷/٤۸۷	۰/٤۹

a–b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندار میانگین‌ها.

هم‌چنین با افزودن یک درصد بیوچار سبوس برنج، قابلیت هضم ماده خشک در بزهای دریافت‌کننده ساقه کاساوا عمل‌آوری‌شده با اوره افزایش نشان داد [۱۲]. در تحقیقی با افزودن بیوچارهای چوب درخت بلوط، چوب درخت لاله زینتی و چوب کاج سفید (۸۱ گرم در کیلوگرم ماده خشک) به جیره پایه (علوفه گراس اُرچارد) به همراه دو اندازه ریز (کمتر از ۱۷۸ میکرون) و درشت (بیشتر از ۱۷۸ میکرون) ذرات بیوچارها، قابلیت هضم آزمایشگاهی با ذرات ریز بیوچار افزایش یافت [۱۵]. آن‌ها بیان کردند نوع و اندازه ذرات بیوچار با تأثیر بر مساحت سطح ویژه و درجه تخلخل فراهم‌شده در شکمبه اثر متقابل میکروارگانیسم‌ها و ذرات علوفه را تغییر می‌دهند، به‌طوری‌که ذرات ریزتر بیوچار سطح ویژه بالاتری نسبت به ذرات درشت‌تر فراهم می‌کنند.

تحقیقات نشان داده است در محیط‌های هضم بی‌هوازی، در حضور بیوچار میکروارگانیسم‌ها یا در عمق خلل‌وفرج بیوچار یا در سطح آن مستقر می‌شوند و انواع میکروارگانیسم‌ها از این نظر با هم متفاوت می‌باشند. به‌طوری‌که اندازه منافذ برای استقرار میکروبی باید دو تا پنج برابر بیشتر از اندازه میکروارگانیسم‌هایی باشد که در منافذ مستقر می‌شوند، زیرا ابقای و توسعه بیوفیلم میکروبی در منافذ بزرگ نسبت به تثبیت شدن میکروب‌ها در منافذ کوچک آسان‌تر است [۱۹]. هم‌چنین ساختار بیوچار از نظر مساحت سطح ویژه و تراکم منافذ، بر استقرار و رشد گونه‌های خاصی از میکروارگانیسم‌ها مؤثر است و از این طریق فرآیندهای هضم و تخمیر در شکمبه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بهبود زیستگاه میکروبی با حضور بیوچار در شکمبه، سبب رشد و توسعه بیوفیلم‌های حاوی جمعیت‌های مختلف میکروبی و ارتباط نزدیک‌تر باکتری‌ها در جهت تسهیل تبادل تولیدات نهایی آن‌ها می‌شود، که خود بهبود بازده انرژی و رشد میکروبی و در نهایت افزایش هضم و تخمیر خوراک را به‌دنبال دارد [۱٤].

با توجه به نتایج این تحقیق، افزودن بیوچار محصول فرعی پسته به جیره می‌تواند انتشار متان و تولید آمونیاک در شرایط آزمایشگاهی را کاهش دهد و علاوه بر این سطح یک درصد آن سبب بهبود تولید شیر و قابلیت هضم ماده خشک در میش‌های شیرده می‌شود. بنابراین استفاده از آن در سطح یک درصد در جیره میش‌های شیرده به‌عنوان یک افزودنی خوراکی قابل توصیه است.

منابع

۱. میرحیدری ا، تربتی‌نژاد ن، حسنی س و شاکری پ (۱۳۹٦) تأثیر استفاده از بیوچار حاصل از محصول فرعی پسته بر عملکرد، پروتئین میکروبی و برخی از فراسنجه‌های شکمبه و خون بره‌های پرواری. نشریه علوم دامی (پژوهش و سازندگی). ۱۱۷: ۱٦۲–۱۵۱.

