نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۴۳، تابستان ۱۴۰۳
ص‌ص: ۴۵~۵۶

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

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

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

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

تاریخ دریافت : خرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش : مرداد ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۳۶۳۵۸۰۴

Email:mbashtani@birjand.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2023.362400.2317

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف یک نوع بیوچار معدنی بدست آمده از معدن کوهبنان کرمان بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و تخمیر شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در یک گاوداری صنعتی انجام شد. بدین منظور از ۳۵ رأس گوساله شیرخوار هلشتاین با میانگین وزنی۴/۸۷ ± ۴۸/۸۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تیمار و هفت تکرار استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱) شیر و خوراک آغازین (جیره پایه)، ۲) جیره پایه به‌همراه ۱۰ گرم بیوچار معدنی مخلوط شده در خوراک آغازین، ۳) جیره پایه به‌همراه ۱۰ گرم بیوچار معدنی حل شده در شیر، ٤) جیره پایه به‌همراه ۲۰ گرم بیوچار معدنی مخلوط شده در خوراک آغازین، ٥) جیره پایه به‌همراه ۲۰ گرم بیوچار معدنی حل شده در شیر بود. مصرف ۲۰ گرم از بیوچار در خوراک آغازین باعث افزایش وزن روزانه و بهبود میانگین ضریب تبدیل غذایی شد (P< ۰/۰۵). بالاترین مقدار گلوکز و آلبومین خون مربوط به گوساله‌های تغذیه شده با ۲۰ گرم بیوچار در خوراک آغازین بود (P< ۰/۰۵). بیشترین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی را گوساله‌های مصرف کننده ۱۰ و ۲۰ گرم بیوچار در خوراک آغازین داشتند (P< ۰/۰۵). گوساله‌های تغذیه شده با ۲۰ گرم بیوچار در خوراک آغازین pH مایع شکمبه بالاتری نسبت به سایر گوساله‌ها داشتند (P< ۰/۰۵). بنابراین، افزودن ۲۰ گرم بیوچار معدنی به خوراک آغازین گوساله‌های شیرخوار هلشتاین به‌دلیل اثرات مثبت آن بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و تخمیری شکمبه، توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار معدنی، عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی، گوساله شیرخوار هلشتاین.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by **Research Journal of Livestock Science** (https://asj.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

Research Journal of Livestock Science No 143 pp: 45-56

The effect of using Mineral Biochar on the performance, digestibility, blood parameters and rumen fermentation of Holstein suckling calves

By: Sara Saeidi Garaghani[1], Moslem Bashtani*[2], Pirouz Shakeri[3], Hossein Naeimipour Younesi[4]
1: PhD student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand
2: Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand
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

Received: June 2023 **Accepted: August 2023**

This study was conducted in order to investigate the effect of different levels of a type of mineral biochar obtained from Kohbanan mine in Kerman on the performance, digestibility, blood parameters and ruminal fermentation of suckling Holstein calves in an industrial cattle farm. For this purpose, 35 Holstein calves with an average weight of 48.88 ± 4.87 were used in a completely random design in five treatments and seven replications.The experimental rations include: 1) milk and starter feed (basal ration), 2) basal diet with 10 g of mineral biochar mixed in the starter feed, 3) basal diet with 10 g of mineral biochar dissolved in milk, 4) basal diet with 20 g of mineral biochar mixed in the initial feed, 5) basal diet with 20 g of mineral biochar dissolved in milk. Consumption of 20 grams of biochar in the initial feed increased the daily weight and improved the average feed conversion coefficient (P <0.05). The highest amount of blood glucose and albumin concentrations was related to calves fed with 20 g of biochar in the initial feed (P <0.05). Calves consuming 10 and 20 g of biochar in the starter feed had the highest apparent digestibility of nutrients (P <0.05). Calves fed with 20 g of biochar in the initial feed had higher rumen pH than the other calves (P <0.05). Therefore, the addition of 20 g mineral biochar to the starter diet of Holstein calves is recommended because of its positive effects on performance, digestibility, blood parameters and rumen fermentation.

Key words: Mineral Biochar, Performance, digestibility, Blood parameters, Holstein suckling calves.

مقدمه

پرورش گوساله‌ی سالم تضمین کننده تولید و سودآوری گله گاو شیری می‌باشد. طبیعتاً پرورش مطلوب گوساله نیازمند تغذیه مناسب، رعایت اصول بهداشتی و رعایت مدیریت صحیح است (Bomba و همکاران، ۲۰۰۲). استفاده از افزودنی‌های غذایی در تغذیه گوساله به‌عنوان یک راه حل هر چه بهتر در بکارگیری خوراک توسط گوساله محسوب می‌شود. امروزه، محققین به دنبال یافتن راهکارهای طبیعی برای افزایش فعالیت شکمبه از طریق بهبود باکتری‌های مفید شکمبه هستند (Azimzadeh و همکاران، ۲۰۱۵). 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). بیوچار یک ماده متخلخل کربنی است که از تجزیه در اثر حرارت زیست توده‌ها به‌دست می‌آید و می‌تواند بر بهبود جذب و حفظ مواد مغذی گیاه و بهبود حاصل‌خیزی خاک موثر باشد (Lehmann، ۲۰۰۷). بیوچار از سوختن مواد آلی زباله‌های کشاورزی در محیطی با اکسیژن محدود و یا بی‌هوازی تولید می‌شود (Lehmann و همکاران، ۲۰۰۶). تحقیقات نشان داده است که افزودن بیوچار به جیره حیوانات نشخوارکننده نواحی سطحی وسیع و قابل دسترسی برای چسبیدن میکروارگانیسم‌های شکمبه فراهم می‌کند که هم به دلیل تسهیل انتقال الکترون بین

