تولیدات دامی
دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۲۵۸-۲۴۹

اثر مقایسه‌ای جاذب‌های سموم بر جذب مواد معدنی کم‌مصرف در شرایط آزمایشگاهی و غلظت سرمی آن‌ها در بره بلوچی

رعنا دلکش طالشمکائیل[۱]، محمدحسن فتحی نسری[۲*]، همایون فرهنگ‌فر[۲]، محسن مجتهدی[۳]
۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر بنتونیت، کائولن و کربن فعال بر جذب مس، آهن و منگنز به روش‌های برون‌تنی و درون‌تنی در بره بلوچی بود. در آزمایش برون‌تنی، اثر جاذب بر جذب مواد معدنی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با محلول‌های استاندارد مس، آهن و منگنز با غلظت‌های به‌ترتیب هفت، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر، چهار سطح جاذب‌ها (بدون جاذب، ۱۰، ۲۰ و ٤٠ گرم‌درلیتر) و سه pH ۵/۵، ٦/٤ و ۷/۵ و به‌مدت ٦٠ دقیقه انکوباسیون بررسی شدند. در آزمایش درون‌تنی، اثر افزودن بنتونیت، کائولن و کربن فعال در سطوح صفر (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ گرم‌درکیلوگرم به خوراک با استفاده از ۳٦ رأس بره پرواری در سن ۷-٦ ماهگی، به‌مدت ۹۰ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. مصرف خوراک، افزایش وزن و غلظت مس، آهن و منگنز خون و پشم در روزهای صفر، ٤۵ و ۹۰ آزمایش اندازه‌گیری شد. در آزمایش برون‌تنی، کربن فعال بیش‌ترین و کائولن کم‌ترین جذب عناصر معدنی را با افزایش جاذب و pH داشتند (P<۰/۰۵). در آزمایش درون‌تنی، اثر تیمارها بر مصرف خوراک، وزن بدن، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک و مقدار آهن پشم و خون معنی‌دار نبود. مقدار مس و منگنز خون و پشم در بره‌های تغذیه‌شده با جاذب کم‌تر از تیمار شاهد بود (P<۰/۰۵). به‌طورکلی، استفاده از جاذب‌ها به‌خصوص کربن فعال در غلظت پایین باعث جذب کم‌تر مواد معدنی می‌شود. هم‌چنین، از روش آزمایشگاهی می‌توان برای انتخاب جاذب بدون انجام آزمایش‌های حیوانی استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: افزودنی‌های خوراک، پشم، جذب، ریزمغذی، زیست‌فراهمی.

Comparative effect of toxin binders on in vitro trace minerals absorption and their serum concentration in Baluchi lamb

Rana Delkash Taleshmekail[1], Mohammad Hassan Fathi[2*], Homayoun Farhangfar[2], Mohsen Mojtahedi[3]
1. Ph.D. Candidate, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2. Professor, Deartment of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
3. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
Received: September 25, 2019 Accepted: February 2, 2020

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of bentonite, kaolin and activated carbon on the absorption of Cu, Fe and Mn by in vitro and in vivo methods in Baluchi lambs. In vitro experiment, the binders effect on the minerals absorption was investigated in a completely randomized design with factor arrangement with standard solutions of Cu, Fe and Mn with concentrations of 7, 20 and 30 mg/l, respectively, four levels of binders (no binders, 10, 20 and 40 g/l) and three pHs 5.5, 6.4 and 7.5 and incubation for 60 min. In vivo experiment, bentonite, kaolin and activated carbon including 0, 10 and 20 g/kg DM were added to diet of 36 fattening lambs (6-7 months) for 90d in a completely randomized design. Feed intake, weight gain and blood and wool concentration of Cu, Fe and Mn were measured on 0, 45 and 90d. In vitro experiment, activated carbon had the highest and kaolin had the lowest mineral absorption by increasing binders levels and pH (P<0.05). In vivo experiment, the effect of treatments on feed intake, body weight, weight gain, feed conversion ratio and blood and wool concentration of Fe were not significant.The concentration of Cu and Mn in the blood and wool in lambs fed with binder were lower than control treatment (P<0.05). In general, the use of binders, especially activated carbon at low concentrations, causes less absorption of minerals. In vitro methods can be used to select binders instead of animal experiments.

Keywords: Asorption, Bioavailability, Feed additives, Micronutrients, Wool.

* نویسنده مسئول Email: hfathi@birjand.ac.ir

مقدمه

یکی از روش‌های رایج و ارزان در کاهش اثرات منفی سموم قارچی یا جلوگیری از ورود این سموم در شیر و محصولات دامی، استفاده از مواد جاذب غیرمغذی نظیر بنتونیت، کائولن و کربن فعال در خوراک می‌باشد [۱۳]. ترکیبات جاذب، ترکیباتی با وزن مولکولی بالا هستند که می‌توانند سموم قارچی موجود در دستگاه گوارش را به خود جذب نموده و به‌صورت کمپلکس سم- جاذب از طریق مدفوع دفع کنند و درنتیجه موجب کاهش تجمع این سموم در بافت‌های حیوان شوند [٦]. سطح مصرف این ترکیبات بسته به نوع جاذب مورداستفاده و گونه حیوانی (ماکیان، خوک‌سانان، بره‌ها، گاوهای شیری و بزهای شیری) بین ۵-۲ درصد جیره گزارش شده است [۷]. خصوصیات ویژه جاذب‌های سموم از قبیل آب‌گیری، تورم و افزایش حجم با جذب آب، ویسکوزیته و ظرفیت بالای تبادل یونی و باندشدن با کاتیون‌های مختلف، پایداری در برابر مواد شیمیایی، فرایندهای حرارتی و فیزیکی، عدم نیاز به بازیافت و توزیع فراوان در جهان آن را به ماده با ارزشی برای محدوده وسیعی از کاربردهای صنعتی و سیستم‌های پرورشی و مزرعه‌ای تبدیل کرده است [۱۳]. این ترکیبات به‌دلیل باردار‌بودن، ساختارهایی قطبی دارند که در جهت خنثی‌نمودن بار الکتریکی خود با عناصر باردار اتصال ایجاد کرده و آن‌ها را از دسترس بدن خارج می‌کنند [۸]. ماهیت بسیار چسبنده ترکیب جاذب معدنی باعث جذب آب بیش‌تر و مقاومت در برابر جریان هضم از دستگاه گوارش می‌شود که می‌تواند مصرف خوراک و درنتیجه میزان دریافت مواد مغذی موردنیاز نشخوارکنندگان را تحت تأثیر قرار دهد [۷]. بررسی‌ها نشان داد که با افزایش مقدار جاذب در جیره، درصد جذب نیز زیاد می‌شود، زیرا تعداد مکان‌های فعال جذب روی جاذب که می‌تواند در اختیار فلز قرار گیرد، افزایش می‌یابد [۸].

