نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۲، بهار ۱۳۹۸
ص‌ص: ۳۶۷~۳۷۸

تأثیر استفاده از بیوچار معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و قابلیت هضم گوساله‌های هلشتاین

- **مهسا هدایتی سیچانی**
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم دامی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، اصفهان، ایران
- **امیر داور فروزنده** (نویسنده مسئول)
دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، اصفهان، ایران
- **پیروز شاکری**
دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت : اردیبهشت ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش : تیر ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۳۱۴۰۸۶۸
Email: ad_foroozandeh@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.121865.1699

چکیده

بیوچار یک ترکیب کربنی با ساختار متخلخل و نواحی سطحی زیاد است که محل مناسبی را برای تجمع و اتصال ارگانیسم‌ها در شکمبه فراهم می‌کند. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف یک بیوچار معدنی بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی جیره و فراسنجه‌های خونی گوساله‌های هلشتاین انجام شد. برای این منظور از ۲۷ رأس گوساله‌ی ماده هلشتاین از شیر گرفته شده با میانگین سن ۱۲/۰±۶۴/۷ روز و میانگین وزن اولیه ۹/۴۵±۶۷/۷ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۹ تکرار به مدت ۴۹ روز استفاده شد. تیمارهای آزمایشی حاوی ۳۲/۸۳ درصد علوفه و ۶۷/۱۷ درصد کنسانتره بودند و کنسانتره مورد استفاده در جیره ۱ (شاهد)، ۲ و ۳ به‌ترتیب حاوی صفر، ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار معدنی بود. مصرف خوراک روزانه و افزایش وزن در پایان هر هفته از آزمایش اندازه‌گیری شد. غلظت برخی از فراسنجه‌های خون در روز ۴۸ آزمایش تعیین شد و قابلیت هضم جیره‌ها با جمع‌آوری نمونه‌های خوراک و مدفوع گوساله‌ها در ٤ روز پایانی از هفته هفتم آزمایش تعیین گردید. وزن بدن گوساله‌ها در پایان آزمایش و افزایش وزن روزانه در طول دوره آزمایش تحت جیره‌ها قرار نگرفت، هر چند افزایش وزن روزانه گوساله‌ها با افزایش سطح بیوچار در جیره، به‌صورت خطی تمایل به افزایش (P=۰/۰٦) داشت. میانگین مصرف خوراک روزانه گوساله‌ها در کل دوره در گروه‌های آزمایشی یکسان بود (P=۰/۳۷)، در حالی که بازده تبدیل خوراک در گوساله‌های مصرف‌کننده جیره‌های حاوی بیوچار در مقایسه با جیره شاهد مطلوب‌تر (P=۰/۰۲) و با افزایش غلظت بیوچار در جیره‌ها بازده تبدیل خوراک به‌صورت خطی کاهش (P=۰/۰۲) یافت. قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) در جیره‌های حاوی بیوچار در مقایسه با جیره شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۱). افزودن بیوچار به جیره گوساله‌ها تأثیری بر غلظت نیتروژن اوره‌ای، پروتئین کل، تری گلیسرید و لیپوپروتئین‌های با چگالی کم در خون نداشت، اما غلظت کلسترول خون در گوساله‌های با کنسانتره حاوی ۰/۳۵ درصد بیوچار در مقایسه با گروه شاهد کمتر بود (P<۰/۰۵). به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بیوچار معدنی مذکور در جیره گوساله‌ها سبب بهبود بازده تبدیل خوراک، افزایش قابلیت هضم و کاهش کلسترول خون گوساله‌ها گردید.

واژه‌های کلیدی: بیوچار معدنی، عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی، گوساله‌های هلشتاین

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 122 pp: 367-378

Effects of mineral biochar on performance, digestibility and blood parameters in Holstein calves

By: Mahsa Hedayati Sichani[1], Amir Davar Foroozandeh*[2] and Pirouz Shakeri[3]
1&2- Department of Animal Science,Khorasgan (Isfahan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3- Animal Sciences Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran
Corresponding Author: Amir Davar Foroozandeh: ad_foroozandeh@yahoo.com

Received: May 2018 **Accepted: July 2018**

Biochar is a carbonaceous material compound with a porous structure and large surface area that create habitat for establishment and development of biofilm residing microbes in rumen. The objective of this study was to determine the effects of different levels of mineral biochar (MB) on performance, nutrient digestibility, and some blood parameters of Holstein calves. Twenty-seven Holstein female weaned calves (64.7 ± 12.0 days of age and 67.7 ± 9.45 kg initial BW) were randomly assigned to one of three experimental diets (n=9); contained 0%, 0.35% and 0.70% of mineral biochar (DM basis) in concentrate respectively. Experimental diets were formulated with 32.83% forage to 67.17% concentrate ratio and were fed three times daily as total mixed rations. Dry matter intake (DMI) and body weight gain were recorded at the end of each week. Blood samples were collected on day 48 and nutrient digestibility was measured at the end of the experimental period (days 46 to 49). Results showed that mean of total body weight gain, final body weight and daily gain were not affected by different levels of MB in diets; however, average daily gain tended to increase linearly (P=0.06) as the level of MB increased in the diet. There was no difference in average daily dry matter intake of calves consuming different experimental diets; while, feed conversion ratio (FCR) was lower (P=0.02) in calves fed diets containing MB compared to control group and FCR decreased linearly (P=0.02) as the level of MB increased in the diet. Apparent total tract digestibility of OM, CP and NDF increased (P < 0.01) with diets containing MB in comparison to control group. Also, blood urea nitrogen, total protein, triglycerides and VLDL were not different across experimental diets, but, calves fed 0.35% MB had lower (p<0.05) blood cholesterol than those fed other diet. It was concluded that using of MB had favorable effects on nutrient digestibility, FCR and blood cholesterol.