میکروارگانیسم‌های وابسته به‌یکدیگر و تبادل تولیدات تخمیری بین آن‌ها و هم به دلیل خروج سریع‌تر تولیدات متابولیکی از محیط (میکروب‌های مصرف کننده) زمینه را برای فعالیت و رشد میکروبی مهیا می‌کند (Leng وهمکاران، ۲۰۱۳). استفاده از سطوح ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار معدنی به مدت ۴۹ روز در کنسانتره گوساله‌های ماده هلشتاین از شیرگرفته شده تأثیر نامطلوبی بر خوش خوراکی 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 به عنوان یک افزودنی خوراکی توصیه شده است (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰). گزارش شده است که استفاده از ۰/۶۲ درصد بیوچار سبوس برنج در جیره سبب افزایش وزن روزانه گاوهای نر شده (Leng و همکاران، ۲۰۱۲) و یا با افزودن بیوچار چوب بامبو به جیره بزها، افزایش وزن روزانه بالاتری در مقایسه با گروه‌های شاهد مشاهده شده است (Van و همکاران، ۲۰۰۶). از آن‌جا که درکشور ما مطالعات چندانی در مورد استفاده از افزودن بیوچار معدنی طبیعی در جیره گوساله‌های شیرخوار انجام نشده است، بنابراین هدف اصلی از انجام این آزمایش بررسی تأثیر استفاده از سطوح مختلف بیوچار معدنی تهیه شده از معدن کوهبنان کرمان (بیوچار طبیعی معدن کوهبنان ۶۵۰ میلیون سال قدمت دارد و فرایند تشکیل آن طبیعی و تدریجی بوده است.) در تغذیه گوساله های شیرخوار هلشتاین بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و تخمیری شکمبه بوده است. اما باتوجه به این که دستگاه گوارش گوساله در مرحله ی شیرخوارگی هنوز توسعه کامل نیافته است و این که خوراک گوساله ها در زمان شیرخوارگی از دو بخش مختلف شیر و خوراک آغازین تشکیل می شود، تصمیم بر این شد که علاوه بر موارد فوق احتمال وجود تفاوت بین دو حالت استفاده از بیوچار در شیر و یا خوراک آغازین نیز مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک گاوداری صنعتی واقع در ۵ کیلومتری جاده دشتکار کرمان انجام شد. برای انجام این طرح از ۳۵ رأس گوساله شیرخوار (نر و ماده) هلشتاین با میانگین وزنی ۴/۸۷ ± ۴۸/۸۸ استفاده شد. گوساله‌ها پس از تولد از مادران خود جدا و پس از توزین به باکس‌های انفرادی ضدعفونی شده که دارای بستری از کاه و کلش گندم بودند، منتقل شدند و با دو لیتر آغوز در سه نوبت متوالی شش ساعته تغذیه شدند. گوساله‌ها پس از تولد تا سه روز آغوز مصرف کرده و روزانه ۱۰ درصد وزن بدن در دو نوبت صبح و عصر با شیر کامل تغذیه شدند. گوساله‌ها از سن دو هفتگی در جایگاه‌های انفرادی با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. همچنین از روز اول آزمایش جیره‌ی آغازین و آب نیز به طور آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. بلافاصله پس از ورود گوساله‌ها به آزمایش، جیره‌های آزمایشی مورد نظر در اختیار آن‌ها قرار گرفت. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تیمار و هفت تکرار صورت گرفت. جیره‌های آزمایشی مصرفی هر گوساله در طول یک شبانه روز در تیمارهای مختلف شامل: ۱) جیره‌گروه شاهد: شامل شیر و خوراک آغازین (جیره پایه)، ۲) جیره پایه به‌همراه ۱۰ گرم بیوچار معدنی مخلوط شده در خوراک آغازین، ۳) جیره پایه به‌همراه ۱۰ گرم بیوچار معدنی حل شده در شیر، ۴) جیره پایه به‌همراه ۲۰ گرم بیوچار معدنی مخلوط شده در خوراک آغازین، ۵) جیره پایه به‌همراه ۲۰ گرم بیوچار معدنی حل شده در شیر بود. اجزای و ترکیب شیمیایی جیره پایه تغذیه شده به گوساله‌های شیری هلشتاین در جدول ۱ آورده شده است. در این تحقیق از معدن بیوچار کوهبنان، ماده آزمایشی بیوچار تهیه و ترکیب شیمیایی آن در جدول ۲ ارائه شده است. بیوچار به صورت سرک و کاملاً پودر به شیر و خوراک آغازین اضافه شد. از هنگام ورود گوساله‌ها به طرح تا پایان آزمایش ۱۵ درصد علوفه خشک یونجه نیز به جیره افزوده شد. علوفه خشک یونجه مورد استفاده دارای کیفیت مطلوب بود و جهت تغذیه بهتر، پیش از استفاده توسط دستگاه خردکن کوبیده شد تا به قطعات کوچک‌تر (حدود ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر) تبدیل شدند. گوساله‌ها در صورت مصرف یک کیلوگرم خوراک آغازین برای سه روز متوالی از شیر گرفته شدند و طرح خاتمه یافت. میزان مصرف خوراک به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و هر هفته وزن گوساله‌ها

ثبت شد. همچنین کلیه اطلاعات همچون وزن، میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک (بر مبنای مجموع ماده خشک شیر و خوراک آغازین مصرفی) محاسبه گردید. در روز از شیرگیری، ۳ ساعت بعد از مصرف وعده خوراک صبح، از محل سیاهرگ گردنی گوساله‌ها در لوله-های بدون ماده ضدانعقاد خون‌گیری انجام و نمونه‌های خون بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و سپس سرم نمونه‌های خون توسط دستگاه سانتریفیوژ مدل LMC-3000 جدا شد و سرم جدا شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی نگهداری شدند. فراسنجه‌های خونی شامل نیتروژن اوره‌ای خون، گلوکز، پروتئین کل و تری‌گلیسرید، آلبومین، آسپارتات‌ترانس‌آمیناز، آلانین‌آمینوترانسفراز، لیپوپروتئین‌های با چگالی خیلی پایین، لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین و لیپوپروتئین با چگالی بالا با دستگاه اتوآنالایزر هیتاچی (مدل ۷۰۸۰ Refurbished) و کیت‌های شرکت پارس آزمون در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز انجام شد. در روز از شیرگیری قابلیت هضم ماده خشک با استفاده از روش مارکر داخلی (خاکستر نامحلول در اسید) اندازه‌گیری و نمونه‌های مدفوع تیمارها و جیره‌ها جمع آوری، خشک و تا زمان انجام آزمایشات در منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌های خوراک مصرفی و مدفوع-دام‌ها به روش تجزیه تقریبی آنالیز شد و درصد پروتئین خام (دستگاه کجلدال مدل فوس ۲۱۰۰)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (دستگاه آنکوم) و خاکستر (کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) تعیین شد (AOAC، ۱۹۹۰). در پایان قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد که در معادله ۱) Dig: قابلیت هضم ظاهری، M1: غلظت مارکر در خوراک (درصد)، M2: غلظت مارکر در مدفوع (درصد)، N1: ماده مغذی در خوراک (درصد)، N2: ماده مغذی در مدفوع (درصد) است (Van Keulen و Young، ۱۹۷۷).

۱) $Dig\ (\%) = 100 - 100 \times (M1/M2 \times N2/N1)$

pHتعیین برای شکمبه، مایع از نمونه‌گیری شیرگیری از روز در آمونیاکی انجام شد. نمونه‌ها چهار ساعت پس از نیتروژنو خوراک‌دهی در حدود ساعت ۱۲ ظهر گرفته شدند. نمونه‌گیری با استفاده از لوله مری متصل به دستگاه ساکشن صورت گرفت. پس متر دیجیتالی pH به‌وسیله pH از نمونه‌گیری بلافاصله تغییرات اندازه‌گیری شد. مایع شکمبه به‌دست آمده توسط ATCمدل پارچه کتانی صاف گردید و به ازای هر حیوان یک نمونه ۱ میلی ۲ مولار برای تجزیه و تحلیل آمونیاک HClلیتری با ۰/۲ میلی‌لیتر اسیدی شد و تا زمان انجام آزمایش نمونه‌ها در دمای منفی۲۰ درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه با استفاده از روش فنول- هیپوکلریت ، ۱۹۸۰) انجام شد. برای تجزیه آماری Kang وBroderick((ویرایش ۹/۱) SASداده‌های به‌دست آمده از نرم افزار آماری). داده‌های مصرف خوراک روزانه، ، SAS۲۰۰۵استفاده شد (افزایش وزن روزانه و میانگین ضریب تبدیل خوراک با استفاده از آنالیز شدند (مدل ۲). مقایسه SAS در نرم افزار MIXEDرویه میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

۲) $Yijkl=\mu+Ti+ Bj+ß\ (xi-\bar{}) +\delta k+ \varepsilon ijkl$ که‌در این مدل: Yijkl= صفت اندازه گیری شده، μ = اثر ثابت میانگین، Ti = اثرثابت i اُمین تیمار،Bj= اثر ثابت jاُمین جنس شامل نر و ماده، ß (xi -¯) = وزن هفته دوم شروع آزمایش به‌عنوان کواریت، δk = اثر گوساله به‌عنوان اثر تصادفی و εijkl = اثر خطا می باشند.

