



## 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<sup>۱</sup>، محمدحسن فتحی نسری<sup>۲\*</sup>، همایون فرهنگ‌فر<sup>۳</sup>، محسن مجتهدی<sup>۳</sup>

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 به ترتیب هفت، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر، چهار سطح جاذب‌ها (بدون جاذب، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر) و سه pH ۵/۵، ۶/۴ و ۷/۵ و به مدت ۶۰ دقیقه آنکوباسیون بررسی شدند. در آزمایش درون‌تنی، اثر افزودن بنتونیت، کائولن و کربن فعال در سطوح صفر (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ گرم در کیلوگرم به خوراک با استفاده از ۳۶ رأس بره پرواری در سن ۶-۷ ماهگی، به مدت 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، ۴۵ و ۹۰ آزمایش اندازه‌گیری شد. در آزمایش برون‌تنی، کربن فعال بیش‌ترین و کائولن کم‌ترین جذب عناصر معدنی را با افزایش جاذب و pH داشتند ( $P < 0.05$ ). 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 ( $P < 0.05$ ). به‌طور کلی، 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<sup>1</sup>, Mohammad Hassan Fathi<sup>2\*</sup>, Homayoun Farhangfar<sup>2</sup>, Mohsen Mojtahedi<sup>3</sup>

1. Ph.D. Candidate, 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

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.

## 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 در نتیجه موجب کاهش تجمع این سموم در بافت‌های حیوان شوند [۶]. سطح مصرف این ترکیبات بسته به نوع جاذب مورد استفاده و گونه حیوانی (ماکیان، خوک‌سانان، بره‌ها، گاوهای شیری و بزهای شیری) بین ۲-۵ 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 به دلیل باردار بودن، ساختارهایی قطبی دارند که در جهت خنثی نمودن 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 در نتیجه میزان دریافت مواد مغذی مورد نیاز 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 [۱۶]. به‌طور کلی، جاذب‌ها باید دارای قابلیت اتصال بالا با سموم و ایجاد ایمنی طولانی مدت در بدن، توانایی جذب فلزات سمی و سنگین و دیگر آلاینده‌های 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 از جمله 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 اسکلتی و لنگش کاهش باروری و کاهش فعالیت تعدادی از آنزیم‌ها در بافت‌ها می‌شود [۱۲].

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

## تولیدات دامی

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

$$R = (C_0 - C_e) / C_0 \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

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

آزمایش درون‌تنی. تعداد ۳۶ رأس بره نر نژاد بلوچی با میانگین وزن  $29 \pm 2$  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 ۴۰ درصد علوفه و ۶۰ درصد کنسانتره با نرم‌افزار (The Small Ruminant Nutrition System) SRNS گوسفند (نسخه یک، CNCPS Sheep version 1) 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 توزین شده 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، ۴۵ 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  $3000 \times$  دور در دقیقه، سانتریفیوژ شدند و سرم حاصله تا زمان تجزیه بیوشیمیایی درون فریزر با دمای  $-20$  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.

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 بتونیت، 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)، ۶/۴ (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 بتونیت، کائولن و کربن فعال در ۳ سطح ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر به محلول استاندارد عناصر معدنی اضافه شد و با استفاده از تکان‌دهنده (۲۰۰ دور در دقیقه) به‌مدت ۶۰ 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 [۱۴]. درصد جذب عناصر معدنی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

## تولیدات دامی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

رعنا دلکش طالشمکائیل، محمدحسن فتحی نسری، همایون فرهنگ‌فر، محسن مجتهدی

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

ماده خوراکی	درصد	ترکیبات شیمیایی
یونجه خشک	۳۵	ماده خشک (درصد)
کاه گندم	۵	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری بر کیلوگرم)
دانه جو	۴۲/۴	پروتئین خام (درصد ماده خشک)
سبوس گندم	۹	کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد ماده خشک)
کنجاله سویا	۷/۵	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)
نمک	۰/۳	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)
بیکربنات سدیم	۰/۳	عصاره اتری (درصد ماده خشک)
مکمل ویتامینی*	۰/۵	کلسیم (درصد ماده خشک)
		فسفر (درصد ماده خشک)
		منیزیم (درصد ماده خشک)
		مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)
		آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)
کل	۱۰۰	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)

\* ترکیب مکمل ویتامینی ۶۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم رتینول، ۲۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم کوله‌کلسی‌فرول و ۲۵۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم توکوفرول.