Key words: Mineral biochar, performance, digestibility, blood parameters, Holstein calves.

مقدمه

افزودنی‌های خوراکی مختلف برای ایجاد تغییر در اکوسیستم شکمبه نشخوارکنندگان و در نهایت افزایش تولید حیوانات مورد توجه قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به استفاده از یونوفرها (McGuffey و همکاران، ۲۰۰۱)، پروبیوتیک‌ها (Callaway و همکاران، ۲۰۰۴)، عصاره‌های گیاهی (Shakeri و همکاران، ۲۰۱۷) و غیرفعال کننده‌های مایکوتوکسین‌ها (Annonymous، ۲۰۱۲) اشاره کرد، در حالی که سمی بودن برخی از این افزودنی‌ها، باقی‌ماندن بخشی از افزودنی‌های شیمیایی در تولیدات دامی و نیز ایجاد مقاومت باکتریایی همواره باعث نگرانی متخصصان تغذیه بوده است (Patra و Saxena، ۲۰۰۹).

بیوچار یکی از ترکیبات کربنی می‌باشد که به‌عنوان جایگزینی مناسب برای برخی از افزودنی‌های خوراکی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها معرفی شده است (Chu و همکاران، ۲۰۱۳؛ Prasaiو همکاران، ۲۰۱۶). بیوچار یک ماده غنی از کربن است

که از سوختن موادی مانند چوب، کود، برگ‌ها و ضایعات آلی در حضور اکسیژن کم و یا عدم حضور اکسیژن تولید می‌شود. این ماده ساختار متخلخل و نواحی سطحی در حدود ۴۰-۲ مترمربع به ازای هر گرم دارد (Day و همکاران، ۲۰۰۵). بیوچار با ساختار متخلخل و نواحی سطحی زیاد برای اتصال میکروب‌ها و ایجاد سطح ساکن برای اجتماعات میکروبی دارای ماتریکس بیوفیلم مناسب است و در نتیجه بازده تخمیر میکروبی را در شرایط برون‌تنی (Leng و همکاران، ۲۰۱۲a) و در دام زنده (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b) بهبود داده است.

افزودن بیوچار به جیره علاوه بر بهبود تولید گوشت، سبب تقویت و حاصلخیزی خاک مزارع چراشده توسط دام‌های مصرف کننده این ماده شده است (McHenry، ۲۰۱۰). همچنین استفاده از یک درصد بیوچار حاصل از محصول فرعی پسته در جیره بره‌های نر پرواری سبب بهبود ($p<۰/۰۵$) افزایش وزن روزانه، بازده تبدیل خوراک و تولید پروتئین میکروبی در بره‌ها گردیده است (میرحیدری و همکاران، ۱۳۹۶).

در برخی از کشورها بیوچار با هدف بهبود در هضم، بازده تبدیل خوراک و عملکرد حیوانات به جیره دام‌ها افزوده می‌گردد (Gerlach و Schmidt، ۲۰۱۲). اهمیت بیوچار به‌دلایل زیادی از جمله تولید آن از مواد زائد و ارزان قیمت و جذب سموم خوراک (Yang و همکاران، ۲۰۱۰)، افزایش قابلیت هضم خوراک (Hansen و همکاران،۲۰۱۳)، افزایش ابقاء نیتروژن (Al-Kindi و همکاران، ۲۰۱۶)، اتصال با سموم موجود در خوراک (Prasai و همکاران، ۲۰۱۶) و کاهش انتشار متان (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b؛ Hansen و همکاران، ۲۰۱۳) می‌باشد.

اطلاعات محدودی در رابطه با تأثیر استفاده از بیوچار در جیره دام‌ها بر عملکرد دام و فراسنجه‌های فیزیولوژیکی و تخمیری شکمبه وجود دارد. از طرفی منابع متعددی برای تولید بیوچار و همچنین منابع معدنی بیوچار در کشور وجود دارند. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر استفاده از یک نوع بیوچار معدنی در جیره غذایی بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و برخی از فراسنجه‌های خونی گوساله‌های ماده تازه از شیرگرفته هلشتاین انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ با استفاده از ۲۷ راس گوساله ماده هلشتاین از شیر گرفته شده (با میانگین سن ۱۲/۰±۶۴/۷ روز و میانگین وزن بدن ۹/۴۵±۶۷/۷ کیلوگرم) در جایگاه‌های انفرادی گاوداری شرکت کشت و دام نامفر در حومه اصفهان و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۹ تکرار (گوساله) برای هر تیمار اجرا شد. جیره‌های آزمایشی شامل ۳۲/۸۳ درصد علوفه و ۶۷/۱۷ درصد کنسانتره بودند و کنسانتره مورد استفاده در جیره (۱ یا شاهد)، (۲) و (۳) به‌ترتیب حاوی صفر، ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار معدنی بودند. در طول آزمایش جیره‌های آزمایشی به‌صورت کاملاً مخلوط و روزانه سه مرتبه در اختیار گوساله‌ها قرار داده شد. دوره عادت‌پذیری به جیره‌های آزمایشی ۱۴ روز و دوره آزمایشی ۴۹ روز به طول انجامید و در طول آزمایش آب به‌صورت آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار داده شد. در جدول ۱ اجزای جیره‌های آزمایشی و ترکیبات شیمیایی آن‌ها نشان داده شده است. همچنین در جدول ۲ ترکیبات شیمیایی بیوچار معدنی مورد استفاده در آزمایش که از معدن بیوچار واقع در شهرستان کوهبنان در استان کرمان تهیه گردید آورده شده است.