2. Ahmed MMM and Abdalla HA (2005) Use of different nitrogen sources in the fattening of yearling sheep. Small Ruminant Research. 56(1-3): 39-45.
3. AOAC (2000) Association of official analytical chemists. Official Methods of Analysis. 17th ed., Arlington. VA.
4. Belcher RW, Bontchev RP, Kim HS, Butler BB and MacKay J (2017) Biochars for use with animals [Online]. Available at: https://patents.google.com/patent/US20170196812. 2017-01-30. 2017-07-13 [accessed 26 Aug 2018; verified 29 May 2018].
5. Cabeza I, Waterhouse T, Sohi S and Rooke JA (2018) Effect of biochar produced from different biomass sources and at different process temperatures on methane production and ammonia concentrations *in vitro*. Animal Feed Science and Technology. 237(1-7): 1-7.
6. Calvelo Pereira R, Muetzel S, Camps Arbestain M, Bishop P, Hina K and Hedley M (2014) Assessment of the influence of biochar on rumen and silage fermentation: A laboratory-scale experiment. Animal Feed Science Technilogy. 196: 22-31.
7. Cheng CH, Lehmann J and Engelhard MH (2008) Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence. Geochimica et Cosmochimica Acta. 72(6): 1598–1610.
8. Dehority BA (1984) Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. Applied and Environmental Microbiology 48(1): 182-185.
9. Demeyer D, Meulemeester MDE, Greave KDE and Gupta BW (1988) Effect of fungal treatment on nutritive value of straw. The Faculty of Medicine 53: 1811-1819.
10. Fedorak PM and Hurdy DE (1983) A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. Environmental Technology 4(10): 425-432.
11. Gerlach A and Schmidt HP (2012) The use of biochar in cattle farming [Online]. Available at https://www.biochar-journal.org/en/ct/9 (modified 17 April. 2018; accessed 17 September 2018; verified 01 August 2014).
12. Hansen HH, Storm IMLD and Sell AM (2013) Effect of biochar on *in vitro* rumen methane production. Animal Science 62(4): 305- 309.
13. Huang QQ, Jin L, Xu Z, Barbieria LR, Acharyaa S, Hu TM, Stanford K, McAllister TA and Wang Y (2015) Effects of purple prairie clover (*Dalea purpurea Vent*) on feed intake, nutrient digestibility and faecal shedding of Escherichia coli O157: H7 in lambs. Animal Feed Science and Technology 207: 51-61.
14. Leng RA, Preston TR and Inthapanya S (2012) Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local yellow cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage [Online]. Available at http://www.lrrd.org/lrrd24/11/leng24199.htm/(accessed 6 November 2012; verified 5 June 2013). Livestock Research for Rural Development.
15. McFarlane ZD, Myer PR, Cope ER, Evans ND, Bone TC, Biss BE and Mulliniks JT (2017) Effect of biochar type and size on invitro rumen fermentation of orchard grass hay. Agriculture Science 8: 316-325.
16. Minson DJ (1990) Forage in Ruminant Nutrition. 1st ed. Queensland, Australia
17. Nafikov RA and Beitz DC (2007) Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals. Journal of Nutrition 137(3): 702-705.
18. Rigout S, Hurtaud C, Lemosquet S, Bach A and Rulquin H (2003) Lactational effect of propionic acid and duodenal glucose in cows. Dairy Science 86(1): 243–253.
19. Samonin VV and Elikova EE (2004) A study of the adsorption of bacterial cells on porous materials. Microbiology 73(6): 696-701.
20. Silivong P and Preston TR (2015) Growth performance of goats was improved when a basal diet of foliage of *Bauhinia acuminata* was supplemented with water spinach and biochar. Livestock Research for Rural Development Online. Available at http://www.lrrd.org/lrrd27/3/sili27058.html [accessed 3 March 2015; verified 15 September 2016].
21. Shakeri P, Durmic Z, Vadhanabhuti J and Vercoe, PE (2017) Products derived from olive leaves and fruits can alter in vitro ruminal fermentation and methane production. The Science of Food and Agriculture 97: 1367-1372.
22. Sonoki T, Furukawa T, Jindo K, Suto K, Aoyama M and Sanchez-Monedero MA (2013) Influence of biochar addition on methane metabolism during thermophilic phase of composting. Basic Microbiology 53(7): 617-621.
23. Stocks PK and McCleskey CS (1964) Morphology and physiology of methanomonas methanooxidans. primato bacteriology 88(4): 1071-1077.
24. Tabaru H, Kadota E, Yamada H, Sasaki N and Takeuchi A (1988) Determination of volatile fatty acids and lactic acid in bovine plasma and ruminal fluid by high performance liquid chromatography. Veterinary Science 50(5): 1124-1126.

Animal Production
(*College of Abouraihan – University of Tehran*)

Vol. 20 ■ No. 4 ■ Winter 2018

Effects of pistachio by-product biochar on *in vitro* ruminal fermentation and performance of lactating ewes

Aazam Mirheidari[1*], Noor Mohammad Torbatinejad[2], Saeed Hassani[2], Pirouz Shakeri[3]

1. Former Ph. D. Student, Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Professor, Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Associate Professor, Animal Science Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran

Received: October 9, 2018 Accepted: November 21, 2018

Abstract

Two experiments were conducted to assess the addition of pistachio by-product biochar (PBB) to lactating ewes' diet. In first experiment, the effects of the addition of different levels (0, 0.5, 1 and 1.5% diet on dry matter basis, DM) of PBB on rumen fermentation parameters after 24h of incubation were investigated in a completely randomized design with four treatments and three replications. Second experiment was designed to evaluate effect of feeding selected level of PBB on performance and nutrient digestibility of 8 lactating Kermanian ewes in a Latin square change-over design with two 21-day periods. Methane production and ammonia-N concentrations decreased linearly ($P<0.01$), and pH increased linearly ($P<0.01$) as the dietary level of PBB raised. With the addition of 1% PBB to the lactating ewes' diet, milk yield, blood glucose, digestibility of DM increased ($P<0.05$) and blood urea nitrogen (BUN) decreased ($P<0.05$) compared to control group. In general, adding 1% of PBB to lactating ewes' diet can improve milk yield and digestibility of DM.

Keywords: Biochar, Ewe, Fermentation, Methane, Pistachio by- product.

Corresponding author: az_mirhidar@yahoo.com