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، در نتیجه نوع بنتونیت استفاده‌شده در آزمایش، بنتونیت سدیم بود. داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش‌های برون‌تنی و درون‌تنی توسط نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۲) نسخه ۹/۱ به ترتیب برای مدل‌های (۱) و (۲) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی کرامر در سطح خطا کم‌تر از پنج درصد مقایسه شدند.

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

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

در این روابط  $Y_{ij}$  مقدار هر مشاهده،  $\mu$  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.

به‌منظور اندازه‌گیری غلظت مواد معدنی پشم، مقدار ۲۰ گرم نمونه‌های پشم از هر دو پهلوی حیوان در روزهای صفر، ۴۵ 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 ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس مواد معدنی پشم به‌روش هضم ماکروویو اندازه‌گیری شد. برای تکمیل فرایند هضم، ۰/۴ 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 [۴].

## تولیدات دامی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

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

جدول ۲. ترکیب شیمیایی (اکسیدهای اصلی) تشکیل دهنده جاذب‌های مورد استفاده در آزمایش براساس آنالیز XRF (درصد)

جاذب	سلیسیم	آلومینیوم	منیزیم	فسفر	گوگرد	کلر	پتاسیم	کلسیم	سدیم	تیتانیوم	منگنز	آهن
بتونیت	۶۳/۵۶	۱۱/۴۸	۱/۸۱	۰/۰۵	۱/۱۵	-	۰/۸۷	۱/۲۵	۱/۸۱	۰/۰۶	-	۱/۱۷
کائولن	۵۱/۱۵	۲۷/۶۵	۰/۴۵	۰/۲۱	۰/۶۲	-	۱/۴۱	۱/۳۷	۲/۳۳	۰/۶۵	-	۰/۷۸
کربن فعال	۲/۳۹	۰/۲۷	۱/۹۳	۰/۴۰	۰/۰۸۱	۰/۰۷۵	۰/۸۶	۲/۳۵	-	۰/۱۷	۰/۰۴	۱/۳۱

## نتایج و بحث

میزان جذب عناصر مس، آهن و منگنز با افزایش میزان جاذب (صرف نظر از نوع جاذب) به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0/05$ ; جدول ۳). در همین رابطه گزارش شده است که ظرفیت جذب سطحی کل جاذب به مساحت سطح کل آن بستگی دارد؛ بنابراین افزایش میزان جذب به علت افزایش سطح جاذب و به دنبال آن افزایش جایگاه‌های فعالی است که توانایی جذب یون‌های فلزی و جداسازی آن را دارا هستند [۲۳].

بررسی اثر pH نشان داد که صرف نظر از نوع جاذب، قابلیت جذب یون‌های مس، آهن و منگنز با افزایش pH به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0/05$ ; جدول ۴). به طوری که بالاترین میزان جذب در pH برابر ۷/۵ (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 [۳]. این نتایج با نتایج مطالعاتی که در رابطه با جذب مس، آهن و منگنز توسط جاذب‌های مختلف انجام شده است، همخوانی دارد [۱۵، ۵]. حداکثر جذب جذب مس، آهن و منگنز توسط کائولن، در pH‌های بالا گزارش شده است [۱۶]. در مطالعه‌ای، درصد جذب منگنز و آهن توسط کربن

به ترتیب از ۲۶/۴ و ۹۹/۰۲ درصد در pH برابر ۵ به ۷۹/۰۵ و ۹۹/۴۴ درصد در pH بالای هفت رسید [۱۰]. برخلاف نتایج پژوهش‌های حاضر، در مطالعات انجام شده در خصوص جذب مس توسط کربن فعال [۱] و بتونیت [۹] حداکثر جذب در pH‌های بسیار اسیدی اتفاق افتاده است. به طور کلی، 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. به عبارتی دیگر، با افزایش pH به دلیل 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 [۲۴].