جدول ۱- نسبت علوفه و کنسانتره، اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

ترکیبات جیره (درصد)	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳
کنسانتره	۶۷/۱۷	۶۷/۱۷	۶۷/۱۷
یونجه	۲۳/۵۰	۲۳/۵۰	۲۳/۵۰
سیلاژ ذرت	۹/۳۳	۹/۳۳	۹/۳۳
اجزای کنسانتره (درصد)			
ذرت	۴۲/۰۰	۴۱/۶۵	۴۱/۳۰
جو	۱۸	۱۸	۱۸
کنجاله سویا	۳۳	۳۳	۳۳
پودر چربی	۱	۱	۱
مکمل معدنی و ویتامینی	۳	۳	۳
جوش شیرین	۲	۲	۲
کربنات کلسیم	۱	۱	۱
بیوچار	–	۰/۳۵	۰/۷۰
ترکیب مواد مغذی (بر حسب درصد ماده خشک)			
انرژی قابل سوخت‌وساز (مگاژول بر کیلوگرم)	۲/۶۱	۲/۶۰	۲/۶۰
پروتئین خام (درصد)	۱۷	۱۷	۱۷
کلسیم (درصد)	۰/۹	۰/۹	۰/۹
فسفر (درصد)	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵
نسبت کلسیم به فسفر (درصد)	۱/۶	۱/۶	۱/۶
فیبر خام (درصد)	۶	۶	۶
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۲۷/۵۸	۲۸/۶۰	۳۲/۲۴

مکمل معدنی و ویتامینی حاوی کلسیم، فسفر، سدیم، منیزیم، آهن، مس، منگنز، روی، کبالت، ید، سلنیوم به ترتیب ۹۶، ۷۱، ۳، ۰/۳، ۲، ۰/۳، ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱ و ۳ گرم حاوی ویتامین A (۵۰۰۰۰۰ واحد بین المللی) ویتامین D (۱۰۰۰۰۰ واحد بین المللی) و ویتامین E (۱۰۰ میلی‌گرم) بود.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی بیوچار معدنی مورد استفاده در آزمایش

ترکیبات	مقدار
ماده آلی (درصد)	**۱۹/٤**
کربن آلی (درصد)	۱۱/۲
نیتروژن کل (درصد)	۰/۳۴
آمینو اسید (درصد)	۲/۳۷
اسید فولویک (درصد)	۰/۶۲
اسید هیومیک (درصد)	۱/۶
آرژنین (ppm)	۱۳/۹۸
آسپارتیک اسید (ppm)	۹۴۹۰
گلوتامیک اسید (ppm)	۱۴۵۵
هیستیدین (ppm)	۱۲۶
لوسین (ppm)	۱۲۵۶۷
سرین (ppm)	۷۰/۹
فسفر کل (درصد)	۰/۰۶
پتاسیم قابل جذب (درصد)	۰/۵۲
فسفر قابل جذب (mg/kg)	۶/۷

وزن‌کشی گوساله‌ها به صورت انفرادی در ابتدای دوره‌ی عادت پذیری و شروع آزمایش انجام شد و سپس در پایان هر هفته از آزمایش، قبل از توزیع خوراک وعده‌ی صبح، پس از ۱۲ ساعت گرسنگی تکرار شد. مصرف خوراک به صورت هفتگی اندازه‌گیری شد و برای تعیین بازده تبدیل خوراک، نسبت خوراک مصرفی به افزایش وزن در پایان هر هفته محاسبه گردید.

در روز ۴۸ آزمایش، سه ساعت پس از مصرف خوراک وعده صبح از سیاهرگ گردنی ۶ رأس گوساله از هر تیمار با ونوجکت حاوی ماده ضد انعقاد خون‌گیری انجام شد و در پلاسمای خون غلظت فراسنجه‌های خونی شامل نیتروژن اوره‌ای، پروتئین کل، کلسترول و تری گلیسرید با استفاده از دستگاه آنالیز کننده خودکار (Auto analyzer Technicon RA 1000, Bayer, USA) و کیت‌های شرکت پارس آزمون تعیین شد.