جدول (۱) مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه مورداستفاده در تغذیه گوساله‌های شیرخوار

ماده خوراکی (درصد)	جیره پایه [۱]
جو	۲۶
ذرت دانه‌ای	۲۷
کنجاله سویا	۲۵
سبوس	۵
مکمل معدنی و ویتامینی [۲]	۲
یونجه	۱۵
ترکیب شیمیایی	
ماده خشک (درصد)	۹۱/۵۱
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم)	۲/۸۵
انرژی نگهداری (مگاکالری در کیلوگرم)	۱/۹۶
انرژی افزایش وزن (مگاکالری در کیلوگرم)	۱/۳۱
پروتئین خام (درصد ماده خشک)	۱۸/۸۵
چربی خام (درصد ماده خشک)	۳/۳۰
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	۱۲/۲۰
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	۲۴/۲۰
خاکستر (درصد ماده خشک)	۴/۷۲
کلسیم (درصد ماده خشک)	۰/۶۲
فسفر (درصد ماده خشک)	۰/۴۸

[۱] جیره‌های آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه فاقد بیوچار معدنی(جیره شاهد)، ۲) جیره پایه + ۱۰ گرم بیوچار معدنی در شبانه‌روز به‌ازای هر رأس گوساله به همراه خوراک آغازین، ۳) جیره پایه + ۱۰ گرم بیوچار معدنی در شبانه‌روز به‌ازای هر رأس گوساله به همراه شیر، ۴) جیره پایه +۲۰ گرم بیوچار معدنی در شبانه‌روز به‌ازای هر رأس گوساله به همراه خوراک آغازین، ۵) جیره پایه + ۲۰ گرم بیوچار معدنی در شبانه‌روز به‌ازای هر رأس گوساله به همراه شیر بود.

[۲] دی کلسیم فسفات (۵۱/۷۳٪)، هیدروژل (۸/۰۱٪)، سولفات مس (۰/۱۲٪)، سولفات آهن (۰/۱۲٪)، سلنیوم (۰/۱٪)، اکسید منگنز (۰/۵۴٪)، کبالت (۰/۰۳٪)، یدات کلسیم (۰/۰۱٪)، سولفات روی (۱٪)، اکسید منیزیم (۹/۰۱٪)، نمک (۱۰/۰۱٪)، کربنات کلسیم (۴/۵٪)، ویتامین A (۰/۱٪)، ویتامین E (۰/۰۲٪)، ویتامین D_3 (۰/۰۵٪)، آنتی‌اکسیدان (۰/۱۱٪)، سولفات منیزیم (۳/۳۸٪)

جدول (۲) ترکیبات شیمیایی بیوچار معدنی

ترکیبات	مقدار (درصد)
ماده آلی (درصد)	۱۹/۴
کربن آلی (درصد)	۱۱/۲
نیتروژن کل (درصد)	۰/۳۴
آمینواسید (درصد)	۲/۳۷
اسید فولیک (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

نتایج و بحث

مصرف ماده خشک و عملکرد گوساله‌های شیرخوار

نتایج مربوط به میانگین ماده خشک مصرفی و عملکرد گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در جدول ۳ آورده شده است. مصرف ماده خشک، میانگین اضافه وزن کل دوره، وزن ازشیرگیری و میانگین سن ازشیرگیری در گوساله‌های تغذیه شده با بیوچار در شیر و خوراک آغازین با گوساله‌های گروه شاهد (تغذیه بدون بیوچار) تفاوت معنی‌داری نداشتند. در حالی‌که افزایش وزن روزانه و میانگین ضریب تبدیل غذایی در گوساله‌های تغذیه شده با۲۰ گرم بیوچار به‌همراه خوراک آغازین با جیره گروه شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند($P< ۰/۰۵$). در تأیید نتایج این آزمایش گزارش شده است که استفاده از یک درصد بیوچار پوست گردو، محصول فرعی پسته و ۱/۵ درصد بستر مرغ در جیره بره‌های پرواری تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم بره‌ها نداشت. احتمالاً سطح پایین استفاده از بیوچار پوست گردو، محصول فرعی پسته و بستر مرغ در جیره عامل مهمی در عدم تأثیر نامطلوب آن بر خوشخوراکی جیره بود و میزان خوراک مصرفی تحت تأثیر قرار نگرفت (Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۸). به طور مشابه خوراک مصرفی گاوهایی که با جیره حاوی ۰/۶۲ درصد بیوچار سبوس برنج تغذیه شدند تحت تأثیر قرار نگرفت (Leng و همکاران، ۲۰۱۲). محققان دریافتند خوراک مصرفی روزانه گوساله‌های تغذیه شده با ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار معدنی اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نداشتند (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰). گزارش‌هایی مبنی بر اثر بخش بودن بیوچار در جیره یافت می‌شود که این ترکیب به‌عنوان مکمل خوراکی، علاوه بر بهبود هضم، سبب بهبود کارایی خوراک و تولید گوشت می‌شود بنابراین بیوچار به دلیل دارا بودن بسیاری از مواد معدنی کم مصرف و پرمصرف می‌تواند به‌عنوان مکمل معدنی در جیره استفاده شود (Ahmadi و همکاران، ۲۰۲۱). گزارش شده است استفاده از بیوچار معدنی در جیره جوجه‌های گوشتی بر مصرف خوراک و پارامترهای عملکردی تأثیر معنی‌داری نداشته است (Kashef و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین محققان دریافتند که پودر زغال چوب شامل سرکه چوب، به عنوان یک افزودنی خوراک، راندمان استفاده از خوراک بچه خوک‌ها را بهبود بخشید و رشد بچه خوک‌ها را افزایش داد (Han و همکاران، ۲۰۱۴). گزارش‌هایی مبنی بر اثر بخش بودن استفاده از بیوچار در خوراک دام یافت می‌شود، افزودن سطح یک درصد از بیوچار محصول فرعی پسته به جیره بره‌های پرواری سبب افزایش رشد، بهبود راندمان تبدیل خوراک و افزایش تولید پروتئین میکروبی گردید (Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۸). بیوچار با بهبود رشد میکروبی و عبور دادن ترکیبات آلی خوراک مانند پروتئین و نشاسته از شکمبه به روده سبب بهبود راندمان تبدیل خوراک می‌گردد (Leng و همکاران، ۲۰۱۲). در تفسیر این نتایج می‌توان به اشباع شدن خلل

و فرج بیوچار با ترکیبات آلی خوراک اشاره کرد که سبب افزایش اتصال و رشد گونه‌های میکروبی و تولید پروتئین میکروبی می‌شود (Zhang و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین با قرارگیری ترکیبات آلی خوراک در خلل و فرج بیوچار این مواد مستقیماً به روده کوچک انتقال یافته و موجب بهبود بازده جذب مواد مغذی می‌گردد (Leng و همکاران، ۲۰۱۲). نظر به‌این‌که ضریب تبدیل خوراک متأثر از دو فاکتور میزان مصرف خوراک و میزان افزایش وزن بدن می‌باشد، بنابراین نتایج به‌دست آمده ازضریب تبدیل خوراک با نتایج به‌دست آمده از میزان مصرف خوراک و میزان افزایش وزن بدن هم‌خوانی دارد. در نتیجه بیوچار به دلیل داشتن عناصر کم مصرف و پرمصرف و ماهیت فیزیکی و شیمیایی که دارد می‌تواند سبب افزایش وزن و بهبود ضریب تبدیل خوراک گردد.

جدول (۳) فراسنجه‌های عملکردی گوساله‌های شیرخوار تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

صفات	جیره‌های آزمایشی[1]					انحراف استاندارد میانگین‌ها	سطح معنی‌داری
	جیره پایه	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر		
سن شروع آزمایش (day)	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	–	–
وزن شروع آزمایش (۱۴ روزگی (kg)	۴۹/۷	۵۱/۱۰	۴۸/۵۰	۴۵/۵۰	۴۸/۶۳	–	–
مصرف ماده خشک روزانه(kg)	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۰۳	۰/۸۸
افزایش وزن روزانه(kg)	۰/۶۷^{b}	۰/۸۳^{ab}	۰/۷۵^{ab}	۰/۸۷^{a}	۰/۷۸^{ab}	۰/۰۴	۰/۰۵
اضافه‌وزن کل دوره(kg)	۲۳/۵۶	۲۹/۱۱	۲۶/۱۷	۳۰/۰۶	۲۸/۱۹	۱/۷۱	۰/۰۹
وزن از شیرگیری(kg)	۷۲/۲۳	۷۷/۷۸	۷۴/۸۴	۷۸/۷۳	۷۶/۸۶	۱/۷۱	۰/۰۹
میانگین سن از شیرگیری(day)	۵۰/۵۸	۴۴/۳۶	۴۸/۷۱	۴۸/۸۱	۵۳/۱۸	۲/۹۶	۰/۳۱
میانگین سن از شیرگیری در طول آزمایش (day)	۳۶/۹۸	۳۱/۱۶	۳۵/۲۲	۳۷/۴۳	۳۷/۰۹	۳/۵۲	۰/۷۰
میانگین ضریب تبدیل خوراک	۱/۴۰^{a}	۱/۱۲^{ab}	۱/۲۶^{ab}	۱/۰۳^{b}	۱/۱۶^{ab}	۰/۰۶	۰/۰۱

^{a,b}حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار است ($P<$ ۰/۰۵).

فراسنجه‌های خونی گوساله‌های شیرخوار

در بین فراسنجه‌های خون گوساله‌ها، فقط گلوکز و آلبومین تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفتند (P< ۰/۰۵). (جدول ۴). گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر و ۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین گلوکز خون بالاتری نسبت به گوساله‌های تغذیه شده با جیره گروه شاهد داشتند (P< ۰/۰۵). همچنین گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی گروه شاهد و ۱۰گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین و شیر مقدار آلبومین خون کمتری نسبت به گوساله‌های تغذیه شده با جیره آزمایشی ۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین داشتند (P< ۰/۰۵). افزودن بیوچار به جیره گوساله‌ها تأثیری بر کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره، AST، ALT، پروتئین، HDL، VLDL، LDL و گاماگلوبولین نداشت.

مطابق با نتایج این تحقیق محققان گزارش کردند استفاده از بیوچار محصول فرعی پسته در جیره بره‌های پرواری تغییری در غلظت آنزیم‌های کبدی و همچنین غلظت تری‌گلیسرید خون مشاهده نشد در حالی‌که غلظت گلوکز خون نسبت به گروه شاهد افزایش یافت (Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقات نشان داد که افزایش ورود نشاسته به روده کوچک نشخوارکنندگان سبب افزایش جذب گلوکز و درنتیجه افزایش غلظت گلوکز خون می‌شود (Reynolds، ۲۰۰۶). گزارش شده است بیوچارها با داشتن سطح متخلخل به صورت یک سیستم عرضه و انتقال کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌های گیاهی به روده کوچک عمل می‌کنند و از این طریق بر مهیا شدن مواد مغذی کافی برای فرآیندهای تولیدی، بهبود سلامتی و رشد دام و همچنین ضریب تبدیل خوراک در گاوها مؤثر هستند (Leng و همکاران، ۲۰۱۲). ترکیبات پلی‌آروماتیک حلقوی در تغییر ساختار آلبومین مؤثر هستند. نتایج نشان داده است که ترکیبات پلی‌آروماتیک حلقوی توانسته‌اند باعث افزایش آلبومین سرم گاوی شوند، بر اساس مطالعات انجام شده بالا بودن ضریب هدایت سطح بیوچار نقش مهمی در بهبود فعالیت‌های میکروبی شکمبه دارد (Leng و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه بر این، بیوچارها با مطلوب کردن محیط شکمبه از طریق جذب سیگنال‌های میکروبی مضر و ممانعت از افزایش پتانسیل ردوکس شکمبه، به‌طور غیرمستقیم بر بهبود رشد و تکثیر میکروبی مؤثر هستند(Husson، ۲۰۱۳). بنابراین دلایل ذکر شده می‌توانند نشانه‌ای از افزایش پروتئین میکروبی وارد شده به روده کوچک باشند که در نتیجه افزایش قابلیت هضم پروتئین و افزایش در آلبومین خون گوساله‌های تغذیه شده با بیوچار در این آزمایش را توجیه نمایند. استفاده از بیوچار معدنی در این آزمایش نیز به‌دلیل داشتن ویژگی‌های خاص ساختاری باعث افزایش در قابلیت هضم مواد مغذی در نتیجه باعث افزایش غلظت گلوکز و آلبومین خون می‌شود.

قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی گوساله‌های شیرخوار

نتایج مربوط به تأثیر جیره‌های آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و فیبر نامحلول در شوینده خنثی در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول ۵ نشان داده شده است. افزودن 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). مشابه با نتایج این آزمایش، گزارش شده است در شرایط آزمایشگاهی استفاده از ۰/۱۲ گرم از بیوچار سبوس برنج به‌ازای 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 زغال‌چوب خیزران به‌ازای 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) تحقیقات نشان داده است استفاده از ۰/۳۵ و ۰/۷ درصد از بیوچار معدنی در جیره گوساله‌های هلشتاین منجر به بهبود قابلیت هضم مواد مغذی شده است (Hedayati و همکاران، ۲۰۲۰). مطالعات نشان داده است که در شکمبه و بیشتر محیط‌های بی‌هوازی،

فرآیندهای تخمیر توسط گروهی از میکروارگانیسم‌های مختلف در ماده پلی مریک خارج سلولی با منشاء میکروبی که در روی یک سطح تثبیت شده‌اند و بیوفیلم نام دارد، انجام می‌شود (Blackwell و همکاران، ۲۰۰۹). بیوچار به عنوان ماده افزودنی خوراک با داشتن ویژگی‌های خاص ساختمانی، محیطی مطلوب برای تراکم مواد آلی و تجمع میکروارگانیسم‌های شکمبه فراهم می‌کند و افزایش سرعت تبدیل ترکیبات گیاهی به محصولات نهایی را موجب می‌شود (Mir Heydari و همکاران، ۲۰۱۸). افزایش قابلیت هضم دیواره سلولی احتمالاً به دلیل خاصیت بیوچار و متخلخل بودن آن است که باعث می‌شود جمعیت باکتری‌ها به خصوص باکتری‌های سلولایتیک در محیط شکمبه افزایش یابد و باعث تجزیه بافت‌های دیواره سلولی شده و 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 آن-ها می‌شود که این خصوصیت ساختاری بیوچار معدنی باعث افزایش در قابلیت هضم مواد مغذی در گوساله‌های تغذیه شده با بیوچار شده است.

جدول (٤) اثر جیره‌های آزمایشی بر برخی از فراسنجه‌های خونی گوساله‌های شیرخوار

فراسنجه‌های خونی	جیره‌های آزمایشی[1]					انحراف استاندارد میانگین ها	سطح معنی‌داری
	جیره پایه	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر		
گلوکز (mg/dl)	۷۶/۱۱^{b}	۸۱/۹۷^{ab}	۹۲/۹۷^{a}	۹۶/۱۱^{a}	۸۳/۶۸^{ab}	۵/۰۱	۰/۰۰۲
کلسترول (mg/dl)	۱۱۶/۱۸	۱۱۰/۶۱	۱۰۶/۷۵	۹۶/۱۸	۱۰۹/۶۱	۸/۴۴	۰/۲۲
تری‌گلیسرید (mg/dl)	۱۳/۱۱	۱۲/۸۳	۱۲/۴۰	۱۱/۹۷	۱۲/۹۷	۲/۱۱	۰/۹۸
اوره (mg/dl)	۱۵/۹۵	۱۵/۸۱	۱۳/۵۳	۱۲/۳۸	۱۴/۲۴	۱/۸۲	۰/۲۶
AST (U/L)	۶۴/۶۳	۶۴/۰۶	۵۲/۰۶	۵۰/۹۱	۶۰/۶۳	۸/۲۵	۰/۳۱
ALT (U/L)	۱۸/۱۷	۱۷/۸۸	۱۷/۶۰	۱۷/۳۱	۱۷/۷۴	۲/۵۴	۰/۱۰
آلبومین (g/dl)	۲/۷۳^{b}	۲/۷۹^{b}	۲/۸۰^{b}	۳/۱۴^{a}	۲/۸۳^{ab}	۰/۱۲	۰/۰۱
پروتئین (g/dl)	۵/۲۱	۵/۱۵	۵/۱۴	۵/۱۸	۵/۱۵	۰/۱۷	۰/۹۹
HDL (mg/dl)	۶۱/۶۳	۶۴/۷۸	۶۶/۴۹	۶۸/۴۹	۶۵/۳۵	۷/۰۹	۰/۹۱
VLDL (mg/dl)	۲/۶۲	۲/۵۷	۲/۴۸	۲/۳۹	۲/۵۹	۰/۴۲	۰/۹۸
LDL (mg/dl)	۵۱/۹۲	۴۳/۲۶	۳۷/۷۸	۲۵/۲۹	۴۱/۶۶	۹/۴۸	۰/۱۱
گاماگلوبولین (mg/dl)	۲/۴۸	۲/۳۶	۲/۳۳	۲/۰۳	۲/۳۲	۰/۱۹	۰/۲۲

[a,b] حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

جدول (۵) قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی گوساله‌های شیرخوار تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

قابلیت‌هضم (درصد)	جیره‌های آزمایشی[1]					انحراف استاندارد میانگین ها	سطح معنی‌داری
	جیره پایه	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر		
ماده خشک	۵۴/۵۷^{c}	۷۱/۰۵^{b}	۶۷/۵۱^{b}	۸۲/۵۱^{a}	۶۸/۳۲^{b}	۲/۶۸	<۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۵۶/۲۳^{c}	۷۳/۱۲^{b}	۷۰/۱۵^{b}	۸۴/۲۸^{a}	۷۰/۸۹^{b}	۲/۵۹	<۰/۰۰۰۱
پروتئین خام	۵۹/۲۳^{c}	۶۶/۱۶^{ab}	۶۱/۴۵^{bc}	۶۸/۷۵^{a}	۶۲/۱۲^{bc}	۲/۰۲	۰/۰۰۰۴
فیبرنامحلول‌درشوینده‌خنثی	۴۸/۸۱^{b}	۵۲/۸۳^{ab}	۴۹/۹۵^{ab}	۵۵/۲۷^{a}	۵۰/۰۰^{ab}	۲/۰۷	۰/۰۲۶

^{a,b,c} حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

فراسنجه‌های تخمیری شکمبه گوساله‌های شیرخوار

نتایج مربوط به میانگین pH مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در جدول ۶ آورده شده است. گوساله‌های تغذیه شده با جیره ۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین pH مایع شکمبه بالاتری نسبت به سایر گوساله‌ها داشتند (۰/۰۵ >P). میانگین نیتروژن آمونیاکی شکمبه در گوساله‌ها تحت‌تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. pH مایع شکمبه شامل اسیدهای چرب فرار شکمبه (استات، پروپیونات، بوتیرات و لاکتات)، آمونیاک، بافر شکمبه و بزاق است (Van Soest، ۱۹۹۴). علاوه بر این، بیوچار قلیایی است و می‌تواند به طور قابل‌توجهی pH خاک را افزایش دهد (Huang و همکاران، ۲۰۱۸). پتانسیل ردوکس نقش مهمی در فعالیت میکروبی و دینامیک تخمیر شکمبه‌ای دارد، به‌دلیل این‌که فعالیت متابولیکی مناسب میکروارگانیسم‌های شکمبه در پتانسیل ردوکس پایین (شرایط احیاء) انجام می‌شود و ورود اکسیژن به داخل شکمبه با افزایش پتانسیل ردوکس، فعالیت‌های میکروبی را مختل می‌کند، از این رو حضور بیوچارها در شکمبه به‌دلیل خاصیت احیاکنندگی باعث پایداری محیط شکمبه در برابر تغییرات ردوکس می‌شوند (Husson، ۲۰۱۳). ظرفیت تبادل کاتیون بالای بیوچارها، علاوه بر بالا نگه داشتن طولانی مدت pH شکمبه و جذب یون‌های هیدروژن، محیط شکمبه را برای رشد و توسعه میکروبی فراهم می‌کنند، نقش مهمی در چسبیدن باکتری‌ها به سطح بیوچار و تشکیل و توسعه بیوفیلم میکروبی دارند، به‌طوری که بیان شده است آن دسته از سلول‌های گیاهی که ظرفیت تبادل کاتیون بالایی دارند به‌علت بیشتر بودن بار منفی سطح سلول، عناصر دو بار مثبت را جذب می‌کنند و سبب جلب و جذب باکتری‌های گرم منفی می‌شوند در نتیجه غلظت و تمرکز آنزیم باکتری‌ها بر روی ذرات خوراک افزایش می‌یابد که تجزیه بیشتر ذرات خوراک را در پی دارد (Kappler و همکاران، ۲۰۱۴).

محققان دریافتند افزایش pH محیط انکوباسیون با افزودن بیوچار به جیره‌های آزمایشی، محیط را برای فعالیت و رشد باکتری‌های تجزیه کننده کربوهیدرات‌های ساختمانی فراهم می‌کند و سبب افزایش مقدار اسید استیک محیط انکوباسیون می‌شود (Michalet-Doreau و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین بیان شده است ارتباط معنی‌داری بین فعالیت باکتری‌های تجزیه کننده کربوهیدرات‌های ساختمانی با سهم استات و بوتیرات تولید شده در شکمبه وجود داشت (Michalet-Doreau و همکاران، ۲۰۰۲). در دستگاه گوارش، انبوهی از بخش‌های فعال ردوکس، که بر روی سطوح ذرات بیوچار جذب شده‌اند، می‌توانند به عنوان

چرخ ردوکس با میکروارگانیسم‌های مختلف عمل کنند. در نتیجه وقتی بیوچار الکترون‌ها را در مجاورت گروه‌های سطح فعال ردوکس بافر می‌کند، ممکن است زیستگاه‌های پایداری با pH متفاوت برای گونه‌های مختلف میکروارگانیسم‌ها فراهم کند (Yu و همکاران، ۲۰۱۵).

جدول (٦) فراسنجه‌های تخمیری شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

فراسنجه‌ها	جیره‌های آزمایشی[1]					انحراف استاندارد میانگین ها	سطح معنی‌داری
	جیره پایه	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۱۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه خوراک آغازین	جیره پایه+۲۰ گرم بیوچار معدنی به‌همراه شیر		
pH	۶/۰۴^{b}	۵/۸۸^{b}	۶/۰۱^{b}	۶/۴۵^{a}	۵/۹۲^{b}	۰/۱۱	<۰/۰۰۰۱
نیتروژن آمونیاکی (mg/dl)	۶/۳۶	۷/۵۰	۶/۶۵	۸/۱۵	۶/۹۰	۰/۶۴	۰/۰۶۲۵

[a,b] حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از بیوچار معدنی در تغذیه شیر و خوراک آغازین گوساله-های شیرخوار نشان داد که بر روی خوش خوراکی مصرف ماده خشک بی‌تأثیر بود اما مصرف ۲۰ گرم از آن در خوراک آغازین باعث افزایش وزن روزانه و میانگین ضریب تبدیل غذایی شد. بالاترین مقدار گلوکز، آلبومین خون و pH شکمبه مربوط به گوساله‌های تغذیه شده با ۲۰ گرم بیوچار در خوراک آغازین بود و همچنین بیشترین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی را گوساله‌های مصرف کننده ۱۰ و ۲۰ گرم بیوچار در خوراک آغازین داشتند. در نتیجه استفاده از این نوع بیوچارمعدنی در خوراک آغازین بهتر از شیر و بهترین سطح آن ۲۰ گرم بیوچار در خوراک آغازین بود.

منابع

Ahmadi, F., Afsharmanesh. M. and Salarmoini, M. (2021). Effects of biochar with vitamin c as replacement of dietary mineral supplements on performance and egg shell quality of laying hens. *Iranian journal of animal science research*. 14(3): 399-412.

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

Azimzadeh, A., Asadi, A., al-Mutati, A., Khadem, A. and Moradi, M.J. (2015). Effects of feeding a synbiotic additive on the growth and health performance of Holstein calves. *Animal Production Research*. 12:113-105.

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.

Bomba, A., Nemcova, R., Mudronova, D. and Guba, P. (2002). The possibilities of potentiating the fficacy of probiotics. *Trends in Food Science*. 13: 121-126.

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.

Chu, G.M., Jung, C.K., Kim, H.Y., Ha, J.H., Kim, J.H., Jung, M.S. et al. (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.

Han, J., Zhang, F., Du, L., Han, X., Chen, W. and Meng, J. (2014). Effects of dietary biochar including vinegar liquid on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas emission in weaned piglets. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 13(18): 1072-1079.

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

Huang, P., Ge, C., Feng, D., Yu, H., Luo, J., Li, J. and Wang, H. (2018). Effects of metal ions and pH on ofloxacin sorption to cassava residue derived biochar. *Science of the Total Environment*. 616: 1384-1391.

Husson, O. (2013). Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: A transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. *Journal of Plant Soil*. 362: 389–417.

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.

Kappler, A., Wuestner, M. L., Ruecker, A., Harter, J., Halama, M. and Behrens, S. (2014). Biochar as an electron shuttle between bacteria and Fe (III) minerals. *Environmental Science and Technology Letters*. 1(8): 339-344.

Kashef, M., Afsharmanesh. M. and Salarmoini, M. (2021). Effect of the substitution of different levels of biochar with mineral premix in diet on growth performance variables, meat quality and bone ash of broiler. *Iranian journal of animal science research*. 13(4):537-549.

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

Lehmann, J. Gaunt, J. and Rondon, M. (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystems–a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 11(2): 403-427.

Leng, R., Inthapanya, S. and Preston, T. (2013). All biochars are not equal in lowering methane production in in vitro rumen incubations. *Livest. Res. Rural Dev*. 12: 1- 12.

Leng, R.A., Preston, T.R. 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. *Journal of Livestock Research for Rural Development*. 24: 199-211.

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. (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.

SAS. (2005). SAS User's Guide. SAS Institute Inc. Version 9.1. Cary, NC, USA.

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. Cornel University Press, Ithaca, New York. pp: 374.

Yu, L., Yuan, Y., Tang, J., Wang, Y. and Zhou, S. (2015). Biochar as an electron shuttle for reductive dechlorination of pentachlorophenol by Geobacter sulfurreducens, *Scientific Reports*. 5(1): 1-10.

Zhang, A., Liu, Y., Pan, G., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J. and Zhang, X. (2012). Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. *Plant And Soil*. 351(1): 263-275.