



اثر مقادیر مختلف و اندازه ذرات کانی‌های آلومینوسیلیکاته و گلاکونیت بر ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک، مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی گوسفند دالاق

مرتضی قاسمی هدک^۱، تقی قورچی^{۲*}، سعید زره‌داران^۳، احمد طاطار^۴، بهنام قربانی^۵

- ۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ۲- استاد گروه تغذیه دام و طیور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۴- استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
- ۵- دانش آموخته‌ی دکترا، گروه تغذیه دام و طیور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۹)

چکیده

به منظور بررسی اثر کانی‌های آلومینوسیلیکاته طبیعی و گلاکونیت در تغذیه گوسفند، دو آزمایش مستقل انجام شد. در آزمایش اول، ناپدید شدن ماده خشک این کانی‌ها، در دو سطح اندازه ذرات ۱-۰/۸۵ میلی‌متر و ۵/۰ میلی‌متر به روش کیسه‌های نایلونی بررسی شد. بدین منظور، سه رأس گوسفند نر فسیتوله شده نژاد دالاق در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چیدمان فاکتوریل ۲×۴ مورد استفاده قرار گرفتند. در آزمایش دوم، اثر جیره‌ای سطوح مختلف ژئولیت و پرلیت بر میزان مصرف خوراک، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی، رطوبت مدفوع و فراسنجه‌های خونی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح چرخشی با ۴ تیمار، ۴ دوره و ۴ رأس میش بالغ انجام شد. هر دوره آزمایشی، ۱۵ روزه بود که ۱۰ روز به‌عنوان دوره عادت‌پذیری و ۵ روز برای جمع‌آوری کل مدفوع در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایشی شامل: جیره شاهد، جیره شاهد + دو درصد ژئولیت، جیره شاهد + دو درصد پرلیت و جیره شاهد + یک درصد ژئولیت + یک درصد پرلیت بود. از لحاظ ناپدید شدن ماده خشک بین دو اندازه فیزیکی کانی بنتونیت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0/05$)، در حالی که در دیگر کانی‌ها این مقدار برای اندازه درشت‌تر هرکانی، در هر زمان، به‌طور معنی‌داری کمتر از اندازه ریزتر آن کانی بود ($P < 0/05$) به‌طوری‌که بیشترین اختلاف در مورد ژئولیت در زمان ۴۸ ساعت و به ترتیب برابر با ۶/۷۱ و ۵۲/۰۳ درصد در مورد اندازه درشت‌تر و ریزتر بود. آزمایش دوم نشان داد که قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام، کلسیم و فسفر در تیمار دریافت‌کننده ۲ درصد ژئولیت به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($P < 0/05$). استفاده از ۲ درصد ژئولیت و پرلیت در جیره، می‌تواند سبب بهبود عملکرد میش‌ها شود.

واژه‌های کلیدی: آلومینوسیلیکاته‌ها، اندازه ذرات، پرلیت، ژئولیت، قابلیت هضم، گوسفند دالاق

مقدمه

است. بنتونیت به سبب خاصیت سوسپانسیون‌کنندگی می‌تواند مواد آلی، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه را در ساختمان داخلی یا خارجی خود حفظ کند (جدول ۱) (Walz and White, 1998). تحقیقات در زمینه استفاده از بنتونیت در تغذیه نشخوارکنندگان، محدود می‌باشد. نشان داده شده که افزودن بنتونیت به جیره‌های گاوهای پروراری سبب بهبود افزایش وزن، بهبود ترکیب لاشه و همچنین فراسنجه‌های تخمیر می‌شود (آقاشاهی و همکاران، ۱۳۸۴) همچنین بنتونیت در رژیم‌های غذایی حاوی اوره، می‌تواند قابلیت هضم پروتئین را بهبود بخشد (Chegeni et al., 2013).

پرلیت نیز به عنوان یک آلومینوسیلیکات بی‌نظم و کم‌ثبات محسوب می‌شود که از دواپری هم‌مرکز یا پوست پیزی شکل پدید آمده است (قربانی، ۱۳۷۸). این کانی دارای ۵-۲ درصد آب در ترکیب خود است و بر اثر حرارت سریع، ۱۰ تا ۱۵ برابر افزایش حجم می‌یابد (Rolia et al., 2005). پرلیت فاقد ظرفیت تبادل یونی^۱ می‌باشد (Scheideler, 1993). این ماده جاذب رطوبت و گازها بوده و خاصیت اتصال به آفلاتوکسین‌ها را دارد (جدول ۱). با توجه به فراوانی و قیمت ارزان آن در ایران می‌توان از آن در پروژه‌های کاربردی استفاده کرد (Silber et al., 2012; Irani et al., 2011). تحقیق منتشر شده‌ای درباره استفاده از پرلیت در تغذیه نشخوارکنندگان در دسترس نمی‌باشد، اما گزارش‌هایی در مورد کاربرد پرلیت در تغذیه طیور موجود است (Scheideler, 1993; Tatar et al., 2008a, 2012; Jenabi Shelmani et al., 2010; Ghiasi Ghale-kandi et al., 2011). به سیلیکات آبدار آهن و پتاسیم گلاکونیت اطلاق می‌شود. واژه گلاکونیت از کلمه یونانی گلاکوس به معنای سبزآبی گرفته شده است (Amini, 2005). گلاکونیت یکی دیگر از کانی‌های سیلیکاته و میکایی است که قابلیت تبادل کاتیونی بالایی با عناصر Fe, Mg و K دارد (Amorosi et al., 2007; Karimi et al., 2011). تحقیق منتشر شده‌ای درباره استفاده از گلاکونیت در تغذیه نشخوارکنندگان یافت نشد.

امروزه تعداد زیادی کانی‌های معدنی جهت افزایش تولیدات کشاورزی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. کانی‌های سیلیکاته نسبت به سایر رده‌های معدنی دارای اهمیت به-سزایی هستند، زیرا بیش از ۹۰ درصد پوسته زمین و حدود ۲۵ درصد کانی‌های شناخته شده را تشکیل می‌دهند (اتردی، ۱۳۷۸). در ایران در سال‌های اخیر تحقیقاتی در زمینه استفاده از انواع سنگ‌های رسوبی در تغذیه دام انجام شده است (گودرزی و همکاران، ۱۳۸۲، صالحی و همکاران، ۱۳۸۴، آقاشاهی و همکاران، ۱۳۸۴، Chegeni et al., 2013; Ghaemnia et al., 2010).

زئولیت‌ها، تکنوسیلیکات‌هایی هستند که معمولاً با مواد معدنی کوارتز و فلدسپار همراه می‌باشند (دانایی، ۱۳۵۲). خواص و کارایی این مواد به ساختمان سه‌بعدی، توانایی جذب و دفع آب و تبادل یونی بدون تغییر در ساختمان آنها مربوط می‌باشد (آقاشاهی و همکاران، ۱۳۸۴). زئولیت‌های طبیعی به دلیل داشتن کاتیون‌های قابل تعویض با یون هیدروژن به عنوان بافر عمل می‌کنند و در صورت استفاده در جیره دام سبب بهبود فعالیت باکتری‌های هضم‌کننده سلولز می‌شوند (Nikkhah et al., 2001) (جدول ۱). نتایج آزمایشات مختلف نشان داده است که زئولیت‌ها اثرات سودمندی بر سلامتی و بهبود تولید دام و طیور از جمله افزایش وزن، بازده خوراک، کنترل اختلالات هضمی، کاهش سمیت عناصر سنگین، کاتیون‌های یک و دو ظرفیتی و مایکوتوکسین‌ها در جیره و محیط دارند (Lopez et al., 1992; McAllister et al., 1996; Tatar et al., 2012). تحقیقات نشان می‌دهد که نتیجه استفاده از زئولیت‌ها در جیره غذایی نشخوارکنندگان بسیار متفاوت است. هر چند دلیل اصلی آن به خوبی مشخص نیست لیکن این امر ممکن است مربوط به نوع دام، ترکیبات جیره‌غذایی و نوع زئولیت مورد استفاده باشد (آقاشاهی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Pond, 1993).

بنتونیت با فرمول عمومی $(\text{Na,Ca})(\text{Al,Mg})(\text{Si}_4\text{O}_{10})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ در دسته رس‌ها قرار دارد و کانی غالب آن مونتموریلونیت بوده و دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی

¹ Ion exchange capacity

جدول ۱- ترکیب شیمیایی (اکسیدهای اصلی) تشکیل دهنده کانی‌های طبیعی مورد استفاده در آزمایش (درصد)
Table 1. Chemical composition (major oxides) of natural minerals used in the experiment (%)

Oxide	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	MnO	L.O.I
Perlite ¹	69.39	14.67	1.16	0.30	1.07	0.5	0.79	0.16	-	0.91	-	11
Zeolite ²	66.00	11.43	1.30	3.11	0.72	2.01	3.12	0.21	0.01	-	0.04	12.05
Glauconite ³	70.98	10.04	3.17	4.73	1.07	1.70	1.24	0.52	0.28	-	0.05	-
Bentonite ⁴	61.70	13.20	1.17	4.43	2.07	1.96	0.78	-	-	-	-	13.49

1- Mana *et al.* (2007); 2- As report of producer company, Iran; 3- Karimi *et al.*, 2011; 4- Mohammad Torab and Kohsari, 2003; L.O.I: Loss on ignition at 1000 °C.

مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی در گوسفند نژاد دالاق انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول

به منظور بررسی اثر اندازه فیزیکی ذرات، بر ناپدید شدن ماده خشک کانی‌های سیلیکاته در محیط شکمبه، آزمایش اول این تحقیق طراحی شد. کانی‌های مورد آزمایش شامل زئولیت طبیعی، پرلیت، بنتونیت و گلاکونیت بودند. زئولیت مورد استفاده، تولیدی شرکت افروندتوسکا، بنتونیت تولیدی شرکت خوراک دام نوین مشهد، پرلیت تهیه شده از شرکت گل‌سم گلستان بوده و گلاکونیت مورد استفاده از منطقه مراوه‌تپه استان گلستان جمع‌آوری شد. این کانی‌ها در دو اندازه فیزیکی (۰/۸۵-۱ میلی‌متر) و کوچکتر از ۰/۵ میلی‌متر با استفاده از تکنیک کیسه‌های نایلونی (*in-situ*) و بر اساس روش Orskov *et al.* (1980) مورد آزمایش قرار گرفتند. درجه‌بندی اندازه فیزیکی کانی‌ها بر اساس دستورالعمل سازمان کشاورزی آمریکا و با استفاده از الک‌های جدید پنسیلوانیا انجام شد (Kononoff and Heinrichs, 2002). برای این کار از سه الک ۰/۵، ۰/۸۵ و ۱ میلی‌متری استفاده شد. برای اندازه‌گیری ناپدید شدن ماده خشک از سه رأس گوسفند نر بالغ نژاد دالاق با میانگین وزن ۴۰ کیلوگرم که مجهز به فیستولای شکمبه‌ای بودند، استفاده شد. نیاز نگهداری دام‌ها با استفاده از جداول

امروزه اهمیت اندازه ذرات مواد تشکیل‌دهنده جیره به خوبی نمایان شده است. بخش عمده‌ای از خواص و ویژگی‌های سنگ‌های رسوبی به ساختمان سه‌بعدی آنها وابسته است و پایداری آنها در محیط دستگاه گوارش برای ایفای نقش‌های منحصر به فردشان ضروری است. به همین خاطر ضروری است که درک درستی از میزان حلالیت این کانی‌ها در شرایط دستگاه گوارش داشته باشیم. در سال‌های اخیر در ایران استفاده از زئولیت‌ها به عنوان افزودنی معدنی در خوراک دام افزایش یافته است و در عین حال نتایج همسانی نداشته است. از این رو ضروری است این آزمایش‌ها در دام‌های مختلف و با نسبت‌های مختلف زئولیت و همچنین کانی‌های مشابه مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار گیرد، این موضوع یکی از اهداف تحقیق حاضر است. همچنین کشور ما دارای مقادیر زیادی از کانی‌های سیلیکاته به خصوص آلومینو و فیلوسیلیکات‌ها می‌باشد (آقاشاهی و همکاران، ۱۳۸۴) و هر چند در خصوص استفاده از این کانی‌ها در صنایع مختلف تحقیقاتی صورت پذیرفته است، ولی در خصوص کاربرد برخی از آنها در تغذیه نشخوارکنندگان تحقیقات منتشر شده‌ای در کشور در دسترس نمی‌باشد. پرداختن به این مهم با توجه به منابع فراوان کشور و لزوم استفاده بهینه از منابع داخلی یکی دیگر از اهداف این پژوهش است. بنابراین این تحقیق به منظور بررسی تاثیر اندازه ذرات کانی‌های رسوبی در میزان ناپدید شدن ماده خشک آنها در محیط شکمبه و نیز بررسی تاثیر سطوح مختلف زئولیت و پرلیت بر میزان

مصرفی و کل مدفوع دفعی هر راس گوسفند به‌طور روزانه ثبت شد. خوراک مصرفی از کسر خوراک باقیمانده از خوراک داده شده محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان ماده-خشک خوراک‌ها و مدفوع از آن ۶۰ درجه سانتی‌گراد به-مدت ۴۸ ساعت استفاده شد. میزان پروتئین خام (CP)^۵، ماده آلی (OM)^۶، ADF^۷ و NDF^۸ نمونه‌های خوراک و مدفوع نیز به روش استاندارد اندازه‌گیری شد (AOAC, 1992). کل کلسیم و فسفر نمونه‌های مدفوع نیز به روش Talpatra *et al.*, (1940) اندازه‌گیری شد.

قابلیت‌هضم ظاهری موادمغذی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (نیکخواه و امانلو، ۱۳۷۴):

ماده مغذی مدفوع - ماده مغذی مصرفی

$$\text{درصد قابلیت هضم ظاهری} = \frac{\text{ماده مغذی مصرفی}}{\text{ماده مغذی مدفوع}} \times 100$$

در انتهای هر دوره و ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی صبح، نمونه‌های خون از سیاهرگ گردنی گرفته شد و به‌منظور جداسازی سرم، سانتریفیوژ (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۱۵ دقیقه) شدند. سپس نمونه‌های سرم به‌دست آمده، جهت تعیین میزان گلوکز، کراتینین، تری‌گلیسرید، کلسترول، نیتروژن اوره‌ای خون (BUN)^۹، کلسیم، فسفر و پروتئین کل، مورد استفاده قرار گرفتند. غلظت متابولیت‌های فوق به وسیله دستگاه اتوآنالایزر مدل Bt-3000 ساخت کشور آلمان، تعیین شد.

نیازهای تغذیه‌ای (NRC 1985)^۱ تعیین شد. ۵ گرم نمونه از هر اندازه فیزیکی کانی‌ها توزین شده، در کیسه‌ها ریخته و سپس به شلنگ‌های مخصوص محکم شدند. زمان‌های ماندگاری کیسه‌ها در شکمبه به ترتیب صفر، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت بود. کیسه‌ها پس از شستشو به مدت ۲۴ ساعت در آن (۶۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند، سپس توزین شدند و میزان ماده خشک ناپدید شده هر نمونه تعیین شد (Orskov *et al.*, 1980).

آزمایش دوم

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر تغذیه‌ای سطوح مختلف زئولیت و پرلیت بر میزان خوراک مصرفی، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی و رطوبت مدفوع میش‌های نژاد دالاق طراحی شد. آزمایش در قالب طرح چرخشی^۲ با ۴ تیمار، ۴ دوره و ۴ رأس میش بالغ غیرآبستن با میانگین وزن ۵۰ کیلوگرم که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند، انجام گرفت. تیمارها شامل: (۱) جیره شاهد (فاقد زئولیت یا پرلیت)، (۲) جیره شاهد + دو درصد زئولیت، (۳) جیره شاهد + دو درصد پرلیت و (۴) جیره شاهد + یک درصد زئولیت + یک درصد پرلیت بود. جیره پایه بر اساس جداول نیازهای تغذیه‌ای (NRC 1985) در حد نگهداری تنظیم شدند به طوری که کانی‌های مورد آزمایش، جایگزین گاه گندم شدند. جیره‌نویسی به وسیله نرم‌افزار UFFDA^۳ انجام گرفت. اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره پایه مربوط به این آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. هر دوره آزمایشی دربرگیرنده ۱۵ روز بود که شامل، ۱۰ روز به عنوان دوره عادت‌پذیری و ۵ روز برای جمع‌آوری کل^۴ مدفوع بود (Jenkins and Fotouhi, 1990). میش‌ها در طی دوره آزمایش در قفس‌های متابولیکی با قابلیت جمع‌آوری مدفوع نگهداری شدند. خوراک‌دهی به‌طور مساوی در سه وعده غذایی، در ساعات ۸:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۳:۰۰ انجام گرفت. آب و سنگ نمک نیز به‌طور آزاد در اختیار دام‌ها قرار داشت. میزان خوراک

⁵ Crude Protein

⁶ Organic Matter

⁷ Acid Detergent Fiber

⁸ Neutral Detergent Fiber

⁹ Blood Urea Nitrogen

¹ National Research Council

² Change-Over Design

³ User Friendly Feed Formulation Done Again

⁴ Total collection

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل به کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ (2002) تجزیه و تحلیل شدند. داده‌های آزمایش اول در قالب طرح کاملاً تصادفی با چیدمان فاکتوریل ۲×۴، شامل ۴ نوع کانی و ۲ اندازه فیزیکی و با استفاده از رویه GLM آنالیز

شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد (Duncan, 1955). برای تحلیل داده‌های آزمایش دوم نیز از رویه Mixed نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام گرفت.