بین روزهای ۴۶ تا ۴۹ آزمایش از خوراک و مدفوع گوساله‌ها نمونه‌برداری انجام شد و تا زمان آزمایش در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تعیین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در خوراک و مدفوع از خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر داخلی استفاده شد (Van Keulen و Young، ۱۹۷۷).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (ویرایش ۹/۱) و رویه MIXED انجام شد (SAS، ۲۰۰۳). برای تجزیه آماری اطلاعات مربوط به میانگین صفات اندازه‌گیری شده با تکرار در زمان، مانند مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه، بازده تبدیل خوراک از رویه MIXED و از روش اندازه‌گیری‌های تکرار شده با اثر تصادفی گوساله (مدل۱) استفاده شد. برای تجزیه آماری سایر فراسنجه‌های مورد بررسی با در نظر گرفتن اثر تصادفی گوساله در مدل، از اثر جیره‌های آزمایشی به‌عنوان متغیر اصلی و از وزن گوساله در شروع آزمایش به‌عنوان متغیر کمکی (کوواریت) استفاده گردید (مدل ۲). مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح آماری خطای ۵ درصد انجام شد.

$$Yijk=\mu+\tau i+ \delta ij+tk+ (\tau\times t)ik+b(x-\bar{x}) + \varepsilon ijk$$

(مدل۱)

$$Yij=\mu+\tau i+ \delta ij+b(x-\bar{x}) + \varepsilon ij \quad \text{(مدل۲)}$$

که در این مدل‌ها:

$Yijk$ و Yij= هر مشاهده، μ = میانگین کل، τi = اثر i اُمین تیمار، δij = اشتباه تصادفی با میانگین صفر و واریانس $\delta 2_{\delta}$ (واریانس حیوانات مورد آزمایش)، tk = اثر k اُمین دوره، $(\tau\times t)\ ik$= اثر متقابل i اُمین تیمار و k اُمین دوره، $b(x-\bar{x})$= اثر متغیر کمکی (کوواریت) و εijk و εij = اثر خطا می‌باشند.

نتایج و بحث

خوراک مصرفی و عملکرد گوساله‌ها

نتایج حاصل از تأثیر جیره‌های آزمایشی حاوی بیوچار بر خوراک مصرفی و عملکرد گوساله‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. افزایش وزن گوساله‌ها در طی ۷ هفته آزمایش، با مصرف کنسانتره حاوی سطوح صفر، ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار به‌ترتیب ۴۱/۸۳۲، ۴۲/۶۳۸ و ۴۶/۱۰۸کیلوگرم بود که اختلاف معنی‌داری نداشتند. در پایان آزمایش میانگین وزن بدن گوساله‌ها در گروه‌های

آزمایشی به‌ترتیب ۱۱۳/۷۹۰، ۱۱۵/۶۴۰ و ۱۱۹/۰۹۰ کیلوگرم بود و نشان داد که با افزایش سطح بیوچار در جیره‌ها، وزن بدن گوساله‌ها به‌صورت خطی تمایل معنی‌داری (P=۰/۰۶) به افزایش داشت، در حالی که بین میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P=۰/۱۶). به‌همین ترتیب میانگین افزایش وزن روزانه گوساله‌ها در طول دوره آزمایش نیز تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (P=۰/۱۶)، هرچند افزایش وزن روزانه گوساله‌ها با افزایش سطح بیوچار در جیره، به‌صورت خطی تمایل معنی‌داری (P=۰/۰۶) به افزایش نشان داد. بر خلاف این نتایج گزارش شده است که استفاده از ۰/۶۲ درصد بیوچار سبوس برنج در جیره سبب افزایش وزن روزانه گاوهای نر (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b)، یا استفاده از بیوچار محصول فرعی پسته سبب افزایش وزن بیشتری در بره‌های نر پرواری (میرحیدری و همکاران، ۱۳۹۶) و یا با افزودن بیوچار چوب بامبو به جیره بزها، افزایش وزن روزانه بالاتری (Van و همکاران، ۲۰۰۶) در مقایسه با گروه‌های شاهد مشاهده شده است. علت تفاوت در نتایج این تحقیق با سایر تحقیقات مشابه می‌تواند به دلیل ویژگی‌های خاص ساختاری در بیوچارها مانند میزان تخلخل، وسعت نواحی سطحی، خاصیت احیاکنندگی و ضریب هدایت سطح بیوچار باشد که به نوع زیست توده اولیه و روش تولید بیوچار وابسته است (McFarlane و همکاران، ۲۰۱۷). از این‌رو با توجه به نوع بیوچار مورد استفاده در این آزمایش که از نوع معدنی می‌باشد، تفاوت در ویژگی‌های ساختاری آن و همچنین تفاوت در ترکیبات جیره می‌توانند از عوامل مهم در حصول این نتایج باشد.