اثر متقابل pH و سطح جاذب بر میزان جذب مس، آهن و منگنز توسط جاذب‌های بتونیت، کائولن و کربن فعال در جدول (۵) 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 ( $P < 0/05$ ). در نتیجه، جاذب‌های سموم مورد مطالعه می‌توانند مواد معدنی را جذب و حذف نمایند.

## تولیدات دایمی

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

P-value	SEM	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	عنصر	اثرات سطح جاذب	
						بتونیت	کائولن
۰/۰۱	۱/۷۹	۸۳/۹۵ <sup>a</sup>	۸۳/۸۶ <sup>a</sup>	۸۱/۵۲ <sup>b</sup>	مس	بتونیت	
۰/۰۱	۱/۷۶	۹۲/۵۹ <sup>a</sup>	۹۱/۸۲ <sup>a</sup>	۸۹/۸۳ <sup>b</sup>	آهن		
۰/۰۱	۱/۷۴	۵۹/۲۱ <sup>a</sup>	۵۶/۴۴ <sup>b</sup>	۵۵/۰۲ <sup>b</sup>	منگنز		
۰/۰۱	۲/۶۲	۶۲/۶۰ <sup>a</sup>	۶۲/۵۱ <sup>a</sup>	۶۰/۳۷ <sup>b</sup>	مس	کائولن	
۰/۰۱	۰/۳۴	۸۰/۶۸ <sup>a</sup>	۸۰/۲۲ <sup>a</sup>	۷۹/۰۴ <sup>b</sup>	آهن		
۰/۰۱	۲/۸۶	۴۸/۴۶ <sup>a</sup>	۴۷/۲۹ <sup>a</sup>	۴۱/۸۹ <sup>b</sup>	منگنز		
۰/۰۱	۲/۹۸	۵۷/۹۷ <sup>a</sup>	۵۳/۳۰ <sup>b</sup>	۴۸/۰۳ <sup>c</sup>	مس	کربن فعال	
۰/۰۱	۰/۷۷	۹۵/۸۵ <sup>a</sup>	۹۵/۷۳ <sup>ab</sup>	۹۴/۷۸ <sup>b</sup>	آهن		
۰/۰۱	۰/۴۴	۹۶/۹۴ <sup>a</sup>	۹۵/۰۹ <sup>b</sup>	۹۳/۲۱ <sup>c</sup>	منگنز		

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵): SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها. S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> و S<sub>3</sub>: سطح جاذب به ترتیب به میزان ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر.

جدول ۴. اثرات اصلی pH بر جذب عناصر معدنی توسط جاذب‌های بتونیت، کائولن و کربن فعال در شرایط برون‌تنی (درصد)

P-value	SEM	pH <sub>3</sub>	pH <sub>2</sub>	pH <sub>1</sub>	عنصر	اثرات pH جاذب	
						بتونیت	کائولن
۰/۰۱	۱/۷۹	۹۱/۷۴ <sup>a</sup>	۸۵/۰۵ <sup>b</sup>	۷۲/۵۴ <sup>c</sup>	مس	بتونیت	
۰/۰۱	۱/۷۶	۹۵/۳۷ <sup>a</sup>	۹۲/۴۲ <sup>b</sup>	۸۶/۴۴ <sup>c</sup>	آهن		
۰/۰۱	۱/۷۴	۷۲/۶۵ <sup>a</sup>	۵۰/۸۰ <sup>b</sup>	۴۷/۲۲ <sup>c</sup>	منگنز		
۰/۰۱	۲/۶۲	۸۴/۵۶ <sup>a</sup>	۷۰/۱۳ <sup>b</sup>	۳۰/۸۰ <sup>c</sup>	مس	کائولن	
۰/۰۱	۰/۳۴	۹۲/۸۴ <sup>a</sup>	۸۶/۱۸ <sup>b</sup>	۶۰/۹۳ <sup>c</sup>	آهن		
۰/۰۱	۲/۸۶	۶۲/۷۷ <sup>a</sup>	۴۳/۰۷ <sup>b</sup>	۳۱/۷۹ <sup>c</sup>	منگنز		
۰/۰۱	۲/۹۸	۷۷/۳۲ <sup>c</sup>	۴۹/۹۵ <sup>b</sup>	۳۲/۰۳ <sup>c</sup>	مس	کربن فعال	
۰/۰۱	۰/۷۷	۹۹/۷۲ <sup>a</sup>	۹۵/۹۳ <sup>b</sup>	۹۰/۷۰ <sup>c</sup>	آهن		
۰/۰۱	۰/۴۴	۹۸/۵۲ <sup>a</sup>	۹۵/۷۸ <sup>b</sup>	۹۰/۹۴ <sup>c</sup>	منگنز		