گزارش شده است که استفاده از پنج درصد جاذب بنتونیت در جیره غذایی بره پرواری عناصر روی، مس، آهن و منگنز را جذب نموده و موجب کاهش قابلیت دسترسی آن‌ها در دستگاه گوارش حیوان می‌شود، ولی بر مصرف خوراک و بازده آن تأثیری ندارد [۱۱]. افزودن کربن فعال به محیط آبی موجب جذب مس، آهن و منگنز و حذف این عناصر از محیط آبی می‌شود [۲، ۱۰ و ۱۷]. افزودن کائولن به محیط آبی دارای یون‌های مس، روی، آهن، منگنز و منیزیم سبب جذب این یون‌های فلزی در pH قلیایی می‌شود [١٦]. به‌طورکلی، جاذب‌ها باید دارای قابلیت اتصال بالا با سموم و ایجاد ایمنی طولانی‌مدت در بدن، توانایی جذب فلزات سمی و سنگین و دیگر آلاینده-های خطرناک و عدم تداخل در جذب ریزمغذی‌های بدن داشته باشند [۲۰].

ریزمغذی‌ها یا عناصر کمیاب در تمام بافت‌ها و مایعات بدن حضور دارند و برای حفظ فرایندهای فیزیکی و شیمیایی اندام‌ها ازجمله حفظ تعادل اسید- باز مایعات بدن، حمل گازها و انقباض عضلات ضروری می‌باشند. مشخص شده است که عناصر مس، آهن و منگنز بیش‌تر از عناصر دیگر در عملکرد فیزیولوژیکی حیوان نقش دارند [۱۹]. مس در تشکیل هموگلوبین، عملکرد آنزیم‌ها و رنگ‌دانه‌ها نقش دارد و کمبود آن موجب کم‌خونی، رشد ضعیف، ناهنجاری‌های اسکلتی، ناباروری، ضایعات مغزی و نخاعی و تغییر رنگ مو می‌شود. آهن برای عملکرد پروتئین و آنزیم و هموگلوبین خون حیاتی است و کمبود آن باعث کم‌خونی می‌شود. منگنز در فعال‌سازی آنزیم‌های بدن نقش دارد و کمبود آن باعث اختلالات اسکلتی و لنگش کاهش باروری و کاهش فعالیت تعدادی از آنزیم‌ها در بافت‌ها می‌شود [۱۲].

باوجود استفاده گسترده از جاذب‌های سموم نظیر بنتونیت، کائولن و کربن فعال در جیره نشخوارکنندگان،

تأثیر آن‌ها بر جذب عناصر معدنی در دستگاه گوارش، کم‌تر مطالعه شده است. بنابراین مطالعه در این خصوص با توجه به اهمیت ریزمغذی‌ها در تولید و سلامت دام‌ها، ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال بر قابلیت زیست‌فراهمی عناصر مس، آهن و منگنز به‌عنوان عناصری بااهمیت در بره پرواری در شرایط برون‌تنی و درون‌تنی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش برون‌تنی. محلول استاندارد عناصر مس، منگنز و آهن با غلظت‌های به‌ترتیب هفت، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر، با توجه به غلظت آن‌ها در جیره بره‌های پرواری تهیه شد. از نمک این عناصر که به‌طور معمول در جیره وجود دارند و یا به‌عنوان مکمل مواد معدنی به جیره غذایی افزوده می‌شوند، استفاده شد. در هنگام شروع آزمایش، pH محلول استاندارد عنصر را با توجه به این‌که pH قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش و محدوده pH جذب عناصر معدنی متفاوت است، برابر با ۵/۵ (pH شکمبه)، ٦/٤ (pH جذب عناصر مس، آهن و منگنز) و ۷/۵ (pH روده کوچک) در نظر گرفته شد. برای تنظیم pH محلول از اسید کلریدریک ۰/۰۱ مولار و هیدروکسید سدیم ۰/۰۱ مولار استفاده شد. بعد از تنظیم pH، بلافاصله ترکیبات جاذب شامل بنتونیت، کائولن و کربن فعال در ۳ سطح ۱۰، ۲۰ و ٤۰ گرم در لیتر به محلول استاندارد عناصر معدنی اضافه شد و با استفاده از تکان‌دهنده (۲۰۰ دور در دقیقه) به‌مدت ٦۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار گرفت و ۳۰ دقیقه برای ته‌نشینی ذرات جاذب به محلول‌ها زمان داده شد. در پایان محلول‌ها صاف شدند. غلظت عناصر مس، آهن و منگنز در محلول نهایی به‌وسیله دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (مدل ContrAA 700، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد [١٤]. درصد جذب عناصر معدنی با استفاده از رابطه۱ محاسبه شد.

$$R = (C0 - Ce)/C0 \times 100$$ رابطه ۱)

که در این رابطه، R، درصد جذب عنصر؛ C_0، غلظت اولیه و C_e، غلظت نهایی عنصر معدنی است.

آزمایش درون‌تنی. تعداد ۳٦ رأس بره نر نژاد بلوچی با میانگین وزن ۲±۲۹ کیلوگرم در سن شش تا هفت ماهگی انتخاب و به‌طور تصادفی در قفس‌های انفرادی توزیع شدند. پیش از شروع دوره پرواربندی، کلیه اعمال بهداشتی و مدیریتی نظیر واکسیناسیون و خوراندن قرص‌های ضدانگل انجام شد و جیره پرواری حاوی ٤۰ درصد علوفه و ٦۰ درصد کنسانتره با نرم‌افزار SRNS (The Small Ruminant Nutrition System) گوسفند (نسخه یک،CNCPS Sheep version1 تنظیم شد (جدول ۱). مقدار جاذب برای افزودن به جیره غذایی بره‌های پرواری، ۱۰ و ۲۰ گرم در کیلوگرم در نظر گرفته شد.

طول دوره آزمایش شامل یک دوره ۱۰ روزه عادت‌پذیری و ۹۰ روز نمونه‌گیری بود. خوراک‌دهی بره‌ها به‌صورت کاملاً مخلوط و در حد اشتها در دو نوبت در ساعات هشت صبح و شش عصر انجام شد، به‌صورتی‌که پنج تا ده درصد از خوراک توزین‌شده در آخور باقی ماند. حیوانات به‌صورت آزاد به آب دسترسی داشتند. خوراک مصرفی به‌صورت روزانه و وزن بره‌ها به‌صورت هفتگی در طول دوره آزمایش اندازه‌گیری شد. در روزهای صفر، ٤۵ و ۹۰ دوره آزمایش، چهار ساعت بعد از خوراک‌دهی وعده صبح، از بره‌ها از طریق سیاهرگ وداج گردنی خون‌گیری شد. نمونه‌های خون به‌مدت ۱۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ شدند و سرم حاصله تا زمان تجزیه بیوشیمیایی درون فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. غلظت مواد معدنی مس، آهن و منگنز در سرم خون به‌وسیله دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (مدل ContrAA 700، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. ترکیب و مواد مغذی جیره پایه مورداستفاده در آزمایش (براساس ماده خشک)

ماده خوراکی	درصد	ترکیبات شیمیایی	
یونجه خشک	۳۵	ماده خشک (درصد)	۹٤/۲
کاه گندم	۵	انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری بر کیلوگرم)	۲/٤۸
دانه جو	٤۲/٤	پروتئین خام (درصد ماده خشک)	۱٤/٤
سبوس گندم	۹	کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد ماده خشک)	٤٤/۲
کنجاله سویا	۷/۵	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	۳۳/۳
نمک	۰/۳	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	۷/۵
بیکربنات سدیم	۰/۳	عصاره اتری (درصد ماده خشک)	۲/۵
مکمل ویتامینی*	۰/۵	کلسیم (درصد ماده خشک)	۰/۷٦
		فسفر (درصد ماده خشک)	۰/۳٦
		منیزیم (درصد ماده خشک)	۰/۲۸
		مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)	٤۱۵۲/۵
		آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)	۳۰۳۱۵/۸
کل	۱۰۰	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)	٤۱۵۲/۵

* ترکیب مکمل ویتامینی ٦۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم رتینول، ۲۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم کوله‌کلسی‌فرول و ۲۵۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم توکوفرول.

به‌منظور اندازه‌گیری غلظت مواد معدنی پشم، مقدار ۲۰ گرم نمونه‌های پشم از هر دو پهلوی حیوان در روزهای صفر، ٤۵ و ۹۰ دوره آزمایش، جمع‌آوری و به‌صورت جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی‌شده و تا زمان تجزیه در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای این منظور ابتدا نمونه‌ها در داخل بطری پلی‌اتیلن ۲۵۰ میلی‌لیتری با استون و آب دیونیزه سه بار شسته و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲٤ ساعت خشک شدند. سپس مواد معدنی پشم به‌روش هضم ماکروویو اندازه‌گیری شد. برای تکمیل فرایند هضم، ۰/٤ گرم پشم در یک محلول حاوی نیتریک اسید و پراکسید هیدروژن با نسبت دو به یک به‌مدت هشت دقیقه در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد در ماکروویو قرار گرفت. سپس، غلظت عناصر مس، آهن و منگنز موجود در محلول به‌وسیله طیف‌سنج جذب اتمی (مدل ContrAA 700، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد [٤].

اجزای تشکیل‌دهنده جاذب‌ها با استفاده از دستگاه XRF (مدل PW1410، ساخت هلند) در مرکز پژوهش متالورژی مؤسسه رازی اندازه‌گیری شد (جدول ۲). در جاذب بنتونیت درصد سدیم نسبت به کلسیم بالاتر بود، درنتیجه نوع بنتونیت استفاده‌شده در آزمایش، بنتونیت سدیم بود.

داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش های برون‌تنی و درون‌تنی توسط نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۲) نسخه ۹/۱ به ترتیب برای مدل های (۱) و (۲) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی کرامر در سطح خطا کم‌تر از پنج درصد مقایسه شدند.