جدول ۳- تأثیر جیره‌های آزمایشی حاوی بیوچار بر عملکرد گوساله‌های هلشتاین از شیرگیری به‌مدت ۷ هفته

فراسنجه‌های عملکردی	جیره‌های آزمایشی*			SEM	سطح معنی‌داری		
	۱	۲	۳		تیمار	خطی	درجه دوم
وزن بدن در شروع آزمایش(کیلوگرم)	۷۲/۰۷۸	۷۳/۱۳۳	۷۲/۷۳۳	۳/۴۳۸۳	۰/۹۸	–	–
وزن بدن در پایان هفته ۷ آزمایش (کیلوگرم)	۱۱۳/۷۹۰	۱۱۵/۶۴۰	۱۱۹/۰۹۰	۵/۰۳۰۸	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۷۳
افزایش وزن در کل دوره (کیلوگرم)	۴۱/۸۳۲	۴۲/۶۳۸	۴۶/۱۰۸	۱/۶۱۷۶	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۵۱
افزایش وزن روزانه (گرم)	۸۵۳/۶	۸۷۰/۰	۹۴۰/۹	۳۲/۹۹	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۵۱
خوراک مصرفی روزانه (کیلوگرم)	۴/۰۱۲	۳/۶۵۸	۳/۹۶۱	۰/۱۸۸۳	۰/۳۷	۰/۸۵	۰/۱۷
بازده تبدیل خوراک (خوراک:افزایش وزن)	۴/۷۱۰[a]	۴/۲۱۱[b]	۴/۲۳۶[b]	۰/۱۳۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۲

*جیره‌های آزمایشی ۱= جیره با کنسانتره حاوی صفر درصد بیوچار، ۲= جیره با کنسانتره حاوی ۰/۳۵ درصد بیوچار و ۳= جیره با کنسانتره حاوی ۰/۷۵ درصد بیوچار.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

اختلافات معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی در مصرف ماده‌ی خشک در هفته‌های مختلف آزمایش مشاهده شد، اما میانگین مصرف خوراک روزانه گوساله‌ها در گروه‌های آزمایشی مختلف در کل دوره یکسان بود (P=۰/۳۷). عدم تأثیر افزودن بیوچار به جیره بر مصرف خوراک گوساله‌ها، احتمالاً مربوط به سطح پایین بیوچار معدنی مورد استفاده در جیره باشد، که تأثیر نامطلوبی بر خوشخوراکی جیره نداشت. به‌طور مشابه خوراک مصرفی گاوهایی که با جیره حاوی ۰/۶۲ درصد بیوچار سبوس برنج تغذیه شدند نیز تحت تأثیر قرار نگرفت (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b) و یا افزودن بیوچار محصول فرعی پوست پسته به میزان یک درصد در جیره تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک بره‌های پرواری نداشت (میرحیدری و همکاران، ۱۳۹۶).

از بین فراسنجه‌های عملکردی، تنها بازده تبدیل خوراک گوساله‌ها تحت تأثیر جیره‌های حاوی بیوچار قرار گرفت و گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی بیوچار بازده تبدیل خوراک بهتری (P=۰/۰۲) در مقایسه با گروه شاهد داشتند. علاوه بر این، افزایش غلظت بیوچار در جیره، بازده تبدیل خوراک را به‌صورت خطی (P=۰/۰۲) کاهش داد. در تأیید این نتایج، گزارش شده است که استفاده از ۰/۶۲ درصد بیوچار سبوس برنج در جیره گاوهای نر (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b)، و یا استفاده از یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته در جیره بره‌های پرواری (میرحیدری و همکاران، ۱۳۹۶) بازده تبدیل خوراک را بهبود داده است. همچنین در آزمایش دیگری با افزودن ۰/۳ و ۰/۵ درصد بیوچار چوب به جیره گاوهای قهوه‌ای ژاپنی بازده تبدیل خوراک بهبود یافت (Tobioka و Garillo، ۱۹۹۴). بهبود بازده تبدیل خوراک در این آزمایش را شاید بتوان به اشباع شدن خلل و فرج بیوچار با ترکیبات آلی خوراک نسبت داد، که سبب افزایش اتصال و رشد گونه‌های میکروبی و تولید بیشتر پروتئین میکروبی می‌شود (Annonymous, ۲۰۱۲). از سوی دیگر بیوچارها به‌واسطه دارا بودن خلل و فرج قادرند ترکیبات آلی خوراک مانند پروتئین و نشاسته را در خود جای داده و مستقیماً به روده کوچک انتقال دهند و به این صورت بازده جذب مواد مغذی را بهبود دهند (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b). در سایر آزمایش‌ها بهبود بازده تبدیل خوراک به عواملی مانند توانایی بالای بیوچار در تبادل یونی و کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه و در نتیجه کاهش دفع نیتروژن آمونیاکی (Joseph و همکاران، ۲۰۱۳)، افزایش جذب نیتروژن در شکمبه و کاهش مسمومیت دام با آمونیاک و همچنین استمرار آزاد شدن نیتروژن مورد نیاز ارگانیسم‌ها و در نتیجه افزایش جمعیت میکروبی شکمبه (Yoshizaw و Tanaka، ۲۰۱۳) نسبت داده شده است.

قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی

نتایج مربوط به تأثیر جیره‌های آزمایشی حاوی بیوچار بر قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) در گوساله‌های هلشتاین در جدول ۴ نشان داده‌شده است. افزودن بیوچار به جیره سبب افزایش معنی‌داری (P<۰/۰۱) در قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مقایسه با جیره شاهد گردید. بررسی روند تغییرات نیز نشان داد که با افزایش سطح بیوچار در کنسانتره مصرفی، قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی به‌صورت منحنی درجه دوم (P=۰/۰۰۰۱) افزایش یافت.

در آزمایش‌های مختلف با هدف بررسی تأثیر انواع بیوچار بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره نتایج متفاوتی گزارش شده است. موافق با نتایج این آزمایش، در شرایط آزمایشگاهی استفاده از ۰/۱۲ گرم از بیوچار سبوس برنج به ازای هر گرم از ماده خشک جیره، افزایش معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک مشاهده گردید (Leng و همکاران، ۲۰۱۳)، و یا افزودن مقادیر ۰/۵ و یک گرم زغال چوب خیزران به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به جیره بزها، قابلیت هضم پروتئین خام و ماده‌ی آلی به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد افزایش یافت (Van و همکاران، ۲۰۰۶). در مقابل گزارش شده است که افزودن یک درصد بیوچار سبوس برنج به جیره بزهای بومی تأثیری بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام نسبت به جیره شاهد نداشت (Silivong و Preston، ۲۰۱۵)، و یا در شرایط آزمایشگاهی با افزودن دو نوع بیوچار چوب و کاه (۹ درصد ماده خشک جیره) به جیره اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی مشاهده نشد (Hansen و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ٤- اثر جیره‌های حاوی بیوچار بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره گوساله‌های هلشتاین

مواد مغذی (درصد)	جیره‌های آزمایشی*			SEM	سطح معنی‌داری		
	۱	۲	۳		تیمار	خطی	درجه دوم
ماده آلی	۸۴/۷۷^{c}	۹۳/۶۲^{a}	۸۹/۴۵^{b}	۰/۹۴۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱
پروتئین خام	۷۰/۵۷^{b}	۸۰/۹۲^{a}	۶۹/۶۰^{b}	۱/۴۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۶۴	۰/۰۰۰۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۴۵/۲۵^{c}	۶۷/۰۲^{a}	۵۶/۴۰^{b}	۲/۴۸۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱

*جیره‌های آزمایشی ۱= جیره با کنسانتره حاوی صفر درصد بیوچار، ۲= جیره با کنسانتره حاوی ۰/۳۵ درصد بیوچار و ۳= جیره با کنسانتره حاوی ۰/۷۵ درصد بیوچار.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

در آزمایش اخیر افزایش قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با جیره‌های حاوی بیوچار را می‌توان به مساعد شدن محل سکونت میکروب‌ها در شکمبه نسبت داد، که سبب رشد و توسعه بیوفیلم‌های حاوی جمعیت‌های مختلف میکروبی و ارتباط نزدیک‌تر باکتری‌ها در جهت تسهیل تبادل تولیدات نهایی بین آن‌ها می‌شود، که بهبود بازده انرژی و رشد میکروبی و در نهایت افزایش هضم و تخمیر خوراک را در پی دارد (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b؛ Leng، ۲۰۱۴). گزارش شده است که در محیط‌های هضم بی‌هوازی تشکیل سورفاکتانت توسط میکروارگانیسم‌ها، چسبیدن آن‌ها به سطح بیوچار را تسهیل می‌کند (Ron و Rosenberg، ۲۰۰۱)، بنابراین از طریق افزایش سطح قابل کلونی‌شدن توسط بیوچار، توده‌های میکروبی افزایش می‌یابند که کاهش طول فاز تأخیری و افزایش قابلیت هضم و رشد سریع میکروارگانیسم‌ها را در پی دارد (Mumme و همکاران، ۲۰۱۴؛ Luo و همکاران، ۲۰۱۵). در خصوص اثرات متفاوت بیوچارها بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌ها نیز گزارش شده است که نوع و اندازه ذرات بیوچار باتأثیر بر مساحت سطح ویژه و درجه تخلخل فراهم‌شده در شکمبه، اثر متقابل میکروارگانیسم‌ها و ذرات علوفه را تغییر می‌دهد و ذرات ریزتر بیوچار سطح ویژه بالاتری نسبت به‌ذرات درشت‌تر فراهم می‌کنند (McFarlane و همکاران، ۲۰۱۷).

فراسنجه‌های خونی

نتایج حاصل از بررسی تأثیر جیره‌های آزمایشی حاوی بیوچار بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌های هلشتاین شامل نیتروژن اوره‌ای، پروتئین کل، تری گلیسیرید، کلسترول و لیپوپروتئین‌های با چگالی کم در جدول ۵ نشان داده شده است. افزودن بیوچار به جیره گوساله‌ها تأثیری بر غلظت نیتروژن اوره‌ای، پروتئین کل، تری‌گلیسیرید و لیپوپروتئین‌های با چگالی کم نداشت، اما غلظت کلسترول خون گوساله‌ها با افزایش سطح بیوچار در جیره به‌صورت منحنی درجه دوم (P=۰/۰۲) کاهش یافت و غلظت آن در گوساله‌های دریافت کننده جیره با کنسانتره حاوی ۰/۳۵ درصد بیوچار در مقایسه با جیره شاهد (۶۸/۵۷ در برابر ۸۸/۸۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) کمتر بود (P<۰/۰۵).

جدول ۵- تأثیر جیره‌های حاوی بیوچار بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌ها هلشتاین

فراسنجه	جیره‌های آزمایشی*			SEM	سطح معنی‌داری		
	۱	۲	۳		تیمار	خطی	درجه دوم
نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۷/۲۴	۱۷/۳۱	۱۸/۸۷	۱/۴۸۶	۰/۷۰	۰/۴۷	۰/۶۷
پروتئین کل (گرم در دسی‌لیتر)	۸/۴۷	۸/۶۸	۸/۳۳	۰/۱۵۶	۰/۲۹	۰/۵۵	۰/۱۵
تری گلیسرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۳۰/۲۳	۳۰/۱۹	۲۹/۷۵	۴/۴۲۰	۰/۹۹	۰/۹۴	۰/۹۷
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۸۸/۸۵^{a}	۶۸/۵۷^{b}	۷۶/۵۷^{ab}	۴/۵۷۸	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۲
لیپوپروتئین‌های با چگالی کم (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۵/۹۶	۶/۱۷	۶/۲۰	۰/۸۸۷	۰/۹۸	۰/۸۶	۰/۹۳

*جیره‌های آزمایشی ۱= جیره با کنسانتره حاوی صفر درصد بیوچار، ۲= جیره با کنسانتره حاوی ۰/۳۵ درصد بیوچار و ۳= جیره با کنسانتره حاوی ۰/۷۵ درصد بیوچار.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$).

برخلاف نتایج این آزمایش میرحیدری و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که غلظت نیتروژن اوره‌ای و پروتئین کل خون در بره‌های مصرف‌کننده جیره‌ی حاوی بیوچار محصول فرعی پسته نسبت به گروه شاهد بیشتر بود، و این افزایش را به بیشتر بودن غلظت آمونیاک در شکمبه نسبت دادند. از آن جاکه همبستگی مثبتی بین غلظت آمونیاک در شکمبه و خون وجود دارد (Shakeri و همکاران، ۲۰۱۴)، میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه با استفاده از جیره حاوی یک درصد بیوچار محصول فرعی پسته در بره‌ها (میرحیدری و همکاران، ۱۳۹۶)، و افزودن ۰/۶ درصد بیوچار سبوس برنج به جیره گاوهای زبو (Leng و همکاران، ۲۰۱۲b)افزایش یافت. همچنین کاهش کلسترول خون گوساله‌های مصرف کننده جیره‌های حاوی بیوچار در مقایسه با گروه شاهد متناقض با نتایج حاصل از افزودن بیوچار پوست گردو و بستر مرغ به جیره میش‌های شیرده بود که سبب افزایش کلسترول خون در مقایسه با گروه شاهد شدند (میرحیدری، ۱۳۹۶). گلوکز خون پیش‌ساز اصلی کلسترول در روده کوچک یا کبد است و بافت چربی منبع تولید کلسترول در بافت‌های احشایی و کبد می‌باشد (Iqbal و همکاران، ۲۰۱۲)، به همین دلیل افزایش کلسترول در میش‌های با جیره حاوی بیوچار پوست گردو و بستر مرغ به افزایش گلوگز خون نسبت داده شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از سطوح ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار معدنی در کنسانتره گوساله‌های از شیرگرفته هلشتاین تأثیر نامطلوبی بر خوش‌خوراکی جیره نداشت و علاوه براین سبب بهبود بازده تبدیل خوراک گوساله‌ها و افزایش قابلیت هضم مواد مغذی جیره گردید. بنابراین استفاده از آن در سطوح مذکور در جیره گوساله‌ها به‌عنوان یک افزودنی خوراکی قابل توصیه است.

منابع

میرحیدری، ا. (۱۳۹۶). تأثیر افزودن بیوچار در جیره غذایی بر تخمیر شکمبه و عملکرد گوسفندان شیرده و پرواری. پایان نامه دکتری در رشته علوم دامی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

میرحیدری، ا.، تربتی‌نژاد، ن.، حسنی، س و شاکری، پ. (۱۳۹۶). 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). شماره ۱۱۷، ص ص. ۱۶۲-۱۵۱.

Al-Kindi, A., Dickhoefer, U., Schlecht, E., Sundrum, A., and Schiborra, A. (2016). Effects of quebracho tannin extract (Schinopsis balansae Engl.) and activated charcoal on nitrogen balance, rumen microbial protein synthesis and fecal composition of growing Boer goats. *Journal of Animal Nutrition*. 70: 307-321.

Annonymous. (2012). Biochars, methods of using biochars, methods of making biochars, and reactors. http://patetscope. wipo.int/search/en/detail.jsf? docId= WO2011019871 and recNum= 293 and docAn= US2010045266 and queryString (Accessed: 03.15).

Callaway, T.R., Anderson, R.C., Edrington, T.S., Genovese, K.J., Bischoff, K.M., Poole, T.L., et al. (2004). What are we doing about Escherichia coli O157:H7 in cattle? *Journal of Animal Science*. 82: E93-E99.

Chu, G.M., Jung, C.K., Kim, H.Y., Ha, J.H., Kim, J.H., Jung, M.S., Lee, S.J., Song, Y., Ibrahim, R.I.H., Cho, J.H., Lee, S.S., and Song, Y.M. (2013). Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternative on growth performance, immune responses and fecal microflora population in fattening pigs. *Journal of Animal. Science*. 84: 113-120.

Day, D., Evans, R.J., Lee, J., and Reicosky, D. (2005). Economical CO_2, SO_4 and NO_2 capture from combined Renewable hydrogen production and large scale carbon sequestration. *Journal of Energy*. 30: 2558-2579.