جدول ۲- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره پایه در آزمایش دوم (بر اساس ماده خشک)

Table 2. The ingredients and chemical composition of basal diet in second experiment (DM basis)

Composition	(%)
Wheat straw	47
Wheat grain	14
Barley grain	10
Wheat bran	8
Beet pulp	7.5
Corn	6
Soybean meal	3
Canola meal	1
Meat powder	1.5
Egg powder	1
Salt	0.5
Mineral and vitamin premix*	0.5
Total	100
Chemical composition of basal diet	
DM	88.93
ME (Mcal kg ⁻¹ DM)	2.24
CP	9.23
Ca	0.81
P	0.35
Forage/Concentrate ratio	47/53

*Provided per kg of diet: Vitamin A, 8,800 IU; Vitamin D₃, 3,300 IU; Vitamin E, 40 IU; Vitamin K₃, 3.3 mg; Thiamine, 4.0 mg; Riboflavin, 8.0 mg; Panthothenic acid, 15 mg; Niacin, 50 mg; Pyridoxine, 3.3 mg; Choline, 600 mg; Folic acid, 1 mg; Biotin, 220 µg; Vitamin B₁₂, 12 µg; Ethoxyquin, 120 mg; Manganese, 70 mg; Zinc, 70 mg; Iron, 60 mg; Copper, 10 mg; Iodine, 1.0 mg; and Selenium, 0.3 mg.

نتایج و بحث

آزمایش اول

ناپدید شدن ماده خشک کانی‌ها در شکمبه

نتایج درصد ناپدید شدن ماده خشک کانی‌های مورد آزمایش در زمان‌های مختلف کیسه‌گذاری در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در بین کانی‌های مورد آزمایش، بنتونیت (در هر دو اندازه فیزیکی) بیشترین حلالیت را در شکمبه دارد به طوری که تفاوت آن با دیگر کانی‌ها معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بین دو اندازه فیزیکی از کانی‌های مختلف (به جز بنتونیت)، از لحاظ ناپدید شدن

ماده خشک، تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.05$). در کانی بنتونیت در دو اندازه فیزیکی از لحاظ ناپدید شدن ماده خشک، فقط در زمان صفر کیسه‌گذاری تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) و در بقیه زمان‌ها تفاوت بین دو اندازه معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). به عبارت دیگر اندازه فیزیکی کانی بنتونیت تأثیری در میزان حلالیت آن در محیط شکمبه نداشت. بنابراین این کانی با ورود به محیط آبی یا محیط شکمبه، تقریباً به طور کامل (میانگین ۹۶/۷۸ درصد) حل می‌شود. در بین اندازه درشت‌تر کانی‌ها، کانی زئولیت کمترین میزان حلالیت را داشت و پس از آن گلاکونیت کمتر حل شد. در اندازه فیزیکی ریزتر کانی‌های مورد آزمایش نیز، بنتونیت در

درصد ژئولیت با اندازه ذرات ۰/۱ یا ۰/۸ میلی‌متر بود را به میزان ۱۰ درصد به کنسانتره اضافه نمود. یک گروه هم کنسانتره حاوی اوره دریافت کردند. نتایج حاکی از آن بود که میانگین افزایش وزن روزانه برای جیره‌های حاوی اوره و کاربازین با اندازه ذرات ۰/۱ و ۰/۸ میلی‌متر به ترتیب ۱۱۱۰، ۱۱۱۹ و ۱۱۹۵ گرم و خوراک مصرفی به ازای هر کیلوگرم اضافه وزن ۸/۳، ۸/۳ و ۷/۸ کیلوگرم بود. همچنین بین گروه‌های آزمایشی از نظر خصوصیات لاشه و ترکیبات شیمیایی گوشت اختلافی مشاهده نشد.

Mumpton and Fishman (1977) با بیان این نکته که اندازه ذرات می‌تواند تبادل مواد در دستگاه گوارش حیوانات را از طریق سطح تماس موثر تغییر دهد، اندازه مطلوب ذرات ژئولیت را حدود ۰/۳ تا ۰/۸۵ میلی‌متر بیان کردند.

در آزمایشی، Leung *et al.* (2007) اثر اندازه ذرات ژئولیت را در جذب آمونیاک در pH ۷-۲ و نیز در میزان دفع مواد معدنی از مدفوع خوک‌ها مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش که اندازه ذرات ۲۵۰-۵۰۰، ۵۰-۲۵۰، و ۵۰-۵۰۰ نانومتر را مورد آزمایش قرار دادند مشاهده شد اندازه نرمال یا ۵۰-۵۰۰ نانومتر که در آن مخلوطی از اندازه‌های مختلف وجود داشت، بیشترین میزان جذب آمونیاک را در ۲۴ ساعت در دمای اتاق داشت. همچنین در ادامه آزمایش که اندازه ذرات ۵۰-۵۰۰ را در جیره خوک‌ها استفاده کردند، مشاهده کردند که دفع مواد معدنی در جیره‌های دارای ژئولیت کاهش یافت. علاوه بر این نشان داده شده که در جیره‌های طیور آلوده شده با آفلاتوکسین‌ها، اندازه درشت‌تر ذرات ژئولیت (۱ تا ۲ میلی‌متر) در مقایسه با اندازه کوچکتر (کوچکتر از ۱ میلی‌متر)، در کاهش اثرات آفلاتوکسین‌ها موثرتر عمل می‌کنند (پریزادیان‌کاوآن، ۱۳۹۲)، که احتمالاً قوام و دیرتر اشباع شدن منافذ در ذرات درشت‌تر می‌تواند در این کار نقش به‌سزایی داشته باشد (Zorpas *et al.*, 2002).

تمام زمان‌ها بیشترین میزان حلالیت را نشان داد، ولی در سه کانی دیگر از زمان ۸ ساعت به بعد میزان ناپدید شدن تفاوتی با هم نداشتند ($P > 0.05$). به عبارتی میزان ناپدید شدن ماده خشک این سه کانی در اندازه ریزشان تقریباً مشابه بود. اندازه درشت‌تر ژئولیت در تمام زمان‌ها کمترین میزان حلالیت و بنتونیت در هر دو اندازه فیزیکی، در تمام زمان‌ها بیشترین حلالیت را داشت. به‌طور کلی، میزان ناپدید شدن ماده خشک برای اندازه درشت‌تر هر کانی به‌طور معنی‌داری کمتر از اندازه ریزتر آن کانی بود که با توجه به این نکته که حل شدن کانی‌ها همراه با تخریب قسمتی یا کل ساختمان آن‌ها است، از ایفای نقشی که با توجه به ساختمان فیزیکی، از آن‌ها انتظار می‌رود، می‌کاهد و کارایی آن در محیط شکمبه کاهش خواهد یافت. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، اندازه درشت‌تر این کانی‌ها در محیط شکمبه پایدارتر بوده و می‌تواند در ایفای نقش مورد انتظار از آن‌ها موثرتر عمل کند. حل شدن کانی‌ها در محیط شکمبه تا یک زمان خاص افزایش یافت و پس از آن تثبیت شد. (Leung *et al.* (2007) بیان کرده‌اند که pH پایین شکمبه سبب کاهش عملکرد تبدالی و تخریب ساختار ژئولیت می‌شود، ولی علت اینکه چرا پس از یک زمان خاص، حلالیت کانی‌ها ثابت شد آن است که احتمالاً پس از این مدت زمان خاص، تمام زوایا و شاخه‌هایی که در اطراف شبکه فضایی ژئولیت بود تخریب شده و زوایای شبکه به شکلی در آمده که به راحتی تخریب نمی‌شوند. همچنین امکان دارد که تمام منافذ و شبکه کانی‌ها در اثر تبادل یونی، گازی و یا جذب آب، اشباع شده و شبکه به پایداری رسیده باشد. به-هرحال، دلیل اصلی تخریب یا حل شدن کانی‌ها در شکمبه مشخص نیست، ولی pH و دما از عوامل تاثیرگذار در ساختار و خواص ژئولیت‌ها و دیگر کانی‌ها به‌شمار می‌رود (Mumpton and Fishman, 1977).