رابطه (۲) $Y_{ijk} = \mu + A_i + pH_j + (ApH)_{ij} + e_{ijk}$

رابطه (۳) $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$

در این روابط Y_{ij}، مقدار هر مشاهده؛ μ، میانگین کل؛ A_i، اثر سطوح جاذب؛ pH_j، اثر pH؛ $(ApH)_{ij}$، اثر متقابل بین ترکیب جاذب و pH؛ T_i، اثر تیمار و e_{ijk}، اثر خطای آزمایش است.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی (اکسیدهای اصلی) تشکیل‌دهنده جاذب‌های مورداستفاده در آزمایش براساس آنالیز XRF (درصد)

جاذب	سلیسیم	آلومینیوم	منیزیم	فسفر	گوگرد	کلر	پتاسیم	کلسیم	سدیم	تیتانیوم	منگنز	آهن
بنتونیت	٦٣/٥٦	١١/٤٨	١/٨١	٠/٠٥	١/١٥	–	٠/٨٧	١/٢٥	١/٨١	٠/٠٦	–	١/١٧
کائولن	٥١/١٥	٢٧/٦٥	٠/٤٥	٠/٢١	٠/٦٢	–	١/٤١	١/٣٧	٢/٣٣	٠/٦٥	–	٠/٧٨
کربن فعال	٢/٣٩	٠/٢٧	١/٩٣	٠/٤٠	٠/٠٨١	٠/٠٧٥	٠/٨٦	٢/٣٥	–	٠/١٧	٠/٠٤	١/٣١

نتایج و بحث

میزان جذب عناصر مس، آهن و منگنز با افزایش میزان جاذب (صرف‌نظر از نوع جاذب) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<٠/٠٥؛ جدول ٣). در همین رابطه گزارش شده است که ظرفیت جذب سطحی کل جاذب به مساحت سطح کل آن بستگی دارد؛ بنابراین افزایش میزان جذب به‌علت افزایش سطح جاذب و به‌دنبال آن افزایش جایگاه‌های فعالی است که توانایی جذب یون‌های فلزی و جداسازی آن را دارا هستند [٢٣].

بررسی اثر pH نشان داد که صرف‌نظر از نوع جاذب، قابلیت جذب یون‌های مس، آهن و منگنز با افزایش pH به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<٠/٠٥؛ جدول٤). به‌طوری‌که بالاترین میزان جذب در pH برابر ٧/٥ (pH روده) مشاهده شد. pH محیط واکنش، یک عامل مهم در فرایند جذب است، زیرا بر حلالیت یون‌های فلزی و بار سطحی جاذب تأثیر می‌گذارد. pH مناسب برای جذب یون هر فلزی به دو عامل خواص شیمیایی فلز در محلول و وضعیت یونیزاسیون گروه‌های عاملی که محل اتصال را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بستگی دارد [٣]. این نتایج با نتایج مطالعاتی که در رابطه با جذب مس، آهن و منگنز توسط جاذب‌های مختلف انجام شده است، هم‌خوانی دارد [١٥، ٥].

حداکثر جذب جذب مس، آهن و منگنز توسط کائولن، در pHهای بالا گزارش شده است [١٦]. در مطالعه‌ای، درصد جذب منگنز و آهن توسط کربن به‌ترتیب از ٢٦/٤ و ٩٩/٠٢ درصد در pH برابر ٥ به ٧٩/٠٥ و ٩٩/٤٤ درصد در pH بالای هفت رسید [١٠]. برخلاف نتایج پژوهش‌های حاضر، در مطالعات انجام‌شده درخصوص جذب مس توسط کربن فعال [١] و بنتونیت [٩] حداکثر جذب در pHهای بسیار اسیدی اتفاق افتاده است. به‌طورکلی، در pHهای قلیایی، سطح جاذب بار منفی دارد، بنابراین جذب یون‌هایی که دارای بار مثبت است سبب افزایش نیروی جذب الکترواستاتیک بین یون‌های فلزی و سطح ماده جاذب می‌شود. به‌عبارتی دیگر، با افزایش pH به‌دلیل افزایش تعداد مکان‌های بار منفی، رقابت بین پروتون و یون فلزی برای مکان‌های جذب کاهش و جذب یون‌های فلزی افزایش می‌یابد. از طرف دیگر وجود اکسیدهای معدنی در این جاذب‌ها تمایل جاذب‌ها را برای جذب یون‌های فلزی را می‌توانند با قرار گرفتن در آب و ایجاد گروه‌های عاملی H^+ و OH^- در سطح جاذب تغییر دهند [٢٤].

اثر متقابل pH و سطح جاذب بر میزان جذب مس، آهن و منگنز توسط جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال در جدول (٥) نشان داده شده است. در سطوح مختلف جاذب با افزایش pH، ظرفیت جذب یون‌های فلزی افزایش یافت و تنها جذب مس در سطوح مختلف کربن فعال با افزایش pH، کاهش یافت (P<٠/٠٥). درنتیجه، جاذب‌های سموم موردمطالعه می‌توانند مواد معدنی را جذب و حذف نمایند.

جدول ۳. اثرات اصلی سطح جاذب بر جذب عناصر معدنی توسط جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال در شرایط برون‌تنی (درصد)

جاذب / اثرات سطح	عنصر	S_1	S_2	S_3	SEM	P-value
بنتونیت	مس	۸۱/۵۲^{b}	۸۳/۸۶^{a}	۸۳/۹۵^{a}	۱/۷۹	۰/۰۱
	آهن	۸۹/۸۳^{b}	۹۱/۸۲^{a}	۹۲/۵۹^{a}	۱/۷۶	۰/۰۱
	منگنز	۵۵/۰۲^{b}	۵۶/۴۴^{b}	۵۹/۲۱^{a}	۱/۷۴	۰/۰۱
کائولن	مس	۶۰/۳۷^{b}	۶۲/۵۱^{a}	۶۲/۶۰^{a}	۲/۶۲	۰/۰۱
	آهن	۷۹/۰۴^{b}	۸۰/۲۲^{a}	۸۰/۶۸^{a}	۰/۳۴	۰/۰۱
	منگنز	۴۱/۸۹^{b}	۴۷/۲۹^{a}	۴۸/۴۶^{a}	۲/۸۶	۰/۰۱
کربن فعال	مس	۴۸/۰۳^{c}	۵۳/۳۰^{b}	۵۷/۹۷^{a}	۲/۹۸	۰/۰۱
	آهن	۹۴/۷۸^{b}	۹۵/۷۳^{ab}	۹۵/۸۵^{a}	۰/۷۷	۰/۰۱
	منگنز	۹۳/۲۱^{c}	۹۵/۰۹^{b}	۹۶/۹۴^{a}	۰/۴۴	۰/۰۱

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)؛ **SEM:** خطای استاندارد میانگین‌ها.

S_1، S_2 و S_3: سطح جاذب به‌ترتیب به میزان ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر.

جدول ٤. اثرات اصلی pH بر جذب عناصر معدنی توسط جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال در شرایط برون‌تنی (درصد)

جاذب / اثرات pH	عنصر	pH_1	pH_2	pH_3	SEM	P-value
بنتونیت	مس	۷۲/۵۴^{c}	۸۵/۰۵^{b}	۹۱/۷۴^{a}	۱/۷۹	۰/۰۱
	آهن	۸۶/۴۴^{c}	۹۲/۴۲^{b}	۹۵/۳۷^{a}	۱/۷۶	۰/۰۱
	منگنز	۴۷/۲۲^{c}	۵۰/۸۰^{b}	۷۲/۶۵^{a}	۱/۷۴	۰/۰۱
کائولن	مس	۳۰/۸۰^{c}	۷۰/۱۳^{b}	۸۴/۵۶^{a}	۲/۶۲	۰/۰۱
	آهن	۶۰/۹۳^{c}	۸۶/۱۸^{b}	۹۲/۸۴^{a}	۰/۳۴	۰/۰۱
	منگنز	۳۱/۷۹^{c}	۴۳/۰۷^{b}	۶۲/۷۷^{a}	۲/۸۶	۰/۰۱
کربن فعال	مس	۳۲/۰۳^{c}	۴۹/۹۵^{b}	۷۷/۳۲^{c}	۲/۹۸	۰/۰۱
	آهن	۹۰/۷۰^{c}	۹۵/۹۳^{b}	۹۹/۷۲^{a}	۰/۷۷	۰/۰۱
	منگنز	۹۰/۹۴^{c}	۹۵/۷۸^{b}	۹۸/۵۲^{a}	۰/۴۴	۰/۰۱

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)؛ **SEM:** خطای استاندارد میانگین‌ها؛ pH_1، pH_2 وpH_3: مقدار pH به‌ترتیب ۵/۵، ٦/٤ و ۷.

جدول ۵. اثر متقابل pH و مقدار جاذب بر جذب عناصر معدنی توسط جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال در برون‌تنی

جاذب	عنصر	تیمارهای آزمایشی									SEM	P-value
		S_1			S_2			S_3				
		pH_1	pH_2	pH_3	pH_1	pH_2	pH_3	pH_1	pH_2	pH_3		
	مس	۷۰/۰۷^{d}	۸۳/۶۴^{b}	۹۰/۸۶^{a}	۷۳/۶۰^{cd}	۸۵/۸۲^{b}	۹۲/۱۷^{a}	۷۳/۹۵^{c}	۸۵/۷۰^{b}	۹۲/۲۰^{a}	۱/۳۲	<۰/۰۱
بنتونیت	آهن	۸۳/۹۹^{d}	۹۰/۸۲^{bc}	۹۴/۶۸^{a}	۸۷/۲۸^{cd}	۹۲/۶۲^{ab}	۹۵/۵۶^{a}	۸۸/۰۶^{c}	۹۳/۸۴^{ab}	۹۵/۸۶^{a}	۱/۳۴	<۰/۰۱
	منگنز	۴۶/۵۴^{c}	۴۷/۳۳^{c}	۷۱/۱۹^{a}	۴۶/۷۶^{c}	۵۰/۲۶^{c}	۷۲/۳۱^{a}	۴۸/۳۶^{c}	۵۴/۸۱^{b}	۷۴/۴۵^{a}	۱/۳۳	<۰/۰۱
کائولن	مس	۲۸/۰۱^{c}	۶۹/۱۵^{b}	۸۳/۸۵^{a}	۳۲/۱۳^{c}	۷۰/۵۲^{b}	۸۴/۸۸^{a}	۳۲/۱۶^{c}	۷۰/۷۰^{b}	۸۴/۹۳^{a}	۱/۳۰	<۰/۰۱
	آهن	۵۸/۹۱^{d}	۸۵/۹۰^{b}	۹۲/۳۳^{a}	۶۱/۴۸^{c}	۸۶/۱۵^{b}	۹۳/۰۳^{a}	۶۲/۴۰^{c}	۸۶/۴۸^{b}	۹۳/۱۶^{a}	۰/۳۴	<۰/۰۱
	منگنز	۲۶/۲۳^{f}	۴۰/۹۷^{cd}	۵۸/۴۸^{b}	۳۳/۴۸^{e}	۴۳/۵۵^{c}	۶۴/۸۴^{a}	۳۵/۶۸^{de}	۴۴/۷۰^{c}	۶۵/۰۰^{a}	۱/۲۷	<۰/۰۱
	مس	۷۰/۶۹^{b}	۴۵/۳۲^{d}	۲۸/۱۸^{f}	۷۹/۰۰^{a}	۴۷/۰۱^{d}	۳۳/۹۱^{e}	۸۲/۲۸^{a}	۵۷/۵۲^{c}	۳۴/۰۹^{e}	۰/۸۲	<۰/۰۱
کربن فعال	آهن	۸۹/۰۲^{d}	۹۵/۹۲^{b}	۹۴/۰۴^{ef}	۹۱/۳۵^{cd}	۹۵/۹۵^{b}	۹۹/۸۷^{a}	۹۱/۷۲^{c}	۹۵/۹۳^{ab}	۹۹/۹۰^{a}	۰/۵۰	<۰/۰۱
	منگنز	۸۹/۰۹^{d}	۹۴/۰۴^{ef}	۹۶/۴۹^{cd}	۹۰/۵۴^{d}	۹۵/۵۲^{de}	۹۹/۱۹^{ab}	۹۳/۱۸^{f}	۹۷/۷۷^{cb}	۹۹/۸۸^{a}	۰/۳۸	<۰/۰۱

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)؛ **SEM:** خطای استاندارد میانگین‌ها.

S_1، S_2 و S_3: سطح جاذب به‌ترتیب به میزان ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر. pH_1، pH_2 وpH_3: مقدار pH به‌ترتیب ۵/۵، ٦/٤ و ۷.

اثر افزودن سطوح مختلف جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال به جیره غذایی بر عملکرد رشد بره‌های پرواری بر عملکرد رشد بره‌های پرواری در جدول (٦) گزارش شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که افزودن جاذب‌ها بر وزن نهایی، میانگین افزایش وزن روزانه و میانگین مصرف ماده خشک بره‌ها اثر معنی‌داری نداشته است. هرچند به لحاظ عددی افزایش وزن روزانه مربوط به گروه شاهد بالاتر از بقیه تیمارها بود (۰/۲۲۹ کیلوگرم در روز).

در بیش‌تر مطالعاتی که انجام شده است افزودن جاذب‌های سموم به جیره غذایی حیوانات تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد آن‌ها نداشته است. افزودن پنج گرم در کیلوگرم بنتونیت به جیره غذایی بره، تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک نداشت [۱۱]. تغذیه بنتونیت سدیم یا کربن فعال در سطح ۲۰ گرم در کیلوگرم جیره غذایی بزها به‌مدت ۱۰۰ روز، اثر منفی بر مصرف خوراک و سرعت رشد نداشت [۲۲]. استفاده از پنج درصد کربن فعال در جیره غذایی گوساله پرواری اثر معنی‌داری بر افزایش وزن، مصرف ماده خشک و قابلیت هضم خوراک نداشت [۲۳]. بااین‌حال، برخی از مطالعات افزایش وزن بدن و بهبود ضریب تبدیل خوراک در حیوانات تغذیه‌شده با جیره غذایی حاوی جاذب‌های معدنی را گزارش کرده‌اند [۲۱ و ۲٤].

به‌طورمعمول اثر جاذب‌های سموم بر عملکرد و رشد حیوانات مزرعه‌ای بستگی به نوع جاذب، کیفیت و ساختار فیزیکوشیمیایی، خلوص و میزان استفاده از این جاذب‌ها در جیره غذایی و سن حیوانات دارد [۲۱].

نتایج مربوط به اثر جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال بر غلظت عناصر معدنی مس، آهن و منگنز خون و پشم بره‌های پرواری در جدول (۷) ارائه شده است. اثر جاذب‌ها بر جذب عناصر معدنی مس و منگنز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). در حالی است که غلظت آهن خون تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. در مقایسه با پژوهش‌های برون‌تنی، گزارش‌های کم‌تری در خصوص اثر جاذب‌های سموم قارچی بر جذب عناصر معدنی بدن در دسترس می‌باشد. ارزیابی وضعیت مواد معدنی دام از طریق جمع‌آوری نمونه‌های خون یا بافت برای تجزیه و تحلیل مواد معدنی اغلب روشی پیچیده و پرهزینه و غیرعملی است. در طول رشد پشم، ریشه پشم یک عضو فعال به لحاظ متابولیسم است که به‌شدت تحت تأثیر وضعیت سلامت دام قرار دارد، بنابراین به‌عنوان یک نشانگر زیست‌محیطی مناسب در ارزیابی وضعیت آلودگی محیط‌زیست، خاک، آب‌وهوا حتی بهتر از خون، ادرار یا شیر است [۳].

جدول ٦. اثر افزودن سطوح مختلف جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال به جیره غذایی بر عملکرد رشد بره‌های پرواری

صفت	تیمارهای آزمایشی						SEM	P-value
	شاهد	B_1	B_2	K_1	K_2	AC_1	AC_2		
وزن اولیه (کیلوگرم)	۲۸/٦۷	۲۸/٦۹	۲۹/۱۹	۲۸/۵	۲۹/۳	۲۸/۵	۲۹/۲۲	۱/۵۲	۰/۲۵
وزن نهایی (کیلوگرم)	۵۱/۵۷	۵۰/۷۷	۵۰/۱۸	٤۹/۱۱	٤۹/۳۷	۵۰/۱۳	٤۹/۹	۲/۳	۰/۳۲
افزایش وزن روزانه (کیلوگرم)	۰/۲۲۹	۰/۲۲۱	۰/۲۱۰	۰/۲۰٦	۰/۲۰۱	۰/۲۱٦	۰/۲۰۷	٤/۱۲	۰/۱
مصرف ماده خشک (کیلوگرم در روز)	۱/۵۵	۱/۵۲	۱/٤۸	۱/۵۱	۱/٤۵	۱/۵۰	۱/٤۷	۰/٦۵	۰/۵۳
ضریب تبدیل	٦/۷٦	٦/۸۸	۷/۰٤	۷/۳۳	۷/۲۱	٦/۹٤	۷/۱۰	۰/٤۰	۰/۲۷

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین ها.

B_1 و B_2: سطح بنتونیت به‌ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر. K_1 و K_2: سطح کائولن به‌ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر. AC_1 و AC_2: سطح کربن فعال به‌ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر.

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که احتمالاً جاذب‌ها با برخی مواد معدنی اتصال ایجاد کرده و آن‌ها را از دسترس جذب روده خارج کرده است و یا این‌که این مواد معدنی برای حفظ تعادل اسمزی روده مورد استفاده قرار گرفته است. دلایل مختلفی برای جذب عناصر معدنی توسط این جاذب‌ها ارائه شده است و مکانیسم اثر آن‌ها به‌طور کامل مشخص نشده است. کائولن دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بسیار پایین است که سبب می‌گردد جذب عناصر معدنی توسط آن پایین باشد [۱۸]. بنتونیت دارای ساختارهای لایه‌ای است که ۹۰ درصد سطح کل آن را در برمی‌گیرد و به این ترتیب به مواد معدنی امکان جذب بیش‌تر در فضای بین لایه‌ها را می‌دهد و کربن فعال دارای تعداد زیادی منافذ ریز و درشت است که به‌کمک نیروی واندروالسی فلزات را جذب و در داخل منافذ موجود نگهداری می‌کند [۹]. ضمن این‌که باید به این نکته توجه داشت که جیره غذایی، فصل، جنس، سن، نژاد و اثرات محیطی بر محتوای مواد معدنی مو و پشم تأثیر می‌گذارد [٤].

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر جذب مواد معدنی در این پژوهش با نتایج برخی پژوهش‌گران دیگر هم‌خوانی داشته است، گرچه بیش‌تر مطالعات در مورد بنتونیت انجام گرفته است. افزودن پنج گرم در کیلوگرم بنتونیت به جیره غذایی بره‌ها منجر به جذب پایین برخی از مواد معدنی (روی، مس، آهن، منگنز) شد اما اثری بر جذب کلسیم، فسفر و منیزیم نداشت [۱۱]. افزودن ۱۰ گرم در کیلوگرم بنتونیت سدیم به جیره غذایی خوک‌های در حال رشد، جذب و حفظ کلسیم، فسفر، منیزیم، سدیم، روی و آهن را در بدن کاهش داد اما تأثیری بر جذب پتاسیم، مس و منگنز نداشت [٢٤]. تغذیه بزهای در حال رشد و شیرده با دو درصد بنتونیت در جیره غذایی میزان کلسیم، فسفر، سدیم و مس را در بافت‌ها کاهش داد، اما اثری بر میزان پتاسیم، روی، منگنز و لیتیوم بافت‌ها نداشت [۱۹].

فرایند جذب مواد معدنی توسط این جاذب‌ها تحت تأثیر پارامترهایی چون نوع جاذب، خلوص، مقدار جاذب در جیره، توزیع اندازه ذرات و pH دستگاه گوارش، زمان تماس و دمای بدن حیوان قرار می‌گیرد [۱۱].

مقایسه و بررسی نتایج بین آزمایش درون‌تنی و برون‌تنی (جدول‌های ۵ و ۷)، نشان داد که جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال توانایی جذب عناصر معدنی مس، آهن و منگنز را دارند. نتایج به‌دست‌آمده در هر دو آزمایش نشان داد که توانایی جاذب‌ها برای جذب عناصر معدنی متغیر است که به‌دلیل تفاوت در ساختار فیزیکوشیمیایی موجود در آن‌ها است. در مطالعه حاضر افزودن جاذب‌های سموم به جیره غذایی بره تأثیری در مصرف ماده خشک، افزایش وزن و جذب آهن نداشت. بااین‌وجود جذب ظاهری مس و منگنز به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. توانایی کربن فعال در جذب عناصر معدنی موردمطالعه در مقایسه با بنتونیت و کائولن، در هر دو روش بیش‌تر بود. درنتیجه، به‌نظر می‌رسد نتایج روش برون‌تنی را بتوان به دام زنده تعمیم داد، گرچه این موضوع نیازمند پژوهش‌های بیش‌تری است.

براساس نتایج این تحقیق، افزودن جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال به جیره غذایی بره پرواری بر عملکرد حیوان اثر معنی‌داری نداشت. این جاذب‌ها با عناصر معدنی مس و منگنز اتصال ایجاد کرده و آن‌ها را از دسترس حیوان خارج کرده است و باعث کمبود این عناصر در بدن حیوان شده است. علاوه بر این، نتایج مرحله آزمایشگاهی و حیوانی با هم مطابقت داشتند و استفاده از روش آزمایشگاهی می‌تواند برای انتخاب جاذب‌ها بدون انجام آزمایش‌های حیوانی پرهزینه استفاده گردد. با این‌حال مطالعات بیش‌تر در این خصوص توصیه می‌شود.

جدول ۷. اثر افزودن سطوح مختلف جاذب‌های بنتونیت، کائولن و کربن فعال به جیره غذایی بر غلظت مواد معدنی خون (میلی‌گرم در لیتر) و پشم (گرم در کیلوگرم)

عناصر معدنی		تیمارهای آزمایشی							SEM	P-value
		شاهد	B_1	B_2	K_1	K_2	AC_1	AC_2		
مس	پشم	۸/۵۱^{a}	۷/۵۷^{ab}	٦/٥٤^{bc}	۷/۷۱^{ab}	٦/٤٠^{bc}	٦/۷٤^{b}	٥/۰۱^{c}	۲/۳٥	۰/۰۱
	خون	۱/۱۲^{a}	۰/۸۱^{b}	۰/٥۹^{cd}	۰/۷۱^{bc}	۰/٦۸^{bcd}	۰/۷٤^{bc}	۰/٥٦^{d}	۰/۳٤	۰/۰۱
آهن	پشم	۳٤/٦۰	۳٦/۲٥	۳۰/۹۲	۳۲/۰۸	۳۱/۳۸	۳۱/۸٥	۲٥/۹۳	۱/۲۹	۰/۰٦
	خون	۲/۳۱	۱/۹۳	۱/٦۳	۱/۹۰	۱/۹۲	۱/۹٥	۱/٥۱	۰/۲۷	۰/۲٦
منگنز	پشم	۷/٦۳^{a}	٥/۲٦^{b}	٤/۸٦^{b}	٦/۱۳^{ab}	٥/٦۱^{ab}	٥/۲۸^{b}	٤/٥۹^{b}	۰/٥۳	۰/۰۳
	خون	۰/۰۲۳^{a}	۰/۰۱۹^{ab}	۰/۰۱۸^{ab}	۰/۰۲^{ab}	۰/۰۱۹^{ab}	۰/۰۱۸^{ab}	۰/۰۱٤^{b}	۰/۰۱۷	۰/۰٥

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰٥).

SEM: خطای استاندارد میانگین ها. B_1 و B_2: سطح بنتونیت به‌ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر. K_1 و K_2: سطح کائولن به‌ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر.

AC_1 و AC_2: سطح کربن فعال به‌ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل پایانامه دکتری تغذیه دام به شماره ۱۳۹۹٤٤۸ و تاریخ ثبت ۹۸/۱۰/۲٦ می‌باشد و منابع مالی آن توسط دانشگاه بیرجند تأمین شده است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان ندارد.

منابع مورد استفاده

1. Almohammadi S and Mirzaei M (2016) Removal of copper (II) from aqueous solutions by adsorption onto granular activated carbon in the presence of competitor ions. Advances in Environmental Technology 2(2): 85-94.
2. Altuntas K, Debik E and Yoruk II (2017) Adsorption of Copper Metal Ion from Aqueous Solution by Nanoscale Zero Valent Iron (nZVI) Supported on Activated Carbon. Periodicals of Engineering and Natural Sciences 5(1).
3. Amuda OS, Giwa A and Bello IA. (2007) Removal of heavy metal from industrial wastewater using modified activated coconut shell carbon. Biochemical Engineering Journal 36(2): 174-181.
4. Aydin I (2008) Comparison of dry, wet and microwave digestion procedures for the determination of chemical elements in wool samples in Turkey using ICP-OES technique. Microchemical Journal 90(1): 82-87.
5. Chen JJ, Ahmad AL and Ooi BS (2013) Poly (N-isopropylacrylamide-co-acrylic acid) hydrogels for copper ion adsorption: equilibrium isotherms, kinetic and thermodynamic studies. Journal of Environmental Chemical Engineering 1(3): 339-348.
6. Devreese MD, Backer P and Croubels S (2013) Overview of the most important mycotoxins for the pig and poultry husbandry. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift 82(4): 171- 180.
7. Dritz SS (2010) Feed additives for swine: Fact sheets – flavors and mold inhibitors, mycotoxin binders, and antioxidants. Journal of Swine Health and Productio 18(1): 27-32.
8. EFSA (2009) Review of mycotoxin-detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety. The EuropeanFood Standard Agency (EFSA) Supporting Publications 6(9):1.
9. Fernández-Calviño D, Rodríguez-Salgado I, Pérez-Rodríguez P, Nóvoa-Muñoz JC and Arias-Estévez M (2015) Time evolution of the general characteristics and Cu retention capacity in an acid soil amended with a bentonite winery waste. Journal of environmental management 150: 435-443.
10. Goher ME, Hassan AM, Abdel-Moniem IA, Fahmy AH, Abdo MH and El-sayed SM (2015) Removal of aluminum, iron and manganese ions from industrial wastes using granular activated carbon and Amberlite IR-120H. The Egyptian Journal of Aquatic Research 41(2): 155-164.

11. Gowda NKS, Suganthi RU, Malathi V and Raghavendra A (2007) Utilization of dietary minerals and blood biochemical values in lambs fed hydrated sodium calcium alumino silicate sorbent material at supplementary level. Small ruminant research 69(1): 17-22.
12. Grotto HZ (2008) Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. Revista Brasileira de Hematologia e hemoterapia.
13. Hassan R, El-Kadi S, Sand M (2015) Effect of some organic acids on some fungal growth and their toxins production. Int J Adv Biol 2(1): 1-11.
14. Heydari A, Younesi H and Mehraban Z (2009) Removal of Ni(II), Cd(II), and Pb(II) from a ternary aqueous solution by amino functionalized mesopprous and nano mesoporous silica. Chem Eng J 153(1-3): 70-9.
15. Hu J, Lo IM and Chen G (2007) Comparative study of various magnetic nanoparticles for Cr (VI) removal. Separation and Purification Technology 56(3): 249-256.
16. Kamel MM, Ibrahm MA, Ismael AM and El-Motaleeb MA (2004) Adsorption of some heavy metal ions from aqueous solutions by using kaolinite clay. Ass. Univ. Bull. Environ. Res 7(1): 101-109.
17. Kazemipour M, Ansari M, Tajrobehkar S, Majdzadeh M and Kermani HR (2008) Removal of lead, cadmium, zinc, and copper from industrial wastewater by carbon developed from walnut, hazelnut, almond, pistachio shell, and apricot stone. Journal of Hazardous Materials 150(2): 322-327.
18. Massaro M, Colletti C, Lazzara G and Riela S (2018) The Use of Some Clay Minerals as Natural Resources for Drug Carrier Applications. Journal of functional biomaterials 9(4): 58.
19. Mee JF (2004) The role of micronutrients in bovine periparturient problems. Cattle Practice 12: 95-108.
20. Murugesan GR, Ledoux DR, Naehrer K, Berthiller F, Applegate TJ, Grenier B, Phillips TD and Schatzmayr G (2015) Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. Poultry Science 94: 1298-1315.
21. Papaioannou DS, Kyriakis CS, Alexopoulos C, Tzika ED, Polizopoulou ZS and Kyriakis SC (2004) A field study on the effect of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff, alone or in combination with certain antimicrobials, on the health status and performance of weaned, growing and finishing pigs. Research in Veterinary Science 76(1): 19-29.
22. Rao SN, Chopra RC and Radhika V (2004) Sodium bentonite or activated charcoal supplementation on dry matter intake and growth rate of young goats fed diets with aflatoxin B1. Indian Journal of Animal Sciences. (India)
23. Sabela MI, Kunene K, Kanchi S, Xhakaza NM, Bathinapatl A, Mdluli P and Bisetty K (2016) Removal of copper (II) from wastewater using green vegetable waste derived activated carbon: An approach to equilibrium and kinetic study. Arabian Journal of Chemistry.
24. Uddin MK (2017) A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. Chemical Engineering Journal 308: 438-462.