Gerlach, A., and Schmidt, H.P. (2012). The use of biochar in cattle farming. *Journal of Ithaka*. 281- 285.

Hansen, H.H., Storm, I.M.L.D. and Sell, A.M. (2013). Effect of biochar on *in vitro* rumen methane production. *Journal of Animal Science*. 62 (4): 305- 309.

Iqbal, S., Zebeli, Q., Mazzolari, A., Dunn, S.M., and Ametaj, B.N. (2012). Barley grain-based diet treated with lactic acid and heat modulated plasma metabolites and acute phase response in dairy cows. *Journal of Animal Science*. 90: 3143- 3152.

Joseph, S.D., Graber, E.R., Chia, C., Munroe, P., Donne, S., Thomas, T., Nielsen, S., et al. (2013). Shifting paradigms: Development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. *Journal of Carbon Management*. 4: 323-343.

Leng, R.A. (2014). Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Journal of Animal Production Science*. 54: 519- 543.

Leng, R.A., Inthapanya, S., and Preston, T.R. (2012a). Biochar lowers net methane production from rumen fluid in vitro. *Journal of Livestock Research for Rural Development*. 24: 1-6.

Leng, R.A., Inthapanya, S., and Preston, T.R. (2013). All biochars are not equal in lowering methane production an *in vitro* rumen incubations. *Journal of Livestock Research for Rural Development*. 25: 100-106.

Leng, R.A., Preston, T.R., and Inthapanya, S. (2012b). Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local "Yellow" cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Journal of Livestock Research for Rural Development*. 24: 199- 211.

Luo, C., Lü, F., Shao, L., and He, P. (2015). Application of eco-compatible biochar in anaerobic digestion to relieve acid stress and promote the selective colonization of functional microbes. *Journal of Water Research*. 68: 710- 718.

McFarlane, Z.D., Myer, P.R., Cope, E.R., Evans, N.D., Bone, T.C., Biss, B.E., and Mulliniks, J.T. (2017). Effect of biochar type and size on *in vitro* rumen fermentation of orchard grass hay. J. Agric. Sci. 8:316-325.

McGuffey, R.K., Richardson, L.F. and Wikinson, J.I.D. (2001). Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *Journal of Dairy Science*. 84: E194- E203.

McHenry, M.P. (2010). Carbon-based stock feed additives: A research methodology that explores ecologically delivered C biosequestration, alongside live weights, feed use efficiency, soil nutrient retention, and perennial fodder plantations. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 90: 183-187.

Mumme, J., Srocke, F., Heeg, K., and Werner, M. (2014). Use of biochars in anaerobic digestion. *Journal of Bioresource Technology*. 164: 189-197.

Patra, A.K., and Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Journal of Microbiology*. 96: 363- 375.

Prasai, T.P., Walsh, K.B., Bhattarai, S.P., Midmore, D.J., Van, T.T.H., Moore, R.J., and Stanley, D. (2016). Biochar, Bentonite and Zeolite Supplemented Feeding of Layer Chickens Alters Intestinal Microbiota and Reduces Campylobacter Load. *Journal of PLOS ONE*. 11: 1- 13.

Ron, E.Z., and Rosenberg, E. (2001). Natural roles of biosurfactants. *Journal of Environmental Microbiology*. 3: 229-236.

SAS, (2003). SAS User's Guide Statistics. Version 9.1 Edition. SAS Inst., Cary, NC.

Shakeri, P., A. Riasi and M. Alikhani. (2014). Effects of long period feeding pistachio by-product silage on chewing activity, nutrient digestibility and ruminal fermentation parameters of Holstein male calves. Animal. 8 (11): 1826-1831.

Shakeri, P., Durmic, Z., Vadhanabhuti, J. and Vercoe, P. E. (2017). Products derived from olive leaves and fruits can alter *in vitro* ruminal fermentation and methane production. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 97: 1367- 1372.

Silivong, P. and Preston, T.R. (2015). Growth performance of goats was improved when a basal diet of foliage of Bauhinia acuminata was supplemented with water spinach and biochar. *Journal of Livestock Research for Rural Development*. 27:3. http://www.lrrd.org/lrrd27/3/sili27058.html. (Accessed: 07. 16).

Tobioka, H., and Garillo, E.P. (1994). Growth performance of Japanese Brown cattle fed concentrate-based diets fortified with activated charcoal West Japan. *Journal of Animal Science*. 37: 48- 53.

Van Keulen, J. and Young, B.A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44: 282-287.

Van, D.T.T. Nguyen, T.M. and Ledin, I. (2006). Effect of method of processing foliage of Acacia mangium and inclusion of bamboo charcoal in the diet on performance of growing goats. *Journal of Animal feed Science and Technology*. 130: 242- 256.

Yang, X.B., Ying, G.G., Peng, P.A., Wang, L., Zhao, J.L., Zhang, L.J., et al. (2010). Influence of biochars on plant uptake and dissipation of two pesticides in an agricultural soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58:7915-7921.

Yoshizaw, S. and Tanaka, S. (2011). Microorganisms proliferation by addition of biochar in food waste composting factory. Department of Interdisciplinary Scienc Enginneerng Meisei University, Tokyo, Japan, Oct 15-17.