Pnchev (1987) اثر اندازه ژئولیت خردشده را روی گاوهای نر جوان مورد بررسی قرار داد. این محقق، کاربازین (Carbazin)، مخلوطی از کلینوپتیلولیت و اوره) که حاوی ۴۲

جدول ۳- درصد ناپدید شدن ماده خشک کانی‌های مختلف، با اندازه‌های متفاوت در زمان‌های مختلف کیسه‌گذاری

Table 3. DM disappearance of minerals with different particle size in incubation times

Minerals	Particle size (mm)	DM disappearance in different hours (%)					
		0	4	8	16	24	48
Zeolite	0.85-1	5.52 ^{g*}	6.71 ^f	6.70 ^e	6.71 ^e	6.71 ^e	6.71 ^e
	<0.5	48.69 ^c	50.81 ^b	51.04 ^b	51.50 ^b	51.96 ^b	52.03 ^b
Perlite	0.85-1	14.66 ^f	26.11 ^d	27.19 ^c	27.31 ^c	27.30 ^c	27.31 ^c
	<0.5	46.33 ^d	46.90 ^c	47.47 ^b	48.59 ^b	49.71 ^b	49.90 ^b
Bentonite	0.85-1	94.16 ^b	96.04 ^a	96.26 ^a	96.70 ^a	97.14 ^a	97.29 ^a
	<0.5	97.22 ^a	97.24 ^a	97.26 ^a	97.35 ^a	97.35 ^a	97.35 ^a
Glauconite	0.85-1	7.27 ^g	15.93 ^e	15.93 ^d	15.93 ^d	15.93 ^d	15.93 ^d
	<0.5	43.92 ^e	46.59 ^c	47.51 ^b	47.93 ^b	48.35 ^b	48.72 ^b
P-value		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
SEM		0.75	1.19	1.15	1.21	1.26	1.26

*Means within a column that do not have a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

حاوی ۲ درصد پرلیت به‌طور عددی کمترین میزان مصرف ماده خشک را داشت. در مقابل، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در جیره حاوی ۲ درصد پرلیت بالاترین مقدار بود ولی اختلاف آن با سایر تیمارها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴)، میزان مصرف ماده خشک در تیمارهای مختلف اختلاف چندانی با یکدیگر نداشت، اما در تیمارهای حاوی پرلیت، میزان مصرف خوراک کمتر از دیگر تیمارها بود، به‌طوریکه در تیمار حاوی ۲ درصد پرلیت کمترین مصرف ماده خشک مشاهده شد که این امر می‌تواند به دلیل حجیم بودن پرلیت و خوشخوراک نبودن آن باشد. بالاتر بودن قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در تیمار حاوی ۲ درصد پرلیت با توجه به پایین بودن مصرف ماده خشک در این تیمار منطقی به‌نظر می‌رسد. در تیمار حاوی ۲ درصد زئولیت، خوراک مصرفی با تیمار شاهد برابر بود که نشان می‌دهد مقدار ۲ درصد زئولیت جیره اثری بر میزان خوراک مصرفی در میش‌ها ندارد و با توجه به سطوح بالاتر استفاده شده از آن در جیره‌های تحقیقاتی در گوسفند (گودرزی و همکاران، ۱۳۸۲، Ruiz-Barrera *et al.*; 2006; Ghaemnia *et al.*, 2010) کاهش میزان مصرف خوراک قابل استفاده است. طبق گزارش‌های موجود، زئولیت در حیوانات مختلف هضم را متأثر کرده، الگوی تخمیر در شکمبه را تغییر داده، روی دستگاه گوارش اثر مثبت گذاشته و میزان مورد استفاده قرار گرفتن خوراک را بهبود می‌دهد (Mumpton and Fishman,

همچنین بر اساس مطالعاتی که در زمینه استفاده از کانی‌ها در جذب فلزات سنگین در محیط‌های آبی و فاضلاب‌ها صورت گرفته، اندازه کوچکتر ذرات سرعت تبادل یونی بالاتری داشته‌اند (Helfferich, 1995)، هر چند که این نکته همیشه صادق نیست (Ingezakakis *et al.*, 1999). علاوه بر این، تخریب سریع‌تر ساختار ذرات کوچک‌تر نیز گزارش شده است (Zorpas *et al.*, 2002). به‌طور کلی، با توجه به محدودیتی که نشخوارکنندگان از نظر مصرف اندازه ذرات دارند و زئولیت و کانی‌های تجاری در اندازه کمتر از ۱ میلی-متر در بازار موجود بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرند، به-نظر می‌رسد که اندازه درشت‌تر مورد آزمایش (۱/۸۵-۱ میلی‌متر) از این کانی‌ها نسبت به اندازه ریزتر آن‌ها (کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) در محیط دستگاه گوارش پایدارتر است و احتمالاً جداسازی و عرضه تجاری کانی‌ها با اندازه فیزیکی ۱-۰/۸۵ میلی‌متر سبب کارایی بهتر آن‌ها برای نشخوارکنندگان می‌شود.

آزمایش دوم

مصرف ماده خشک و قابلیت هضم ظاهری ماده خشک
 نتایج آزمایش دوم نشان داد که ماده خشک مصرفی و قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری ندارند ($P > 0.05$) (جدول ۴). میزان ماده خشک مصرفی در تیمار شاهد و ۲ درصد زئولیت، برابر و از نظر عددی بیشتر از دو تیمار دیگر بود. همچنین، تیمار

دادند، مطابقت نداشت، که دلیل این تفاوت ممکن است با نوع دام یا جیره پایه مصرفی در ارتباط باشد، به طوریکه در جیره‌های پرواری که میزان پروتئین آنها بالا است نقش زئولیت بیشتر نمایان می‌شود. درمورد پرلیت گزارش مرتبطی یافت نشد. یکی از دلایل افزایش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، کاهش سرعت عبور مواد خوراکی در اثر اتصال به این کانی‌ها است که این امر سبب می‌شود تا مواد خوراکی خورده شده، زمان بیشتری در معرض آنزیم‌ها و حرکات مکانیکی دستگاه گوارش قرار گرفته و به مقدار بیشتری هضم و جذب شوند (Olver, 1995; Bartko *et al.*, 1995). (Vest and Shutze, 1984; Vest and Shutze, 1997) از طرفی وجود زئولیت در جیره موجب بهبود بیوسنتز و ترشح شیره معده، آنزیم‌های گوارشی، افزایش ترشح موکوس و افزایش فعالیت ترشحات سلول‌های غده‌ای می‌شوند که در عمل‌آوری مکانیکی و شیمیایی بیشتر خوراک نقش دارد (Petukin, 1991). همچنین زئولیت‌ها می‌توانند به عنوان یک عامل بافری‌کننده عمل کرده و در محیط اسیدی شکمبه با افزایش pH، موجب بهبود رشد باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز شوند (Nestorov, 1984).

اثرات مثبت مواد معدنی موجود در زئولیت بر میکروارگانسیم‌های شکمبه، معده، روده، pH و ترکیب کیموس اشاره شده است (Petukin, 1991; Pond, 1993; Nikkhah *et al.*, 2001). همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، افزودن زئولیت و پرلیت، قابلیت هضم ظاهری جیره را تحت تاثیر قرار داد به طوری که قابلیت هضم ظاهری ماده خشک با افزودن ۲ درصد زئولیت و پرلیت به لحاظ عددی افزایش یافت و بالاترین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک مربوط به جیره حاوی ۲ درصد پرلیت (۶۶/۰۳ درصد) و پس از آن ۲ درصد زئولیت (۶۵/۶۶ درصد) بود که بیشتر از گروه شاهد می‌باشد، ولی در جیره حاوی ۱ درصد زئولیت + ۱ درصد پرلیت این مقدار کمتر از تیمار شاهد بود (۶۵/۲۱ درصد) مقابل ۶۵/۵۲ درصد). بنابراین احتمالاً بین زئولیت و پرلیت اثر متقابل وجود دارد که سبب کاهش قابلیت هضم ظاهری می‌شود.

نتایج این آزمایش در مورد زئولیت با نتایج سایر محققین (Ghaemnia *et al.*, 2010, Sanders *et al.*, 1995, Dschaak *et al.*, 2010) مطابقت داشت ولی با نتایج گودرزی و همکاران (۱۳۸۲)، (Cheshmedzhiev *et al.*; Holthaus (1996), (1981) و McCollum and Galyean (1983) که بهبود قابلیت هضم ظاهری ماده خشک را با مصرف زئولیت نشان

جدول ۴- میزان مصرف ماده خشک، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی و رطوبت مدفوع در جیره‌های مختلف

Table 4. Dry matter intake, nutrients apparent digestibility and fecal moisture in different diets

	Treatments*				P-value	SEM
	Control	2% zeolite	2% perlite	1% zeolite + 1% perlite		
DMI (g/animal/day)	1105.34	1105.44	1058.12	1095.29	0.37	30.63
Digestibility (%)						
DM	65.52	65.66	66.03	65.21	0.94	1.15
OM	64.93	70.52	67.04	66.39	0.23	2.01
CP	64.19 ^b	67.09 ^a	61.25 ^b	64.46 ^b	0.03	1.28
NDF	55.73	56.42	54.74	54.00	0.78	1.75
ADF	48.01	47.52	45.84	48.44	0.88	2.43
Ca	—	63.25 ^a	26.38 ^c	46.07 ^b	<0.0001	5.72
P	—	74.67 ^a	45.23 ^b	38.09 ^b	<0.0001	4.32
Fecal moisture (%)	66.63 ^a	59.93 ^b	61.40 ^b	65.44 ^a	<0.0001	0.0065

*Means within a row that do not have a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

طوری که تیمار حاوی ۲ درصد زئولیت بالاترین (۷۰/۵۲ درصد) و تیمار شاهد کمترین (۶۴/۹۳ درصد) قابلیت هضم ظاهری ماده آلی را داشت.

قابلیت هضم ظاهری ماده آلی

همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است، قابلیت هضم ظاهری ماده آلی با افزودن زئولیت و پرلیت به جیره بهبود یافت هرچند که تفاوت آنها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$)، به-

جذب و تبادل کاتیونی زئولیت مربوط باشد که در شکمبه آمونیاک تولیدی را جذب کرده و به تدریج آزاد می‌نماید و به این طریق با سنتز پروتئین میکروبی موجب افزایش مورد استفاده قرار گرفتن ازت و کاهش دفع آن می‌شود (Mumpton and Fishman, 1977). پایین‌تر بودن قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در جیره حاوی ۲ درصد پرلیت، احتمالاً به دلیل عدم وجود تبادل کاتیونی در این کانی می‌باشد. همچنین افزایش زمان عبور خوراک از دستگاه گوارش نیز سبب می‌شود تا آنزیم‌های میکروبی و دستگاه گوارش حیوان بر موادمغذی جیره، از جمله پروتئین خام بیشتر عمل کرده و هضم و جذب آن را بیشتر نمایند (Bartko et al., 1995)، علاوه بر این ثابت شده که زئولیت سبب افزایش فعالیت و پایداری آنزیم‌ها در دستگاه گوارش می‌شود (Petunkin, 1991) و احتمالاً پرلیت فاقد این خاصیت می‌باشد و به همین دلیل قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در تیمار حاوی ۲ درصد پرلیت کمتر شده است. در تنها گزارش یافت شده در این باره، Tatar et al. (2008a) عدم تاثیر پرلیت را بر قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در جوجه‌های گوشتی اعلام نمودند، در حالیکه افزودن ۲/۵ و ۵ درصد زئولیت به جیره، باعث افزایش معنی‌دار قابلیت هضم ظاهری پروتئین شده بود (Tatar et al., 2008b). آنها دلیل احتمالی این امر را ناشی از خاصیت جذب آب در زئولیت‌ها و نیز کاهش سرعت عبور مواد خوراکی از دستگاه گوارش دانستند.

قابلیت هضم ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که تفاوت بین تیمارها در مورد قابلیت هضم ظاهری دیواره سلولی (NDF) معنی‌دار نیست ($P > 0.05$). در بین جیره‌ها، جیره دارای ۲ درصد زئولیت با ۵۶/۴۲ درصد، بیشترین قابلیت هضم ظاهری NDF و تیماری که زئولیت و پرلیت را به صورت همزمان دریافت کرده بود، کمترین میزان قابلیت هضم ظاهری NDF را نشان دادند، هرچند که تفاوت آنها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). به‌طور کلی تیمارهایی که پرلیت دریافت کرده بودند، قابلیت هضم ظاهری کمتری را برای دیواره

(Sanders et al. 1995) طی آزمایشی با مایع شکمبه گاو-های گوشتی نشان دادند که با افزودن ۲/۵ درصد زئولیت یا بیکربنات سدیم به جیره غذایی، هیچ اختلافی از نظر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و غلظت آمونیاک باهم نداشتند. همچنین (Dschaak et al. 2010) با مقایسه اثر ۱/۴ درصد بیکربنات سدیم و زئولیت بر گاوهای شیری مشاهده کردند که قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، NDF و ADF تحت تاثیر قرار نگرفت. (Grabherr et al. 2009) نیز عدم تاثیر زئولیت A را بر قابلیت هضم ماده آلی بیان کردند. در آزمایش آنها میزان تخمیر ماده آلی در شکمبه در جیره‌های حاوی زئولیت A به‌طور معنی‌داری کاهش یافته بود. آنها دلیل آن را این‌گونه بیان کردند که وجود یون فسفات برای رشد میکروب‌های شکمبه ضروری است، از طرفی یون فسفات با یون آلومینیوم موجود در ساختمان زئولیت باند می‌شود و قابلیت دسترسی آن را کاهش داده و از این طریق بر فعالیت آنها تاثیر می‌گذارد. در مقابل، (Sweeney et al., Cheshmedzhiev et al. 1981) (1984) و (Holthaus 1996) بهبود قابلیت هضم ماده آلی خوراک را با افزودن زئولیت به جیره غذایی گزارش کردند. در این آزمایش نیز زئولیت و پرلیت به‌طور عددی قابلیت هضم ظاهری ماده‌آلی را بهبود بخشیدند.

قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام

مقایسات میانگین تیمارها برای قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$), به طوری که قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در تیمار حاوی ۲ درصد زئولیت به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). تیمار شاهد (۶۴/۱۹ درصد)، تیمار حاوی ۲ درصد پرلیت و تیمار حاوی ۱ درصد زئولیت + ۱ درصد پرلیت (۶۴/۴۶ درصد)، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ($P > 0.05$), هر چند که تیمار یک و چهار از لحاظ عددی بیشتر از تیمار سه بودند.

نتیجه این آزمایش با نتایج (Cheshmedzhiev et al. 1981) (Sweeney et al., McCollum and Galyeen 1983) (1984)، (Forouzani et al. و Ghaemnia et al. 2010) (2004) مطابقت دارد. علت این امر می‌تواند به خاصیت

قابلیت هضم ظاهری برآوردی در تیمار شاهد برای کلسیم و فسفر منفی بود. در سایر تیمارها، تیمار حاوی ۲ درصد زئولیت نسبت به بقیه تیمارها مقادیر معنی‌دار و بیشتری از قابلیت هضم ظاهری برای کلسیم و فسفر را نشان داد ($P < 0.05$). در جیره‌ای که زئولیت و پرلیت با هم وجود داشتند، میزان قابلیت هضم ظاهری برای کلسیم، بیشتر از جیره حاوی ۲ درصد پرلیت بود ($P < 0.05$), در حالی که در مورد فسفر این مقدار برابر با جیره حاوی ۲ درصد پرلیت بود. ($P > 0.05$) با این حال در هر دو مورد از جیره دارای ۲ درصد زئولیت به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P < 0.05$).

مطالعات نشان می‌دهد که اتلاف مدفوعی با منشأ داخلی (درون‌زاد) در مورد اکثر مواد معدنی به‌خصوص کلسیم، فسفر، منیزیم و آهن وجود دارد. این امر احتمالاً از موادی که وارد دستگاه گوارش شده اما مواد معدنی آنها بازجذب نمی‌شوند، ناشی شده و ممکن است میزان آن نسبتاً زیاد باشد. در نشخوارکنندگان میزان فسفری که از طریق بزاق به داخل دستگاه گوارش ترشح می‌شود عموماً بیشتر از مقدار آن در خوراک است (نویدشاد و جعفری‌صیادی، ۱۳۷۹). به-دلیل ذکر شده، در چنین عناصری ضریب قابلیت هضم ظاهری دارای اهمیت اندکی است. از این‌رو معیار قابلیت هضم حقیقی که برای مواد معدنی، قابلیت دسترسی^۱ نامیده می‌شود، دارای اهمیت است (نویدشاد و جعفری‌صیادی، ۱۳۷۹). برای اندازه‌گیری قابلیت دسترسی یک ماده معدنی باید بین ماده معدنی با منشأ خوراکی و درون‌زاد، تمایز قائل شد که این کار ممکن است از طریق نشان‌دار کردن یک عنصر در بدن با یک ایزوتوپ رادیواکتیو انجام گیرد. این کار پرهزینه بوده و نیاز به امکانات خاص دارد.

به‌طور کلی در این آزمایش میزان قابلیت‌هضم ظاهری در تیمارهای حاوی کانی‌ها بیشتر از گروه شاهد بود، به-طوریکه قابلیت هضم ظاهری در تیمار شاهد برای کلسیم و فسفر منفی شد که نشان‌دهنده آن است که میزان کلسیم و فسفر موجود در مدفوع از میزان موجود در خوراک بیشتر است که احتمالاً به منشأ داخلی و بافتی برمی‌گردد. در مورد اینکه چرا فقط در جیره شاهد مقدار برآوردی منفی شد ولی در سایر تیمارها مثبت بود، احتمال می‌رود تأثیری که کانی-

سلولی نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. نتایج این تحقیق در مورد زئولیت با نتایج (Dschaak et al. 2010) که عدم تاثیر معنی‌دار را بر قابلیت‌هضم NDF مشاهده کرده بودند، مطابقت داشت، در حالی که با نتایج Sweeney et al. (1984)، Galindo et al. (1990)، Forouzani et al. (2004) و Ghaemnia et al. (2010) که افزایش قابلیت هضم NDF را در اثر زئولیت نشان داده بودند مطابقت نداشت که احتمال دارد این عدم مطابقت به پایین بودن سطح زئولیت در آزمایش حاضر برگردد. در مورد پرلیت تحقیقات مشابهی در نشخوارکنندگان یافت نشد.

قابلیت هضم ظاهری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، تفاوت بین تیمارها از نظر قابلیت هضم ظاهری ADF معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). قابلیت هضم ظاهری ADF در جیره حاوی ۱ درصد زئولیت + ۱ درصد پرلیت (۴۸/۴۴ درصد) و نیز جیره شاهد (۴۸/۰۱ درصد) بیشتر از دو جیره دیگر بود و جیره حاوی ۲ درصد پرلیت با ۴۵/۸۴ درصد کمترین قابلیت هضم ظاهری را برای ADF نشان داد. در آزمایش Ghaemnia et al. (2010) که اثر سطوح صفر، ۳، ۶ و ۹ درصد زئولیت را بر قابلیت هضم مواد مغذی بررسی کردند، با افزایش سطح زئولیت، قابلیت هضم ADF کاهش یافت به‌طوری که قابلیت هضم ظاهری ADF در تیمار شاهد (۳۴/۵۲ درصد) بیشترین مقدار و در تیمار حاوی ۹ درصد زئولیت (۲۴/۴۷ درصد) کمترین بود. به طور کلی، در این آزمایش تیمارهای آزمایشی نتوانستند سبب بهبود قابلیت هضم ظاهری ADF شوند و میزان قابلیت هضم ظاهری برای ADF در تیمارها به لحاظ عددی کمتر از گروه شاهد برآورد شد که با نتایج (Dschaak et al. 2010) و Ghaemnia et al. (2010) مطابق بود.

قابلیت هضم ظاهری کلسیم و فسفر

قابلیت هضم ظاهری کلسیم و فسفر برای جیره‌های آزمایشی در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بین تیمارها از لحاظ قابلیت هضم ظاهری کلسیم و فسفر تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.05$), ولی

¹ Availability

بود ($P < 0.05$)، به طوریکه تیمار شاهد با ۶۶/۶۳ درصد بیشترین و تیمار حاوی ۲ درصد زئولیت با ۵۹/۹۳ درصد کمترین میزان رطوبت مدفوع را دارا بودند (جدول ۴). از نظر میزان رطوبت مدفوع، جیره‌های دارای ۲ درصد زئولیت با ۲ درصد پرلیت، اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی با جیره‌های شاهد و تیمار مشترک زئولیت-پرلیت، که هر دو دارای بیشترین میزان رطوبت در مدفوع بودند، تفاوت معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$). کمتر بودن میزان رطوبت مدفوع در تیمارهای حاوی کانی‌ها نسبت به گروه شاهد به خاصیت جذب آب در کانی‌ها بر می‌گردد. استفاده از کانی‌ها و متعاقب آن کمتر شدن رطوبت مدفوع، می‌تواند در کاهش آلودگی و لجن شدن کف دامداری‌ها و پیشگیری از مشکلات و بیماری‌های بعدی آن مفید باشد. نیکخواه و همکاران (۱۳۷۹) اثر سطوح مختلف زئولیت را بر تولید و ترکیب شیر، pH و رطوبت مدفوع در گاوهای شیری مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که از لحاظ رطوبت مدفوع تفاوتی بین جیره‌ها وجود نداشت. نتایج تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که وجود زئولیت‌ها در جیره غذایی، بروز، شدت و طول مدت اسهال را در گوساله‌ها و خوک‌ها کاهش می‌دهد (Petkova et al., 1982; Bartko et al., 1995; Mumpton and Fishman, 1977). هرچند که مکانیسم دقیق آن کاملاً روشن نیست ولی شواهدی وجود دارد که زئولیت‌ها، از راه ایجاد اختلال در کار عوامل مسبب یا مستعدکننده اسهال در روده، از این بیماری جلوگیری می‌کنند و نیز از طریق جذب آب مدفوع و آزادسازی تدریجی آن مانع از آبکی شدن مدفوع می‌شوند (Bartko et al., 1995).

متابولیت‌های خونی

نتایج غلظت متابولیت‌های خونی در گوسفندان دریافت‌کننده جیره‌های آزمایشی در جدول ۵ ارائه شده است. سطوح مختلف زئولیت و پرلیت اثر معنی‌داری بر متابولیت‌های خونی میش‌های دالاق نداشتند ($P > 0.05$). سطح گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسیم و فسفر خون در جیره حاوی ۲ درصد زئولیت بالاترین مقدار را در مقایسه با سایر تیمارها و گروه شاهد نشان داد، ولی این اختلاف معنی‌دار نبود

ها بر متابولیسم کلسیم و فسفر گذاشته‌اند (Leung et al., 2007)، از اتلاف و هدر رفت آن از طریق مدفوع جلوگیری -کنند.

در یک آزمایش (Leung et al., 2007) که روی خوک‌ها انجام شد میزان دفع فسفر از مدفوع در تیمارهای دارای زئولیت نسبت به شاهد، ۲۲-۱۴ درصد کاهش یافت. مطالعات، نقش زئولیت‌ها را در بهبود متابولیسم کلسیم اثبات می‌کنند بطوریکه این ترکیبات سبب کاهش سنگ‌های مجاری ادراری در دام‌های پرواری (Polat et al., 2004; Mumpton and Fishman, 1977) و نیز پیشگیری از بروز تب شیر در گاوهای شیری (Thilsing-Hansen et al., 2008; Pallesen et al., 2002) می‌شود. زئولیت با توجه به ساختار فیزیکی خاص خود می‌تواند کاتیون‌های اضافی را به خود جذب کرده و به تدریج آزاد کند. این کار علاوه بر اینکه از اتلاف آن‌ها جلوگیری می‌کند سبب می‌شود که محیط دستگاه گوارش پایدارتر شود که نتیجه آن تداوم کار میکروب‌ها، افزایش بازدهی آن‌ها و در نتیجه بهبود عملکرد دام خواهد بود (Mongin, 1984؛ نیکخواه و همکاران، ۱۳۷۹). با این حال، جیره حاوی ۲ درصد زئولیت بالاترین قابلیت هضم ظاهری برای کلسیم را نشان داد ($P < 0.05$)، که احتمالاً این امر به قابلیت بالاتر زئولیت در تبادل یونی، نسبت به پرلیت برمی‌گردد. در مورد قابلیت هضم ظاهری فسفر، تیمار حاوی ۲ درصد زئولیت با تیمار حاوی ۲ درصد پرلیت تفاوت معنی‌دار نداشتند ($P > 0.05$). در آزمایشی که Grabherr et al. (2009) روی گاو شیری انجام دادند و طی آن اثر زئولیت A را بر قابلیت هضم ظاهری کلسیم، فسفر و منیزیم بررسی کردند، مشاهده کردند که مکمل کردن زئولیت A اثری بر قابلیت هضم کلسیم و منیزیم نداشت، در حالی که هضم کل فسفر را به طور معنی‌داری کاهش داد. آنها دلیل این امر را باند شدن فسفر با آلومینیوم موجود در ساختمان زئولیت دانستند که از جذب آن جلوگیری کرده و از این طریق سبب کاهش قابلیت هضم فسفر می‌شود.

رطوبت مدفوع

نتایج موجود در جدول ۴ نشان می‌دهد که میزان رطوبت مدفوع در تیمارها به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد

تیمارها بود، در صورتی که گوسفندانی که یک درصد زئولیت و ۱ درصد پرلیت را به‌طور همزمان دریافت کرده بودند، کمترین میزان کلسیم خون را نشان دادند. در مورد میزان فسفر خون، تیمارها همگی به‌طور عددی بیشتر از گروه شاهد بودند. به‌طور کلی جیره دارای ۲ درصد زئولیت، از نظر عددی بیشترین مقدار کلسیم و فسفر را در سرم خون گوسفندان باعث شد. این مقادیر هر چند که با دیگر تیمارها اختلاف عددی داشت ولی این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P > 0.05$).

Roussel *et al.* (1992) و نیکخواه و همکاران (۱۳۸۲) در آزمایش خود روی گاوهای شیری مشاهده کردند که میزان کلسیم و فسفر سرم خون در تیمارهای دارای زئولیت بیشتر بود، ولی بر خلاف آن‌ها (Demirel *et al.* 2011) مشاهده کردند که زئولیت اثری بر میزان سطح مواد معدنی خون موش‌های صحرایی (از آن جمله کلسیم و فسفر) نداشت. Grabherr *et al.* (2009) در آزمایش خود با گاوهای فیستوله شده خشک، مشاهده کردند که سطح آلومینیوم و فسفر خون در اثر افزودن زئولیت A به مقدار ۵ و ۱۰ گرم در کیلوگرم به جیره کاهش یافت. آنها باند شدن فسفات با آلومینیوم موجود در زئولیت را دلیل این کاهش دانستند. در آزمایشاتی به منظور بررسی تأثیر زئولیت بر پیشگیری از تب شیر در گاو مشاهده شد که مکمل‌سازی جیره با زئولیت سبب افزایش معنی‌دار سطح کلسیم خون می‌شود (Pallesen *et al.*, 2008; Thilsing-Hansen *et al.*, 2002). علت افزایش برخی از متابولیت‌های خون در دام‌ها می‌تواند به واسطه افزایش جذب آنها در اثر مصرف کانی‌ها در جیره باشد. همچنین احتمال می‌رود کانی‌ها مسیرهای متابولیسمی و عوامل موثر در جذب و دفع متابولیت‌ها در خون را فعال می‌کنند.

($P > 0.05$) بر خلاف آن، میزان BUN، در تیمار دریافت‌کننده ۲ درصد زئولیت کمترین مقدار (۱۴/۷۸ mg/dl) و در جیره حاوی ۲ درصد پرلیت بیشترین مقدار (۱۸/۹۹ mg/dl) را نشان دادند (جدول ۵). کمتر بودن میزان BUN در جیره دارای ۲ درصد زئولیت به خاصیت تبادل آنیون-کاتیونی زئولیت برمی‌گردد. به این صورت که زئولیت NH_4^+ را در شکمبه جذب کرده و به تدریج در اختیار میکروب‌های شکمبه قرار می‌دهد و این خواص موجب کاهش NH_4^+ در شکمبه شده و با این ساز و کار سبب کاهش نیتروژن اوره‌ای پلازما می‌شود (Mumpton and Fishman, 1977). (Ghaemnia *et al.* 2010) با استفاده سطوح صفر، ۳، ۶ و ۹ درصد زئولیت در جیره غذایی گوسفندان نژاد عربی مشاهده کردند که بیشترین میزان گلوکز و کمترین میزان اوره خون به ترتیب در سطح ۳ و ۶ درصد زئولیت می‌باشد. در آزمایش حاضر، میانگین میزان کراتینین و کلسترول در تیمارهای مختلف تفاوت چندانی با هم نداشتند، ولی در تیمار حاوی ۲ درصد پرلیت بیشترین مقدار عددی و در تیمار چهار (مخلوط زئولیت و پرلیت) کمترین مقدار عددی حاصل شد. در آزمایشی روی گاوهای شیری مشاهده شد که غلظت گلوکز، تری‌گلیسرید و پروتئین کل با افزایش سطح زئولیت، بیشتر شد (نیکخواه و همکاران، ۱۳۸۲). میزان تری‌گلیسرید نیز در گوسفندان دریافت‌کننده ۲ درصد زئولیت بیشتر از سایر تیمارها بود هر چند که این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). در آزمایش حاضر، میزان کلسترول و پروتئین کل خون به ترتیب در تیمارهای حاوی پرلیت و زئولیت بیشتر از تیمار شاهد و در تیمار توأمان زئولیت-پرلیت، از گروه شاهد کمتر بود. این نتایج با یافته‌های Demirel *et al.* (2011) در موش‌های صحرایی مطابقت داشت. زئولیت از طریق بهبود متابولیسم شکمبه و افزایش جذب اسیدهای چرب فرار (Erwanto *et al.*, 2010) می‌تواند سبب افزایش سطح تری‌گلیسرید خون شود.

میزان سطح کلسیم خون در تیمارهای حاوی ۲ درصد زئولیت و ۲ درصد پرلیت تقریباً مشابه و بیشتر از بقیه

جدول ۵- میانگین غلظت متابولیت‌های خون در جیره‌های آزمایشی

Table 5. Average concentration of blood metabolites in experimental diets

Blood parameters (mg/dl)	Treatments				P-value	SEM
	Control	2% zeolite	2% perlite	1% zeolite + 1% perlite		
Glucose	46.5	48.5	42.25	42.75	0.47	3.11
BUN	15.68	14.78	18.99	17.05	0.28	1.20
Creatinine	0.92	0.92	0.94	0.90	0.91	0.04
Triglyceride	18.75	19.25	18.25	18.00	0.93	2.11
Cholesterol	78.25	79.00	86.5	71.25	0.15	0.00
Total Protein	8.10	8.15	8.25	7.94	0.74	0.18
Calcium	11.55	11.82	11.79	8.50	0.52	1.52
Phosphorus	6.92	9.33	7.70	7.98	0.76	1.66

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت اندازه فیزیکی ۰/۸۵-۱ میلی متر این کانی‌ها در محیط شکمبه پایدارتر است که می‌تواند در عمل به نقش مورد انتظار آن‌ها، از جمله جذب آب، گازها و توکسین‌ها و نیز تبادل یونی موثرتر عمل کنند. در این آزمایش تیمار حاوی ۲ درصد زئولیت قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام را به طور معنی‌داری بهبود بخشید، BUN را به طور عددی کاهش داده و قابلیت هضم ماده آلی و NDF را به طور عددی بهبود بخشید. همچنین در این آزمایش سطح ۲ درصد زئولیت و پرلیت اثر معنی‌داری بر متابولیت‌های خونی، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، ADF و NDF نداشتند، که به نظر می‌رسد سطوح مورد استفاده پایین بوده است. به‌طور کلی، استفاده

از زئولیت و پرلیت در جیره تا سطح ۲ درصد سبب بهبود عملکرد میش‌ها بدون داشتن اثرات سوء می‌شود.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که هزینه‌های انجام این تحقیق را فراهم نمودند و نیز از شرکت سهامی مزرعه نمونه ارتش در آق‌قلا که امکانات انجام آزمایش دوم را مهیا کردند، سپاسگزاری می‌شود. همچنین از تلاش‌های آقایان سید اسکندر حسینی، مهندس بائی، مهندس غلامیان و خانم مهندس رحمتی که در انجام این تحقیق کمال همکاری را داشتند، تشکر می‌شود.

فهرست منابع

- آقاشاهی ع، نیکخواه ع، میرهادی س، الف و مرادی شهربابک م. ۱۳۸۴. اثرات بنتونیت فرآوری‌شده و نشده (مونتموریلونیت) و زئولیت (کلینوپتیلولیت) بر فراسنجه‌های تخمیر، جمعیت میکروبی شکمبه و توان تولیدی گوساله‌های نر. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۳): ۴۱۳-۴۲۳.
- اتردی س. ۱۳۷۸. کانی‌شناسی سیلیکات‌ها، دانا، جی. (مؤلف). تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۹۱ص.
- پریزادیان کاوان ب. ۱۳۹۲. مطالعه تاثیر اندازه فیزیکی کلینوپتیلولیت و سدیم زئولیت A بر شاخص‌های رشد جوجه گوشتی تغذیه شده با جیره‌های آلوده و غیرآلوده به آفلاتوکسین. رساله دکتری تغذیه طیور. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- دانایی م. ۱۳۵۲. کانی‌شناسی سیلیکات‌ها (جلد ۲)، انتشارات دانشگاه مشهد، شماره ۴۰.
- صالحی ن، نیکخواه ع، اسدی‌مقدم ر. و میرایی‌آشتیانی س. ر. ۱۳۸۴. اثر سطوح مختلف زئولیت همراه با اوره روی توان تولیدی بره‌های پرواری نر و ماده ورامینی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶: ۱۵۵۳-۱۵۶۰.
- قربانی م. ۱۳۷۸. پرلیت و پوک‌های معدنی. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۱۲۵ ص.

- گودرزی م.، نیکخواه ع.، میرهادی س. الف.، سهرابی حق‌دوست الف. و افتخارنژاد، ج. ۱۳۸۲. تاثیر کلینوپتیلولیت بر روی عملکرد پروری و سلامت بافت کبد و کلیه بره‌های نژاد شال. پژوهش و سازندگی، ۶۰: ۷۰-۷۶.
- نویدشاد ب. و جعفری‌صیادی ع. ۱۳۷۹. در ترجمه تغذیه دام، مکدونالد پی. آر.، ادواردز الف. و گرین‌هال جی. اف. دی. (مولفین). انتشارات فرهنگ جامع. ۵۰۶ ص.
- نیکخواه ع. ف. صادقی ع. الف. و مرادی شهرابک م. ۱۳۸۳. اثر کاربرد کلینوپتیلولیت روی سلامتی و فراسنجه‌های خونی-ایمنی گوساله‌های شیرخوار. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۱): ۱۹۵-۲۰۳.
- نیکخواه ع.، گودرزی م. و میرائی‌آشتیانی س. ر. ۱۳۷۹. اثر سطوح مختلف زئولیت طبیعی روی تولید و ترکیب شیر، pH شکمبه و مدفوع گاوهای هلشتاین. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۱(۲): ۲۲۱-۲۲۹.
- نیکخواه ع. و امانلو ح. ۱۳۷۴. تغذیه و خوراک‌دادن دام. چرچ دی. سی. و پوند وی. جی. (مولفین). انتشارات جهاد دانشگاهی زنجان. ۷۲۸ ص.
- نیکخواه ع.، صفامهر ع. ر. و مرادی شهرابک م. ۱۳۸۲. اثرات کلینوپتیلولیت طبیعی و بیکربنات سدیم روی متابولیت‌های خون، شیر و ترکیبات شیر گاوهای هلشتاین. پژوهش و سازندگی، ۳۸: ۳۲-۶۰.
- Amini A. 2005. The study of sedimentology and mineralogy of gluconite sand stone in north east of Iran. In: Proceeding of 24th AIS meeting of sedimentology. Muscat. Oman.
- Amorosi A., Sammartino I. and Tateo F. 2007. Evolution patterns of glaucony maturity: a mineralogical and geochemical approach. *Journal of Deep-Sea Research*, 54: 1364-1374.
- AOAC. 1992. Official methods of analysis. 13rd ed. Assoc. off. Anal. Chem., Washington, DC. Vol 1. No 1.
- Bartko P., Seidel H. and Kovac G. 1995. Use of clinoptilolite-rich tuffs from Slovakia in animal production: a review, in *Natural Zeolites 93* (Ming D.W. and Mumpton F.A. Eds), pp 467-475, Int. Comm. Natural Zeolites, Brockport, New York.
- Chegeni A., Li Y. L., Deng K. D., Jiang C. G. and Diao Q. Y. 2013. Effect of dietary polymer-coated urea and sodium bentonite on digestibility, rumen fermentation, and microbial protein yield in sheep fed high levels of corn stalk. *Livestock Science*, 157: 141-150.
- Cheshmedzhie B. V., Mircheva D., Dzhavorova M. and Stanchev K. 1981. Effect of zeolite in diets with urea in experiments with sheep. *Zhivotonovdninauki*, 18: 64.
- Demirel R., Yokus B., Senturk Demirel D. and Baran M. 2011. Effects of dietary zeolite on serum contents and feeding performance in Rats. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(3): 345-350.
- Dschaak C. M., Eun J. S., Young A. J., Stott R. D. and Peterson S. 2010. Effects of supplementation of natural zeolite on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactational performance of dairy cows. *The Professional Animal Scientist*, 26: 647-654.
- Duncan D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11: 1-42.
- Erwanto W., Zakaria A. and Prayuwidayati M. 2010. The use of ammoniated zeolite to improve rumen metabolism in ruminant. *Journal of Production*, 13: 138-142.
- Forouzani R., Rowghani E. and Zamiri M. J. 2004. The effect of zeolite on digestibility and feedlot performance of Mehraban male lambs given a diet containing urea-treated maize silage. *Journal of Animal Science*, 78: 179-184.
- Galindo J., Elias A., Michelena J. B. and Morffi N. 1990. The effect of zeolite on various physiological groups of ruminal bacteria of cows consuming silage under controlled grazing conditions. *Cuban Journal of Agriculture Science*, 24: 177.
- Ghaemnia L., Bojarpour M., Mirzadeh Kh., Chaji M. and Eslami M. 2010. Effects of different levels of zeolite on digestibility and some blood parameters in Arabic lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(4): 779-781.
- Ghiasi Ghale-Kandi J., Valilu M. R., Ebrahimmazhad Y., Salamatdoust Nobar R., Karamouz H. and Nazeri M. 2011. Effect of different levels of perlite on performance of broiler chicks. *Advance Environmental Biology*, 5(4): 776-779.
- Grabherr H., Spolders M., Lebzien P., Huther L., Flachowsky G., Furl M. and Grun M. 2009. Effect of zeolite A on rumen fermentation and phosphorus metabolism in dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*, 63(4): 321-336.
- Helfferrich F. 1995. Ion exchange. Dover, New York.
- Holthaus D. L. 1996. Effect of zeolite materials on rumen fermentation characteristics when compared to sodium bicarbonate. *Journal of Animal Science*, 74: 284.

- Ingezakis V., Diamandis N., Loizidou M. and Grigoropoulou H. 1999. Effect of pore clogging on kinetics of lead uptake by clinoptilolite. *Journal of Colloid Interface Science*, 215: 54-57.
- Irani M., Amjadib M. and Mousavian M. A. 2011. Comparative study of lead sorption onto natural perlite, dolomite and diatomite. *Chemical Engineering Journal*, 178: 317- 323.
- Jenabi Shelmani S., Shams Shargh M., Ahani Azari M. and Tatar A. 2010. Effects of natural zeolite and perlite on carcass characteristics, feed intake cost and meat production cost in Japanese quail. In: *Proceeding of Regional ISAE meeting: Applied Ethology in Australasia and Africa*. New Zealand. p. 30.
- Jenkins T. C. and Fotouhi N. 1990. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial. *Journal of Animal Science*, 68: 460-466.
- Karimi E., Abdolzadeh A., Sadeghipour H. R. and Aminei A. 2011. The potential of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer for olive plants. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1: 1-11.
- Kononoff P. J. and Heinrichs A. J. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. DAS-02-042. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. Penn State Univ., University Park, PA.
- Leung S., Barrington S., Wan Y., Zhao X. and El-Husseini B. 2007. Zeolite (clinoptilolite) as feed additive to reduce manure mineral content. *Bioresource Technology*, 98: 3309-3316.
- Lopez R. G., Elias A. and Mechaca M. A. 1992. The utilization of zeolite by dairy cows. 2: effect on milk yield. *Cuban Journal of Agriculture Science*, 26: 131-134.
- Mana M., Ouali M. S. and de Menorval L. C. 2007. Removal of basic dyes from aqueous solutions with treated spent bleaching earth. *Journal of Colloid and Interface Science.*, 307: 9-16.
- McAllister T. A., Okine E. K., Mathison G. W. and Cheng K. J. 1996. Dietary environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Journal of Animal Science*, 76: 231-243.
- McCullum F. T. and Galyean M. L. 1983. Effects of clinoptilolite on rumen fermentation and feedlot performance in beef steers fed high concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 59: 517.
- Mohammad Torab F. and Kohsari A. H. 2003. Mineralogical studies of bentonite, implications for activation using chemical methods. *Iranian Journal of crystallography and Mineralogy*, 11(1): 3-14.
- Mongin P. 1984. Recent advances in dietary anion-cation balance in poultry. Cole D. J. A. and Haresign W. *Recent development in poultry nutrition*, pp. 4-96.
- Mumpton F. A. and Fishman P. H. 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *Journal of Animal Science*, 45: 1188.
- National Research Council. 1985. *Nutrient requirement of sheep*. National Academy Press Washington DC.
- Nestorov N. 1984. Possible application of natural zeolites in animal husbandary. In *zeo-Agriculture: use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*, Pond W. G. and Mumpton F. A. eds., Westview press, Boulder, Colorado. 197.
- Nikkhah A., Safamehr A. R. and Moradi Shahre Babak M. 2001. Effect of natural clinoptilolite- rich tuff and sodium bicarbonate on milk yield, milk composition and blood profile in Holstein cows. In: *Proceeding of 13rd International conference, Montpelleir, France*.
- Olver M. D. 1997. Effects of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. *British Poultry Science*, 38: 221.
- Orskov E. R., Deb Hovell F. D. and Mould F. 1980. The use of the neylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Journal of Tropical Animal Production*, 3: 195-212.
- Pallesen A., Pallesen F., Jørgensen R. J. and Thilising T. 2008. Effect of pre-calving zeolite, magnesium and phosphorus supplementation on periparturient serum mineral concentrations. *The Veterinary Journal*, 175: 234-239.
- Petkova E., Venkov T., Chushrov P., Dzhurov A., Stefanov T. S., Poschakov E. and Chelebieva S. 1982. Bulgarian potassium calcium as a preventic for digestive disorders in calves. *Veterinarno Meditsinski Nauki*.
- Petukin N. 1991. Influence of zeolite on animal digestion. In: *Proceeding of Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites Conference*. Fuentes G. R. and Gonzalez J. A. Havana, Cuba. P. 280.
- Panchev P. 1987. Effect of the coarseness of ground zeolite in diets for young bulls. *Zhivotnov Dani Nauki*, 24(1): 26.
- Polat E., Karaca M., Demir H. and Onus N. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 183-189.
- Pond W. G. 1993. Zeolite in animal nutrition and health. In: *Proceeding of Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites Conference*. Ming D. W. and Mumpton F.A. Eds., Brockport, New York. P. 449.
- Rolia M., Chassapis K. and Kapoutsis. 2005. Influence of thermal treatment on the water release and the glassy structure of perlite. *Journal of Material Science*, 41: 5870-5881.

- Roussel J. D., Thibodeaux J. K., Adkinson R. W., Toups G. M. and Coodeaux L. L. 1992. Effect of feeding various levels of sodium zeolite A on milk yield, milk composition and blood profiles thermally stressed Holstein cows. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 67: 91.
- Ruiz-Barrera O., Castillo-Castillo Y., Arzola-Alvarez C., Rubio-Arias H., Salvador-Torres F., