Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

Effect of mineral Biochar feeding on growth performance, nutrient digestibility, blood and fermentation parameters of weaned Holstein calves

Sara Saeidi Garaghani[1], Moslem Bashtani[2]*, Pirouz Shakeri[3], Hossein Naeimipour Younesi[4]

[1]PhD student of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
[2]Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: mbashtani@birjand.ac.ir
[3]Associate Professor, Animal Nutrition and Physiology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[4]Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 08/24/2022
Revised: 10/10/2022
Accepted: 10/11/2022

Keywords:
Ammonia Nitrogen
Growth Performance
Mineral Biochar
Nutrient Digestibility
Weaned Calves

ABSTRACT

Background and Objectives: Biochar is one of the carbon compounds that have been introduced as a suitable substitute for some food additives, including antibiotics. The purpose of this study was to investigate the effect of using different levels of a type of mineral Biochar from Kohbanan Biochar mine in Kerman on growth performance, digestibility of nutrients, some blood parameters, and rumen fermentation of weaned Holstein calves.

Materials and Methods: In the present study, 40 Holstein weaned calves (male and female) with an average age of 128±7 days and an average weight of 99.4 ± 0.4 kg were used in a completely randomized design with 4 treatments and 10 replications. Experimental treatments include: 1) basal diet without mineral Biochar (control diet), 2) basal diet with 0.33% mineral Biochar, 3) basal diet with 0.66% mineral Biochar, 4) basal diet with 1% mineral Biochar (all based on the percentage of dry matter of the ration). A two-week adaptation period was considered. Weaned calves were weighed upon entering the design and weighing was repeated every two weeks until the end of the experiment. Calves were kept in individual stalls and fed experimental diets for three months. During the experiment, the feed consumed three times a day was provided to the calves at the limit of optional consumption. The amount of feed consumption was measured daily and average daily weight gain, average feed consumption, and feed conversion efficiency were calculated. At the end of the experiment, a blood sample was taken from the jugular vein of the calves and blood parameters including urea nitrogen, glucose, total protein and triglyceride, albumin, alanine aminotransferase, aspartate transaminase, very low-density lipoprotein, low-density lipoprotein, and high-density lipoprotein were determined. Also, at the end of the test, the digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, the insoluble neutral detergent fiber, pH, and ammonia nitrogen concentration of rumen liquid was measured.

Results: The results showed that the use of mineral Biochar in the feeding of weaned calves had no significant effect on dry matter consumption, daily weight gain, total weight gain, and average feed conversion efficiency. The highest apparent digestibility of dry matter, organic matter, protein, and insoluble neutral detergent fiber was related to calves fed with a diet containing 1% Biochar ($P< 0.05$). The concentration of glucose, urea, and high-density lipoproteins in the blood of calves fed with a ration

containing one percentage of Biochar was higher than that of the calves of the control group (P<0.05). The concentration of cholesterol, triglyceride, aspartate transaminase, alanine aminotransferase, albumin, total protein, very low-density lipoproteins, low-density lipoproteins, gamma globulin did not differ significantly between the experimental groups. Also, calves fed on a diet containing 1% Biochar had more ammonia nitrogen and lower rumen pH than the control group (P< 0.05).

Conclusion: In general, the results of this experiment showed that the use of 1% mineral Biochar in the ration of weaned calves can have positive effects on digestibility, some blood parameters, and rumen fermentation.

Cite this article: Saeidi Garaghani, S., Bashtani, M., Shakeri, P., Naeimipour Younesi, H. (2022). Effect of mineral Biochar feeding on growth performance, nutrient digestibility, blood and fermentation parameters of weaned Holstein calves. *Journal of Ruminant Research*, 10 (4), 121-136.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejrr.2022.20533.1861
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

تأثیر تغذیه بیوچار معدنی بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی و تخمیری گوساله‌های از شیرگرفته هلشتاین

سارا سعیدی گراغانی[۱]، مسلم باشتنی[۲*]، پیروز شاکری[۳]، حسین نعیمی پور یونسی[۴]

[۱]دانشجوی دکتری تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
[۲]استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، رایانامه؛ mbashtani@birjand.ac.ir
[۳]دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات تغذیه و فیزیولوژی دام، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
[۴]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۹

واژه‌های کلیدی:
بیوچار معدنی
عملکرد رشد
قابلیت هضم مواد مغذی
گوساله‌های از شیرگرفته
نیتروژن آمونیاکی

چکیده

سابقه و هدف: بیوچار یکی از ترکیبات کربنی می‌باشد که جایگزینی مناسب برای برخی از افزودنی‌های خوراکی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها معرفی‌شده است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر استفاده از سطوح مختلف یک نوع بیوچار معدنی از معدن بیوچار کوهبنان کرمان بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، برخی از فراسنجه‌های خونی و تخمیری شکمبه گوساله‌های از شیر گرفته هلشتاین بود.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر، از ۴۰ رأس گوساله از شیر گرفته (نر و ماده) هلشتاین با میانگین سنی ۷ ± ۱۲۸ روز و میانگین وزنی ۰/۴± ۹۹/۴ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۱۰ تکرار استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه فاقد بیوچار معدنی (جیره شاهد)، ۲) جیره پایه به همراه ۰/۳۳ درصد بیوچار معدنی، ۳) جیره پایه به همراه ۰/۶۶ درصد بیوچار معدنی، ۴) جیره پایه به همراه ۱ درصد بیوچار معدنی(همگی براساس درصدی از ماده خشک جیره) بود. دو هفته دوره عادت‌پذیری در نظر گرفته شد. گوساله‌های از شیرگرفته شده در هنگام ورود به طرح توزین شدند و وزن‌کشی هر دو هفته یک‌بار تا پایان آزمایش تکرار شد. گوساله‌ها در جایگاه‌های انفرادی نگهداری و به مدت سه ماه با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. در طول آزمایش خوراک مصرفی سه بار در روز در حد مصرف اختیاری در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. میزان مصرف خوراک به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد و میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین مصرف خوراک و بازده تبدیل خوراک محاسبه گردید. در پایان آزمایش از سیاهرگ گردنی گوساله‌ها نمونه خون تهیه و فراسنجه‌های خونی شامل نیتروژن اوره‌ای، گلوکز، پروتئین کل و تری‌گلیسرید، آلبومین، آلانین آمینوترانسفراز، آسپارتات ترانس آمیناز، لیپوپروتئین با چگالی خیلی پایین، لیپوپروتئین با چگالی پایین و لیپوپروتئین با چگالی بالا تعیین شد. همچنین در پایان آزمایش قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، فیبر نامحلول در شوینده خنثی، pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد استفاده از بیوچار معدنی در تغذیه گوساله‌های از شیرگرفته روی مصرف ماده خشک، افزایش وزن روزانه، افزایش وزن کل و میانگین بازده تبدیل خوراک تأثیر معنی‌داری نداشت. بالاترین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و فیبر نامحلول در شوینده خنثی مربوط به گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی یک درصد بیوچار بود ($P<0/05$). غلظت گلوکز، اوره و

لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا در خون گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی یک درصد بیوچار بالاتر از گوساله‌های گروه شاهد بود (P<۰/۰۵). غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، آسپارتات ترانس آمیناز، آلانین آمینوترانسفراز، آلبومین، پروتئین کل، لیپوپروتئین‌های با چگالی خیلی پایین، لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین، گاماگلوبولین بین گروه‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی یک درصد بیوچار نسبت به گروه شاهد نیتروژن آمونیاکی بیشتر و pH شکمبه کمتری داشت (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از یک درصد بیوچار معدنی در جیره گوساله‌های از شیر گرفته هلشتاین می‌تواند اثرات مثبتی بر قابلیت هضم و برخی از فراسنجه‌های خونی و تخمیری شکمبه داشته باشد.

استناد: سعیدی گراغانی، س.، باشتنی، م.، شاکری، پ.، نعیمی پور یونسی ، ح. (۱٤۰۱). تأثیر تغذیه بیوچار معدنی بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه¬های خونی و تخمیری گوساله‌های از شیرگرفته هلشتاین. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۰ (٤)، ۱۳٦-۱۲۱.

DOI: 10.22069/ejrr.2022.20533.1861

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

پرورش موفقیت‌آمیز گوساله بخش بسیار مهمی در ایجاد یک گله شیری سودآور است (Naserian و همکاران، ۲۰۱۳). هنگامی‌که گوساله از شیر گرفته می‌شود و خوراک جامد مصرف می‌کند، احتمال ابتلای آن به بیماری‌ها به‌ویژه اسهال کاهش می‌یابد و زمانی که گوساله تحت مدیریت کامل تغذیه با خوراک جامد قرار می‌گیرد، هزینه‌های کارگری و مواد خوراکی به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (Morrill، ۱۹۹۲). محققان نشان داده‌اند که استفاده از ترکیبات ضدمیکروبی به‌عنوان محرک رشد در ۷۲ درصد از موارد سبب عملکرد رشد مثبت حیوانات می‌شوند (Franklin و همکاران، ۲۰۰۶).

بیوچار یکی از ترکیبات کربنی می‌باشد که به‌عنوان جایگزینی مناسب برای برخی از افزودنی‌های خوراکی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها معرفی‌شده است (Chu و همکاران، ۲۰۱۳). بیوچار یک ماده متخلخل کربنی است که از تجزیه انواع زیست توده‌های مختلف در اثر حرارت بالا به‌دست می‌آید (Lehmann، ۲۰۰۷). تحقیقات نشان داده است که افزودن بیوچار به جیره حیوانات نشخوارکننده نواحی سطحی وسیع و قابل‌دسترسی برای چسبیدن میکروارگانیسم‌های شکمبه فراهم می‌کند که هم به دلیل تسهیل انتقال الکترون بین میکروارگانیسم‌های وابسته به یکدیگر و تبادل تولیدات تخمیری بین آن‌ها و هم به دلیل خروج سریع‌تر تولیدات متابولیکی از محیط (میکروب‌های مصرف‌کننده) زمینه را برای فعالیت و رشد میکروبی مهیا می‌کند (Leng و همکاران، ۲۰۱۳).

در برخی از کشورها بیوچار با هدف بهبود در هضم، بازده تبدیل خوراک و عملکرد حیوانات به جیره دام‌ها اضافه می‌گردد (Gerlach و همکاران، ۲۰۱٤). اهمیت بیوچار به دلایل زیادی ازجمله تولید آن از مواد زائد و ارزان‌قیمت و جذب سموم خوراک (Yang و همکاران، ۲۰۱۹)، افزایش قابلیت هضم خوراک (Cooney و Struhsaker، ۱۹۹۷.، Hansen و همکاران، ۲۰۱۲)، افزایش ابقاء نیتروژن (Al- Kindi و همکاران، ۲۰۱۷)، اتصال به سموم موجود در خوراک (Prasai و همکاران، ۲۰۱٦) و کاهش انتشار متان (Leng و همکاران، ۲۰۱۲.، Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۷)، بهبود در شاخص‌های سرمی خون مانند گلوکز (Mabe و همکاران، ۲۰۱۸) می‌باشد. محققان نشان دادند که استفاده از سطوح ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار معدنی در کنسانتره گوساله‌های ماده هلشتاین تأثیر نامطلوبی بر خوش‌خوراکی جیره نداشت و علاوه بر این سبب بهبود بازده تبدیل خوراک گوساله‌ها و افزایش قابلیت هضم مواد مغذی جیره گردید و استفاده از آن در سطوح مذکور در جیره گوساله‌های ماده به‌عنوان یک افزودنی خوراکی توصیه گردیده است (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰). استفاده از بیوچار محصول فرعی پسته نیز سبب افزایش وزن بیشتری در بره‌های نر پرواری شده و بازده تبدیل خوراک را بهبود داده است (Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۸).