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵): SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها؛ pH<sub>1</sub>, pH<sub>2</sub> و pH<sub>3</sub>: مقدار pH به ترتیب ۵/۵، ۷/۴ و ۷.

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

P-value	SEM	تیمارهای آزمایشی									عنصر	جاذب
		S <sub>3</sub>			S <sub>2</sub>			S <sub>1</sub>				
		pH <sub>3</sub>	pH <sub>2</sub>	pH <sub>1</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>2</sub>	pH <sub>1</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>2</sub>	pH <sub>1</sub>		
<۰/۰۱	۱/۳۲	۹۲/۲۰ <sup>a</sup>	۸۵/۷۰ <sup>b</sup>	۷۳/۹۵ <sup>c</sup>	۹۲/۱۷ <sup>d</sup>	۸۵/۸۲ <sup>b</sup>	۷۳/۶۰ <sup>cd</sup>	۹۰/۸۶ <sup>a</sup>	۸۳/۶۴ <sup>b</sup>	۷۰/۰۷ <sup>d</sup>	مس	بتونیت
<۰/۰۱	۱/۳۴	۹۵/۸۶ <sup>a</sup>	۹۳/۸۴ <sup>ab</sup>	۸۸/۰۳ <sup>c</sup>	۹۵/۵۳ <sup>d</sup>	۹۲/۶۳ <sup>ab</sup>	۸۷/۲۸ <sup>cd</sup>	۹۴/۶۸ <sup>a</sup>	۹۰/۸۲ <sup>bc</sup>	۸۳/۹۹ <sup>d</sup>	آهن	
<۰/۰۱	۱/۳۳	۷۴/۴۵ <sup>a</sup>	۵۴/۸۱ <sup>b</sup>	۴۸/۳۶ <sup>c</sup>	۷۲/۳۱ <sup>a</sup>	۵۰/۲۶ <sup>c</sup>	۴۶/۷۶ <sup>c</sup>	۷۱/۱۹ <sup>a</sup>	۴۷/۳۳ <sup>c</sup>	۴۶/۵۴ <sup>c</sup>	منگنز	
<۰/۰۱	۱/۳۰	۸۴/۹۳ <sup>a</sup>	۷۰/۷۰ <sup>b</sup>	۳۲/۱۶ <sup>c</sup>	۸۴/۸۸ <sup>a</sup>	۷۰/۵۳ <sup>b</sup>	۳۲/۱۳ <sup>c</sup>	۸۳/۸۵ <sup>a</sup>	۶۹/۱۵ <sup>b</sup>	۲۸/۰۱ <sup>c</sup>	مس	کائولن
<۰/۰۱	۰/۳۴	۹۳/۱۶ <sup>a</sup>	۸۶/۴۸ <sup>b</sup>	۶۲/۴۰ <sup>c</sup>	۹۳/۰۳ <sup>d</sup>	۸۶/۱۵ <sup>b</sup>	۶۱/۴۸ <sup>c</sup>	۹۲/۳۳ <sup>a</sup>	۸۵/۹۰ <sup>b</sup>	۵۸/۹۱ <sup>d</sup>	آهن	
<۰/۰۱	۱/۲۷	۶۵/۰۰ <sup>a</sup>	۴۴/۷۰ <sup>c</sup>	۳۵/۶۸ <sup>de</sup>	۶۴/۸۴ <sup>a</sup>	۴۳/۵۵ <sup>c</sup>	۳۳/۴۸ <sup>c</sup>	۵۸/۴۸ <sup>b</sup>	۴۰/۹۷ <sup>cd</sup>	۲۶/۲۳ <sup>f</sup>	منگنز	
<۰/۰۱	۰/۸۲	۳۴/۰۹ <sup>c</sup>	۵۷/۵۲ <sup>c</sup>	۸۲/۲۸ <sup>a</sup>	۳۳/۹۱ <sup>c</sup>	۴۷/۰۱ <sup>d</sup>	۷۹/۰۰ <sup>a</sup>	۲۸/۱۸ <sup>f</sup>	۴۵/۳۲ <sup>d</sup>	۷۰/۶۹ <sup>b</sup>	مس	کربن فعال
<۰/۰۱	۰/۵۰	۹۹/۹۰ <sup>a</sup>	۹۵/۹۳ <sup>b</sup>	۹۱/۷۲ <sup>c</sup>	۹۹/۸۷ <sup>a</sup>	۹۵/۹۵ <sup>b</sup>	۹۱/۳۵ <sup>cd</sup>	۹۹/۴۰ <sup>a</sup>	۹۵/۹۲ <sup>b</sup>	۸۹/۰۲ <sup>d</sup>	آهن	
<۰/۰۱	۰/۳۸	۹۹/۸۸ <sup>a</sup>	۹۷/۷۷ <sup>ab</sup>	۹۳/۱۸ <sup>f</sup>	۹۹/۱۹ <sup>ab</sup>	۹۵/۵۲ <sup>de</sup>	۹۰/۵۴ <sup>d</sup>	۹۶/۴۹ <sup>cd</sup>	۹۴/۰۴ <sup>ef</sup>	۸۹/۰۹ <sup>d</sup>	منگنز	

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵): SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها. S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> و S<sub>3</sub>: سطح جاذب به ترتیب به میزان ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر. pH<sub>1</sub>, pH<sub>2</sub> و pH<sub>3</sub>: مقدار pH به ترتیب ۵/۵، ۷/۴ و ۷.

## تولیدات دامی

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

به‌طور معمول 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 بتونیت، 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 ( $P < 0/05$ ). 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].

اثر افزودن سطوح مختلف جاذب‌های بتونیت، کائولن و کربن فعال به جیره غذایی بر عملکرد رشد بره‌های پرواری بر عملکرد رشد بره‌های پرواری در جدول (۶) 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 بتونیت به جیره غذایی بره، تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک نداشت [۱۱]. تغذیه بتونیت 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]. با این حال، 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 ۲۴].

جدول ۶. اثر افزودن سطوح مختلف جاذب‌های بتونیت، کائولن و کربن فعال به جیره غذایی بر عملکرد رشد بره‌های پرواری

P-value	SEM	تیمارهای آزمایشی							صفت
		AC <sub>2</sub>	AC <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	شاهد	
۰/۲۵	۱/۵۲	۲۹/۲۲	۲۸/۵	۲۹/۳	۲۸/۵	۲۹/۱۹	۲۸/۶۹	۲۸/۶۷	وزن اولیه (کیلوگرم)
۰/۳۲	۲/۳	۴۹/۹	۵۰/۱۳	۴۹/۳۷	۴۹/۱۱	۵۰/۱۸	۵۰/۷۷	۵۱/۵۷	وزن نهایی (کیلوگرم)
۰/۱	۴/۱۲	۰/۲۰۷	۰/۲۱۶	۰/۲۰۱	۰/۲۰۶	۰/۲۱۰	۰/۲۲۱	۰/۲۲۹	افزایش وزن روزانه (کیلوگرم)
۰/۵۳	۰/۶۵	۱/۴۷	۱/۵۰	۱/۴۵	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۲	۱/۵۵	مصرف ماده خشک (کیلوگرم در روز)
۰/۲۷	۰/۴۰	۷/۱۰	۶/۹۴	۷/۲۱	۷/۳۳	۷/۰۴	۶/۸۸	۶/۷۶	ضریب تبدیل

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف معنی‌دار است ( $P < 0/05$ ).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

B<sub>1</sub> و B<sub>2</sub>: سطح بتونیت به ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر. K<sub>1</sub> و K<sub>2</sub>: سطح کائولن به ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر. AC<sub>1</sub> و AC<sub>2</sub>: سطح کربن فعال به ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر.

## تولیدات دامی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

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 فیزیکیوشیمیایی 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 مورد مطالعه در مقایسه با بنتونیت و کائولن، در هر دو روش بیش‌تر بود. در نتیجه، 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.

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 [۴].

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 [۲۴]. 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 لیتیم بافت‌ها نداشت [۱۹].

## تولیدات دامی



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

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)

P-value	SEM	تیمارهای آزمایشی							عناصر معدنی
		AC <sub>2</sub>	AC <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	شاهد	
۰/۰۱	۲/۳۵	۵/۰۱ <sup>c</sup>	۶/۷۴ <sup>b</sup>	۶/۴۰ <sup>bc</sup>	۷/۷۱ <sup>ab</sup>	۶/۵۴ <sup>bc</sup>	۷/۵۷ <sup>ab</sup>	۸/۵۱ <sup>a</sup>	مس پشم
۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۵۶ <sup>d</sup>	۰/۷۴ <sup>bc</sup>	۰/۶۸ <sup>bed</sup>	۰/۷۱ <sup>bc</sup>	۰/۵۹ <sup>cd</sup>	۰/۸۱ <sup>b</sup>	۱/۱۲ <sup>a</sup>	خون
۰/۰۶	۱/۲۹	۲۵/۹۳	۳۱/۸۵	۳۱/۳۸	۳۲/۰۸	۳۰/۹۲	۳۶/۲۵	۳۴/۶۰	آهن پشم
۰/۲۶	۰/۲۷	۱/۵۱	۱/۹۵	۱/۹۲	۱/۹۰	۱/۶۳	۱/۹۳	۲/۳۱	خون
۰/۰۳	۰/۵۳	۴/۵۹ <sup>b</sup>	۵/۲۸ <sup>b</sup>	۵/۶۱ <sup>ab</sup>	۶/۱۳ <sup>ab</sup>	۴/۸۶ <sup>b</sup>	۵/۲۶ <sup>b</sup>	۷/۶۳ <sup>a</sup>	پشم منگنز
۰/۰۵	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴ <sup>b</sup>	۰/۰۱۸ <sup>ab</sup>	۰/۰۱۹ <sup>ab</sup>	۰/۰۲ <sup>ab</sup>	۰/۰۱۸ <sup>ab</sup>	۰/۰۱۹ <sup>ab</sup>	۰/۰۲۳ <sup>a</sup>	خون

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

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها. B<sub>2</sub> و B<sub>1</sub>: سطح بنتونیت به ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر. K<sub>2</sub> و K<sub>1</sub>: سطح کائولن به ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر. AC<sub>2</sub> و AC<sub>1</sub>: سطح کربن فعال به ترتیب ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر.

- technique. Microchemical Journal 90(1): 82-87.
- 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.
  - 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.
  - 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.
  - EFSA (2009) Review of mycotoxin-detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety. The European Food Standard Agency (EFSA) Supporting Publications 6(9):1.
  - 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.
  - 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.

## تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه دکتری تغذیه دام به شماره ۱۳۹۹۴۴۸ و تاریخ ثبت ۹۸/۱۰/۲۶ می‌باشد و منابع مالی آن توسط دانشگاه بیرجند تأمین شده است.

## تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان ندارد.

## منابع مورد استفاده

- 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.
- 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).
- 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.
- 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

## تولیدات دومی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

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 mesoporous 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, Ibrahim 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.