بیوچار طبیعی معدنی در شهرستان کوهبنان استان کرمان ٦۵۰ میلیون سال قدمت دارد و فرآیند تشکیل آن تدریجی بوده است (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰). از آن‌جا که در کشور ما مطالعات چندانی در مورداستفاده از افزودن بیوچار معدنی طبیعی در جیره گوساله‌ها انجام‌نشده است، این آزمایش باهدف بررسی اثر تغذیه سطوح مختلف بیوچار معدنی بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی و تخمیری شکمبه گوساله‌های از شیر گرفته‌شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دی ماه سال ۱۳۹۸ به مدت ۳ ماه، در یک گاوداری صنعتی واقع در ۵ کیلومتری

شهرستان بردسیر استان کرمان انجام شد. بیوچار معدنی مورداستفاده در آزمایش از معدن بیوچار واقع در شهرستان کوهبنان در استان کرمان تهیه گردید (جدول۱) (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰). در این آزمایش از ٤۰ رأس گوساله از شیر گرفته (نر و ماده) هلشتاین با میانگین سنی ۷ ± ۱۲۸ روز و میانگین وزنی ۰/٤ ± ۹۹/٤ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تیمار و ۱۰ تکرار استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه فاقد بیوچار معدنی (جیره شاهد)، ۲) جیره پایه به همراه ۰/۳۳ درصد بیوچار معدنی، ۳) جیره پایه به همراه ۰/٦٦ درصد بیوچار معدنی و ٤) جیره پایه به همراه ۱ درصد بیوچار معدنی (همگی برحسب ماده خشک جیره) بود. دو هفته دوره عادت‌پذیری به جایگاه و جیره‌های غذایی در نظر گرفته شد. گوساله‌های از شیر گرفته‌شده در هنگام ورود به طرح توزین شدند و وزن‌کشی هر دو هفته یک‌بار تا پایان آزمایش توسط باسکول دیجیتال دام‌کش مدل نیکو ثبت شد. گوساله‌ها در جایگاه‌های انفرادی نگهداری و به مدت سه ماه با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. در طول آزمایش خوراک مصرفی به‌صورت کاملاً مخلوط سه‌بار در روز در حد مصرف اختیاری در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت.

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی بیوچار معدنی کوهبنان

Table 1. Chemical compositions of Kohbanan mineral Biochar

ترکیبات Compositions	مقدار Amount
مواد آلی (٪) Organic matter (%)	19.4
کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	11.2
نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	0.34
اسید آمینه (٪) Amino acid (%)	2.37
اسید فولیک (٪) Folic acid (%)	0.62
اسید هومیک (٪) Humic acid (%)	1.6
آرژنین (ppm) Arginine (ppm)	13.98
اسید آسپارتیک (ppm) Aspartic acid (ppm)	9490
اسید گلوتامیک (ppm) Glutamic acid (ppm)	1455
هیستیدین (ppm) Histidine (ppm)	126
لوسین (ppm) Leucine (ppm)	12567
سرین (ppm) Serine (ppm)	70.9
فسفر کل (٪) Total phosphorus (%)	0.06
پتاسیم قابل جذب (٪) Absorbable potassium (%)	0.52
فسفر قابل جذب (mg / kg) Absorbable phosphorus (mg / kg)	6.7

همچنین از روز اول آزمایش آب به‌طور آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. اجزای و ترکیب شیمیایی جیره پایه تغذیه‌شده به گوساله‌های از شیر گرفته هلشتاین در جدول (۲) آورده شده است. بیوچار به‌صورت سرک و کاملاً پودر به بخش متراکم جیره‌های آزمایشی اضافه شد.

میزان مصرف خوراک به‌صورت روزانه توسط باسکول فرغونی دیجیتال اندازه‌گیری شد. همچنین کلیه اطلاعات مانند میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین مصرف خوراک و بازده تبدیل خوراک محاسبه گردید. در روز ۹۰ آزمایش، ۳ ساعت بعد از مصرف وعده خوراک صبح، از محل سیاهرگ گردنی گوساله‌ها در لوله‌های بدون ماده ضد انعقاد خون‌گیری انجام و نمونه‌های خون بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و سپس پلاسمای نمونه‌های خون توسط دستگاه سانتریفیوژ مدل *LMC-3000* جدا شد و پلاسمای جداشده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی نگهداری شدند. فراسنجه‌های خونی شامل نیتروژن اوره‌ای خون، گلوکز، پروتئین کل و تری‌گلیسرید، آلبومین، آسپارتات ترانس آمیناز، آلانین آمینوترانسفراز، لیپوپروتئین‌های با چگالی خیلی پایین، لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین و لیپوپروتئین با چگالی بالا با دستگاه اندازه‌گیری اتوماتیک و کیت‌های شرکت پارس آزمون انجام شد.

بین روزهای ۸۷ تا ۹۰ آزمایش از خوراک و مدفوع گوساله‌ها نمونه‌برداری انجام شد و تا زمان انجام آزمایشات در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تعیین قابلیت هضم مواد مغذی در خوراک و مدفوع از روش خاکستر نامحلول در اسید به‌عنوان نشانگر داخلی استفاده شد. خوراک‌ها و مدفوع‌ها به روش تجزیه تقریبی آنالیز شده و درصد پروتئین خام (دستگاه کجلدال مدل فوس ۲۱۰۰) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (دستگاه آنکوم) اندازه‌گیری گردیدند (AOAC، ۱۹۹۰). در پایان قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد که در این رابطه (۱) *Dig*: قابلیت هضم ظاهری، M_1: غلظت نشانگر در خوراک (درصد)، M_2: غلظت نشانگر در مدفوع (درصد)، N_1: ماده مغذی در خوراک (درصد)، N_2: ماده مغذی در مدفوع (درصد) است (Van Keulen و Young، ۱۹۷۷).

رابطه (۱)

$$Dig\ (\%) = 100 - 100 \times (M_1/M_2 \times N_2/N_1)$$

همچنین در روز ۹۰ آزمایش چهار ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح از مایع شکمبه، برای اندازه‌گیری pH و نیتروژن آمونیاکی نمونه‌گیری شد. نمونه‌گیری با استفاده از لوله معدی متصل به دستگاه مکش صورت گرفت. پس از نمونه‌گیری بلافاصله pH به وسیله pH متر دیجیتال مدل (ATC) اندازه‌گیری شد. مایع شکمبه به‌دست‌آمده توسط پارچه متقال صاف گردید و به‌ازای هر حیوان یک نمونه ۱ میلی‌لیتری با ۰/۲ میلی‌لیتراسید کلریدریک ۲ مولار اسیدی شد و تا زمان انجام آزمایش نمونه‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه با استفاده از روش فنول- هیپوکلریت انجام شد (Broderick و Kang، ۱۹۸۰).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۳) (ویرایش ۹/۱) و رویه MIXED انجام شد (SAS، ۲۰۰۳). برای تجزیه آماری اطلاعات مربوط به میانگین صفاتی مانند مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه، بازده تبدیل خوراک از روش اندازه‌گیری‌های تکرار شده با اثر تصادفی گوساله استفاده شد (مدل ۱).

جدول ۲- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره

Table 2. Food ingredients and chemical composition of diet

ماده خشک (درصد) Dry Matter (%)	مواد تشکیل‌دهنده خوراک Feed ingredients
20.0	جوBarley
23.0	ذرتCorn
20.0	کنجاله سویا Soybean meal
4.5	سبوس گندم Wheat bran
0.9	مکمل ویتامینی *Vitamin supplement
0.9	مکمل معدنی *Mineral supplement
1.5	بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate
1.0	کربنات کلسیمCalcium carbonate
0.2	دی کلسیم فسفاتDicalcium phosphate
0.5	نمکSalt
4.0	کاهStraw
23.5	یونجهAlfalfa
	ترکیب شیمیایی Chemical composition
91.93	ماده خشک (درصد) Dry Matter (%)
2.66	انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable Energy (Mcal/kg DM)
1.81	انرژی خالص نگهداری (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) NE_m (Mcal/kg DM)
1.18	انرژی خالص رشد (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) NE_g (Mcal/kg DM)
17.66	پروتئین خام (درصد ماده خشک) Crude protein (% DM)
3.03	چربی خام (درصد ماده خشک) Crude fat (% DM)
16.60	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک) Insoluble fiber in acid detergent (% DM)
28.49	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک) Insoluble fiber in neutral detergent (% DM)
5.66	خاکستر (درصد ماده خشک) Ash (% DM)
0.75	کلسیم (درصد ماده خشک) Calcium (% DM)
0.51	فسفر (درصد ماده خشک) Phosphorus (% DM)

*دی کلسیم فسفات (۵۱/۷۳٪)، هیدروژل (۸/۰۱٪)، سولفات مس (۰/۱۲٪)، سولفات آهن (۰/۱۲٪)، سلنیوم (۰/۱٪)، اکسید منگنز (۰/٥٤٪)، کبالت (۰/۰۳٪)، یدات کلسیم (۰/۰۱٪)، سولفات روی (۱٪)، اکسید منیزیم (۹/۰۱٪)، نمک (۱۰/۰۱٪)، کربنات کلسیم (٤/٥٪)، ویتامین A (۰/۱٪)، ویتامین E (۰/۰۲٪)، ویتامین D3 (۰/۰٥٪)، آنتی اکسیدان (۰/۱۱٪)، سولفات منیزیم (۳/۳۸٪).

*Dicalcium Phosphate (51.73%), Hydrogel (8.01%), Copper Sulfate (0.12%), Iron Sulfate (0.12%), Selenium (0.1%), Manganese Oxide (0.54%), Cobalt (0.03%), Calcium Iodate (0.01%), Zinc Sulfate (1%), Magnesium Oxide (9.01%), Salt (10.01%), Calcium Carbonate (4.5%), Vitamin A (0.1%), Vitamin E (0.02%), Vitamin D_3 (0.05%), Antioxidant (0.11%), Magnesium Sulfate (3.38%).

برای تجزیه آماری سایر خصوصیات موردبررسی با در نظر گرفتن اثر تصادفی گوساله در مدل ۲، از اثر جیره‌های آزمایشی به‌عنوان متغیر اصلی استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح آماری خطای ۵ درصد انجام شد (Hill و همکاران، ۲۰۱۶.، Wickramasinghe و همکاران، ۲۰۱۹).

$$Y_{ijk}=\mu+\tau_i+\delta_{ij}+t_k+(\tau\times t)_{ik}+\varepsilon_{ijk} \quad \text{(مدل ۱)}$$

$$Y_{ij}=\mu+\tau_i+\delta_{ij}+\varepsilon_{ij} \quad \text{(مدل ۲)}$$

که در این مدل: Y_{ijk} و Y_{ij} = هر مشاهده، μ =میانگین کل، τ_i = اثر i اُمین تیمار، δ_{ij} = اشتباه تصادفی با میانگین صفر و واریانس ($\delta_{2\delta}$ واریانس حیوانات مورد آزمایش)، t_k = اثر k اُمین دوره، $(\tau\times t)_{ik}$ = اثر متقابل i اُمین تیمار و k اُمین دوره وε_{ijk} و ε_{ij} = اثر خطا می‌باشند.

نتایج و بحث

مصرف ماده خشک و عملکرد گوساله‌ها: نتایج مربوط به میانگین مصرف ماده خشک و عملکرد گوساله‌های از شیر گرفته تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی در جدول (۳) آورده شده است. استفاده از بیوچار معدنی در تغذیه گوساله‌های از شیر گرفته بر مصرف ماده خشک، افزایش وزن روزانه، افزایش وزن کل و میانگین بازده تبدیل خوراک تأثیر معنی‌داری نداشت. مطابق با نتایج این آزمایش، گزارش‌شده است که استفاده از ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد از بیوچار به مدت ۷ هفته در گوساله‌های هلشتاین از شیر گرفته‌شده بر روی وزن بدن، افزایش وزن کل دوره و روزانه و خوراک مصرفی روزانه تأثیری نداشته است (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰).

در مطالعه دیگر محققان گزارش کردند که استفاده از بیوچارهای پوست گردو، محصول فرعی پسته و بستر مرغ در جیره میش‌های شیرده بر میانگین مصرف خوراک، پروتئین خام، انرژی قابل متابولیسم مصرفی و میانگین تغییرات وزن بدن میش‌های شیرده طی چهار دوره آزمایشی ۲۱ روزه تأثیر معنی‌داری نداشت. آن‌ها گزارش کردند که احتمالاً به دلیل استفاده از سطوح پایین بیوچار پوست گردو، محصول فرعی پسته و بستر مرغ در جیره نتوانسته است تأثیر نامطلوب بر خوش‌خوراکی جیره بگذارد (MirHeydari و همکاران، ۲۰۱۹). به‌طور مشابه افزودن ۰/۳ درصد ماده خشک زغال چوب به جیره، تأثیری بر مصرف خوراک گوسفندان دریافت‌کننده جیره بر پایه کنسانتره یا علوفه نداشت (Garillo و همکاران ۱۹۹٤).

جدول۳- اثر سطوح مختلف بیوچار معدنی بر عملکرد رشد در گوساله‌های از شیرگرفته شده (درصد ماده خشک)

Table 3. The effect of different levels of mineral biochar on growth performance in weaned calves (%DM)

P-value	SEM	بیوچار معدنی (درصد) Mineral Biochar (%)				صفات عملکردی Traits performance
		1	0.66	0.33	0	
0.71	0.49	5.30	5.57	5.86	5.69	مصرف ماده خشک روزانه (کیلوگرم) Daily Dry Matter intake (kg)
0.10	0.06	1.34	1.31	1.33	1.19	افزایش وزن روزانه (کیلوگرم) Daily Weight gain (kg)
0.10	5.84	120.92	117.60	120.22	107.55	افزایش وزن کل (کیلوگرم) Total Weight gain (kg)
0.12	0.34	3.94	4.26	4.39	4.76	بازده تبدیل خوراک Feed Conversion Ratio

در تحقیقی دیگر با افزودن بیوچار چوب بامبو تا ۱/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به جیره بزها تأثیری بر مصرف خوراک مشاهده نگردید (Van و همکاران، ۲۰۰٦). در مقابل پودر زغال چوب حاوی سرکه چوب، به‌عنوان یک افزودنی خوراک، بازده استفاده از خوراک خوک‌ها را بهبود بخشید (Mekbungwan و همکاران، ۲۰۰٤). ازاین‌رو با توجه به نوع بیوچار مورداستفاده در این آزمایش که از نوع معدنی بوده و در ویژگی‌های ساختار فیزیکی آن مانند میزان تخلخل، وسعت نواحی سطحی، خاصیت احیاکنندگی و ضریب هدایت بیوچار و همچنین در ترکیب شیمیایی با نمونه‌های ساختنی متفاوت می‌باشد، و این امر می‌تواند از عوامل مهم در به‌دست‌آمده آوردن نتایج احتمالاً متفاوت باشد.

قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی : نتایج مربوط به تأثیر جیره‌های آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و فیبر نامحلول در شوینده خنثی در گوساله‌های از شیر گرفته هلشتاین در جدول (٤) نشان داده‌شده است. افزودن یک درصد بیوچار به جیره سبب افزایش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و فیبر نامحلول در شوینده خنثی در مقایسه با جیره شاهد گردید (P<۰/۰۵). همچنین تحقیقات مشابه نشان داده است استفاده از ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد از بیوچار معدنی در جیره گوساله‌های ماده هلشتاین از شیر گرفته‌شده سبب بهبود قابلیت هضم دیواره سلولی، قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام شده است (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰).

مشابه با نتایج این آزمایش، گزارش‌شده افزودن مقادیر ۰/۵ و یک گرم زغال چوب خیزران به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به جیره بزها، قابلیت هضم پروتئین خام و ماده آلی را نسبت به گروه شاهد افزایش داد (Van Zijderveld و همکاران، ۲۰۱۰).

در شکمبه و بیشتر محیط‌های بی‌هوازی، فرآیندهای تخمیر توسط گروهی از میکروارگانیسم‌های مختلف در ماده پلیمریک خارج سلولی با منشأ میکروبی که در روی یک سطح تثبیت‌شده‌اند و بیوفیلم نام دارد، انجام می‌شود (Blaxter، ۱۹٦۲). همچنین تشکیل بیوفیلم برای رسیدن به سرعت‌های بالای هضم تخمیری مهم است (Wang و همکاران، ۲۰۱۷).

بیوچار به‌عنوان ماده افزودنی خوراک با داشتن ویژگی‌های خاص ساختمانی، محیطی مطلوب برای تراکم مواد آلی و تجمع میکروارگانیسم‌های شکمبه را فراهم می‌کند و سبب افزایش سرعت تبدیل ترکیبات گیاهی به محصولات نهایی می‌شود (Das و همکاران، ۲۰۱۲). از این‌رو بر اساس تحقیقات انجام‌شده گزارش‌شده است که در بزها با تغذیه ۵۰ تا ۱۰۰ گرم بیوچار بامبو به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی حاوی برگ اقاقیا غنی از تانن، قابلیت هضم پروتئین خام و تبدیل نیتروژن به‌طور قابل‌توجهی بهبود یافت (Cooney و Struhsaker، ۱۹۹۷). این افزایش قابلیت هضم دیواره سلولی احتمالاً به دلیل خاصیت بیوچار و متخلخل بودن آن است که باعث می‌شود جمعیت باکتری‌ها، و به‌خصوص باکتری‌های سلولولایتیک در محیط شکمبه افزایش یابد و باعث تجزیه بافت‌های دیواره سلولی شده و لذا قابلیت هضم دیواره سلولی را افزایش دهند (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰). وجود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ساختار متخلخل بیوچار معدنی باعث مساعد شدن محل استقرار میکروب‌های شکمبه و ارتباط نزدیک‌تر باکتری‌ها در جهت تسهیل تبادل تولیدات نهایی بین آن‌ها می‌شود که این خصوصیت ساختاری بیوچار معدنی باعث افزایش در قابلیت هضم مواد مغذی در گوساله‌های تغذیه‌شده با یک درصد بیوچار شده است.

جدول ٤- اثر سطوح مختلف بیوچار معدنی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در گوساله‌های از شیرگرفته شده (درصد ماده خشک)

Table 4. The effect of different levels of mineral biochar on apparent digestibility of nutrients in weaned calves (%DM)

P-value	SEM	بیوچار معدنی (درصد) Mineral Biochar (%)				قابلیت هضم (درصد) Digestibility (%)
		1	0.66	0.33	0	
< 0.0001	2.81	78.21[a]	68.06[b]	62.69[b]	65.20[b]	ماده خشک Dry matter
< 0.0001	2.71	82.89[a]	70.82[b]	67.53[b]	67.47[b]	ماده آلی Organic matter
< 0.0001	2.45	73.83[a]	64.89[b]	61.20[b]	60.20[b]	پروتئین خام Crude protein
< 0.0001	1.10	79.12[a]	71.16[b]	68.33[b]	65.08[c]	فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber

[abc] - میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[abc]- Means within a row with different subscripts differ (P< 0.05).

فراسنجه‌های خونی : اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌های از شیر گرفته‌شده در جدول (۵) آورده شده است. در این آزمایش غلظت گلوکز، اوره و لیپوپروتئین با چگالی بالا خون در گروه‌های دریافت‌کننده یک درصد بیوچار معدنی از گروه شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، آلانین آمینوترانسفراز، آسپارتات ترانس آمیناز، لیپوپروتئین با چگالی خیلی پایین، لیپوپروتئین با چگالی پایین، آلبومین، پروتئین کل و گاماگلوبولین بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. بر اساس مطالعات انجام‌شده غلظت ترکیباتی مانند گلوکز، نیتروژن اوره‌ای، پروتئین کل، تری‌گلیسرید و کلسترول در خون برای بررسی وضعیت تغذیه‌ای و سلامت در نشخوارکنندگان مورداستفاده قرار می‌گیرد (Nozad و همکاران، ۲۰۱۲).

مشابه با نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش، در تحقیقی دیگر افزودن بیوچار بستر مرغ و بیوچار پوست گردو به جیره میش‌های شیرده تأثیری بر غلظت تری‌گلیسرید و آنزیم کبدی، آسپارتات ترانس آمیناز و آلانین آمینوترانسفراز خون نداشت ولی باعث افزایش غلظت گلوکز خون نسبت به گروه شاهد شد، که این افزایش گلوکز خون به علت افزایش نشاسته عبوری به روده کوچک نسبت داده شد (Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۸). ازآنجایی‌که هضم نشاسته در روده کوچک و جذب به‌صورت گلوکز بازده بیشتری نسبت به تخمیر نشاسته در شکمبه و تولید گلوکز از پروپیونات دارد، هضم نشاسته در روده کوچک افزایش جذب گلوکز به داخل سیاهرگ باب کبدی و درنتیجه افزایش گلوکز خون را در پی دارد (Reynolds، ۲۰۰٦).

مطالعات نشان داده است ویژگی‌های خاص ساختاری بیوچارها در داشتن سطوح متخلخل، سبب انتقال مستقیم ترکیبات آلی خوراک (نشاسته و پروتئین) جای‌گیری شده در خلل و فرج بیوچار از شکمبه به روده می‌شوند و با هضم آنزیمی این ترکیبات در روده کوچک بازده مصرف ترکیبات مغذی خوراک در بدن دام بهبود می‌یابد (Leng و همکاران، ۲۰۱۲). گزارش‌شده است غلظت نیتروژن اوره‌ای خون بره‌های دریافت‌کننده بیوچار پوست گردو و محصول فرعی پسته بیشتر از گروه شاهد بود، هرچند که نیتروژن اوره‌ای خون در بره‌های مصرف‌کننده بیوچار بستر مرغ در مقایسه با بره‌های مصرف‌کننده بیوچار محصول فرعی پسته و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و غلظت

تری‌گلیسرید و آنزیم‌های کبدی شامل آسپارتات ترانس آمیناز و آلانین آمینو ترانسفراز تحت تأثیر افزودن بیوچار به جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۸).

جدول ۵- اثر سطوح مختلف بیوچار معدنی بر برخی از فراسنجه‌های خونی در گوساله‌های از شیرگرفته شده (درصد ماده خشک)

Table 5. The effect of different levels of mineral biochar on some blood parameters in weaned calves (%DM)

P-value	SEM	بیوچار معدنی (درصد) Mineral Biochar (%)				فراسنجه های خونی Blood parameters
		1	0.66	0.33	0	
0.01	3.71	98.53[a]	95.50[a]	91.33[ab]	85.40[b]	گلوکز (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Glucose (mg/dl)
0.98	2.49	46.96	46.10	46.46	45.90	کلسترول (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)
0.57	0.85	11.94	11.40	11.73	10.80	تری‌گلیسرید(میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Triglyceride (mg/dl)
0.002	1.84	24.70[a]	24.30[a]	20.30[ab]	18.10[b]	اوره (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Urea (mg/dl)
0.95	3.85	61.17	62.90	62.37	63.20	آسپارتات ترانس آمیناز (واحد در لیتر) Aspartate transaminase (U/L)
0.98	1.19	28.23	28.60	28.53	28.70	آلانین آمینوترانسفراز (واحد در لیتر) Alanine aminotransferase (U/L)
0.23	0.09	3.03	2.96	2.89	2.84	آلبومین (گرم بر دسی‌لیتر) Albumin (g/dl)
0.96	0.19	5.76	5.85	5.80	5.83	پروتئین کل (گرم بر دسی‌لیتر) Total protein (g/dl)
0.03	1.67	28.22[a]	25.80[ab]	24.92[ab]	23.20[b]	لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) High-Density Lipoprotein (mg/dl)
0.56	0.17	2.39	2.28	2.35	2.16	لیپوپروتئین با چگالی خیلی پایین (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Very Low-Density Lipoprotein (mg/dl)
0.37	2.43	16.35	18.02	19.19	20.54	لیپوپروتئین با چگالی پایین (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Low-Density Lipoprotein (mg/dl)
0.42	0.16	2.73	2.89	2.91	2.99	گاماگلوبولین (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Gammaglobulin (mg/dl)

[ab] – میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[ab]- Means within a row with different subscripts differ (P< 0.05).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند کاهش غلظت تری‌گلیسرید سبب افزایش غلظت لیپوپروتئین با چگالی بالا می‌شود (Chapman و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از بیوچار معدنی در این آزمایش نیز به دلیل داشتن ویژگی‌های خاص ساختاری باعث افزایش در قابلیت هضم مواد مغذی درنتیجه باعث افزایش غلظت گلوکز خون و افزایش غلظت آمونیاک در شکمبه می‌شود که همبستگی مثبتی بین غلظت آمونیاک شکمبه و خون وجود دارد. همچنین افزایش معنی‌دار میزان لیپوپروتئین با چگالی بالا در گروه‌های دریافت‌کننده بیوچار نسبت به گروه شاهد نشانگر مؤثر بودن بیوچار در تعدیل لیپیدهای خون است.

فراسنجه‌های تخمیری شکمبه: اثر جیره‌های آزمایشی بر برخی از فراسنجه‌های تخمیری شکمبه در گوساله‌های از شیر گرفته‌شده در جدول (٦) آورده شده است. نتایج نشان داد گوساله‌های از شیر گرفته تغذیه‌شده با جیره حاوی یک درصد بیوچار نسبت به گروه شاهد نیتروژن آمونیاکی بیشتر و pH شکمبه

کمتری داشته‌اند (P<۰/۰۵). محققان pH مطلوب شکمبه گوساله‌ها را در دامنه نرمال ٦/٨-٦/١ گزارش کرده‌اند که pH مایع شکمبه تعادلی از غلظت عمده‌ترین اسیدهای چرب فرار شکمبه (استات، پروپیونات، بوتیرات و لاکتات)، آمونیاک و بزاق است (VanKeulen و Young، ١٩٧٧). همچنین میکروارگانیسم‌های مفید مانند لاکتوباسیل‌ها که از طریق تخمیر قندها تولید انرژی می‌کنند، حداقل نیمی از فرآورده‌های آن اسید لاکتیک است که توانایی آن‌ها در تولید pH و حفظ محیط اسیدی است (Schmidt و همکاران، ٢٠١٩).

محققان دریافتند با افزودن بیوچار به جیره‌های آزمایشی، محیط را برای فعالیت و رشد باکتری‌های تجزیه‌کننده کربوهیدرات‌های ساختمانی فراهم می‌کند و سبب افزایش مقدار اسید استیک محیط انکوباسیون می‌شود (Michalet-Doreau و همکاران، ٢٠٠٢). تحقیقات نشان داده است، افزایش غلظت آمونیاک، دلیلی برافزایش تعداد و فعالیت باکتری‌های سلولایتیک و در نتیجه تولید بیشتر اسید استیک است (Blaxter، ١٩٦٢). در مطابقت با نتایج این آزمایش، گزارش‌شده است که با افزودن ٠/٦ درصد بیوچار سبوس برنج به جیره گاوهای نر زبو افزایش در میزان آمونیاک شکمبه مشاهده گردید (Leng و همکاران، ٢٠١٢). همچنین با افزودن ٠/٣ درصد ترکیبات کربنی فعال‌شده به جیره بزها افزایش در آمونیاک شکمبه گزارش شد (Garillo و همکاران، ١٩٩٤). همچنین گزارش‌شده است که میانگین pH مایع شکمبه بین گروه‌های دریافت‌کننده بیوچارهای پوست گردو، محصول فرعی پسته و بستر مرغ و شاهد تفاوت معنی‌داری نداشته است، درحالی‌که استفاده از جیره حاوی بیوچار پوست گردو، محصول فرعی پسته و بستر مرغ سبب افزایش معنی‌داری در غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه نسبت به گروه شاهد گردید (Mir Heydari و همکاران، ٢٠١٨).

لذا به دلیل وجود همبستگی مثبت بین غلظت آمونیاک در شکمبه و خون، این احتمال وجود دارد که افزایش نیتروژن اوره‌ای در خون گوساله‌های تغذیه‌شده با بیوچار با افزایش غلظت آمونیاک در شکمبه رابطه مستقیمی داشته باشد که همه‌ی این‌ها به دلیل ویژگی‌های ساختاری منحصربه‌فرد و داشتن سطوح متخلخل بیوچار معدنی و ترکیبات مختلف جیره مرتبط می‌باشد.

جدول ٦- اثر سطوح مختلف بیوچار معدنی بر برخی از فراسنجه‌های تخمیری شکمبه در گوساله‌های از شیرگرفته شده(درصد ماده خشک)

Table 6 - The effect of different levels of mineral biochar on some rumen fermentation parameters in weaned calves (%DM)

P-value	SEM	بیوچار معدنی (درصد) Mineral Biochar (%)				فراسنجه‌های شکمبه‌ای Rumen parameters
		1	0.66	0.33	0	
0.05	0.16	6.75^{b}	6.82^{ab}	6.95^{ab}	7.17^{a}	pH
0.01	0.46	10.66^{a}	10.06^{ab}	9.46^{ab}	9.02^{b}	نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Ammonia nitrogen (mg/dl)

^{ab} – میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

^{ab}- Means within a row with different subscripts differ (P < 0.05).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از بیوچار معدنی کوهبنان در تغذیه گوساله‌های از شیر گرفته بر میزان مصرف ماده خشک و فراسنجه‌های عملکردی‌شان تأثیری نداشت. گوساله های تغذیه‌شده با جیره حاوی یک درصد بیوچار غلظت گلوکز، اوره و لیپوپروتئین با چگالی بالا خون

بیشتر، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی و نیتروژن آمونیاکی بیشتر و pH کمتری نسبت به گوساله‌های گروه شاهد داشتند. که در نتیجه می‌توان استفاده از یک درصد بیوچار را در جیره گوساله‌های از شیر گرفته توصیه نمود.

منابع

Al- Kindi, A., Schiborra, A., Buerkert, A. and Schlecht, E. 2017. Effects of quebracho tannin extract and activated charcoal on nutrient digestibility, digesta passage and faeces composition in goats. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 101(3): 576-588.

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis (15th ed). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Blackwell, P., Riethmuller, G. and Collins, M. 2009. Biochar application to soil. In: Lehmann J, Joseph S, Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, Pp: 207- 226.

Blaxter, K. L. 1962. The Energy Metabolism of Ruminants. P. 329. Hutchinson, London.

Broderick, G. and Kang, J. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Dairy Science, 63(1): 64-75.

Chapman, M. J., Ginsberg, H. N., Amarenco, P., Andreotti, F., Borén, J., Catapano, A. L. and Kuivenhoven, J. A. 2011. Triglyceride-rich lipoproteins and high-density lipoprotein cholesterol in patients at high risk of cardiovascular disease: evidence and guidance for management. European Heart Journal, 32(11): 1345-1361.

Chu, G. M., Jung, C. K., Kim, H. Y., Ha, J. H., Kim, J. H., Jung, M. S. and Cho, J. H. 2013. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternatives on growth performance, immune responses and fecal microflora population in fattening pigs. Journal of Animal Science, 84(2): 113-120.

Cooney, D. O. and Struhsaker, T. T. 1997. Adsorptive capacity of charcoals eaten by Zanzibar red colobus monkeys: implications for reducing dietary toxins. International Journal of Primatology, 18(2): 235-246.

Das, K. C., Balagurusamy, N. and Chinnasamy, S. 2012. Biochars, methods of using biochars, methods of making biochars and reactors: Google Patents. US Patent App, 13: 388-907.

Franklin, J., Grimes, J. and Sheldon, B. 2006. Novel pre-harvest approaches to control enteric foodborn bacteria in poultry. Ph.D. Thesis. University of North Carolina state.

Garillo, E. P., Pradhan, R. and Tobioka, H. 1994. Effects of activated charcoal on ruminal characteristics and blood profiles in mature goats. Journal of Animal Science, 35: 85-89.

Gerlach, H., Gerlach, A., Schrödl, W., Haufe, S., Schottdorf, B., Shehata, A. A. and Krüger, M. 2014. Oral application of charcoal and humic acids influence selected gastrointestinal microbiota, enzymes, electrolytes, and substrates in the blood of dairy cows challenged with glyphosate in GMO feeds. Journal of Environmental and Analytical Toxicology, 5: 256-262.

Hansen, H., Storm, I. D. and Sell, A. 2012. Effect of Biochar on *in vitro* rumen methane production. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A–Animal Science, 62(4): 305-309.

Hedayati, M., Forouzandeh, A. and Shakeri, P. 2020. The use of Biochar on the digestibility of Holstein calves. 7th National Conference on New Ideas in Agriculture with a production approach of the year. (In Persian).

Hill, T. M., Quigley, J. D., Suarez-Mena, F. X., Bateman, H. G. and Schlotterbeck, R. L. 2016. Effect of milk replacer feeding rate and functional fatty acids on dairy calf performance and digestion of nutrients. Journal of Dairy Science, 99: 6352-6361.

Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment, 5(7): 381-387.

Leng, R., Inthapanya, S. and Preston, T. 2012. Biochar lowers net methane production from rumen fluid *in vitro*. Livestock Research for Rural Development, 24(6): 103.

Leng, R., Inthapanya, S. and Preston, T. 2013. All Biochars are not equal in lowering methane

production in *in vitro* rumen incubations. Livestock Research for Rural Development, 12: 1-12.

Mabe, L. T., Su, S., Tang, D., Zhu, W., Wang, S. and Dong, Z. 2018. The effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth and serum biochemical parameters of juvenile common carp (*Cyprinus carpio L.*). Aquaculture Research, 49(3): 1142-1152.

Mekbungwan, A., Yamauchi, K. and Sakaida, T. 2004. Intestinal villus histological alterations in piglets fed dietary charcoal powder including wood vinegar compound liquid. Anatomia, Histologia, Embryologia, 33(1):11-16.

Michalet-Doreau, B., Fernandez, I. and Fonty, G. 2002. A comparison of enzymatic and molecular approaches to characterize the cellulolytic microbial ecosystems of the rumen and the cecum. Journal of Animal Science, 80: 790-796.

Mir Heydari, A., Torbatinejad, N., Hassani, S. and Shakeri, P. 2017. Effect of different levels of walnut shell and chicken manure biochar on ruminal fermentation parameters and methane production. Journal of Ruminant Research, 6(1): 1-16. (In Persian).

Mir Heydari, A., Torbatinejad, N., Hassani, S. and Shakeri, P. 2018. The effect of using Biochar from pistachio by-product on yield, microbial protein and some parameters of rumen and blood of fattening lambs. Journal of Science and Animal Research and Construction, 117: 151 - 162. (In Persian).

Mir Heydari, A., Torbatinejad, N., Hassani, S. and Shakeri, P. 2019. The effect of pistachio by-product Biochar on fermentation parameters and performance of lactating ewes. Journal of Livestock Production, 20: 564-553. (In Persian).

Morrill, J. 1992. The Calf: Birth to 12 weeks. Chapter 41 in Large Dairy Herd Management, edited by H. H. Van Horn and C. J. Wilcox, Champaign. Journal of Dairy Science, 401-410.

Mui, N. T. 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. Animal Feed Science and Technology, 130(3-4): 242-256.

Naserian, A. B., Sarmi, B., Bashtni, M. and Foroghi, A. 2013. Calf management, nutrition and breeding (1^{th} ed.). Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)

Nozad, S., Ramin, A. G., Moghadam, G., Asri-Rezaei, S., Babapour, A. and Ramin, S. 2012. Relationship between blood urea, protein, creatinine, triglycerides and macro-mineral concentrations with the quality and quantity of milk in dairy Holstein cows. Paper presented at the Veterinary Research Forum.

Prasai, T. P., Walsh, K. B., Bhattarai, S. P., Midmore, D. J., Van, T. T., Moore, R. J. and Stanley, D. 2016. Biochar, bentonite and zeolite supplemented feeding of layer chickens alters intestinal microbiota and reduces campylobacter load. PLoS One, 11(4): e0154061.

Reynolds, C. K. 2006. Production and metabolic effects of site of starch digestion dairy cattle. Journal of Animal Feed Science and Technology, 130: 78-94.

SAS, S. and Guide, S. U. s. 2003. Release 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Schmidt, H. P., Anca- Couce, A., Hagemann, N., Werner, C., Gerten, D., Lucht, W. and Kammann, C. 2019. Pyrogenic carbon capture and storage. Gcb Bioenergy, 11(4): 573-591.

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.

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 Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. P. 374. Cornel University Press, Ithaca, New York.

Van Zijderveld, S., Gerrits, W., Apajalahti, J., Newbold, J., Dijkstra, J., Leng, R. and Perdok, H. 2010. Nitrate and sulfate: Effective alternative hydrogen sinks for mitigation of ruminal methane production in sheep. Journal of Dairy Science, 93(12): 5856-5866.

Wang, Q., Han, K., Gao, J., Li, H. and Lu, C. 2017. The pyrolysis of biomass briquettes: Effect of pyrolysis temperature and phosphorus additives on the quality and combustion of bio-char briquettes. Fuel - Journals, 199: 488-496.

Wickramasinghe, H. K. J. P., Kramer, A. J. and Appuhamy, J.A.D.R.N. 2019. Drinking water intake of newborn dairy calves and its effects on feed intake, growth performance, health status, and nutrient digestibility. Journal of Dairy Science, 102: 377–387.

Yang, X., Wan, Y., Zheng, Y., He, F., Yu, Z., Huang, J. and Gao, B. 2019. Surface functional groups of carbon-based adsorbents and their roles in the removal of heavy metals from aqueous solutions: a critical review. Chemical Engineering Journal, 366:608-621.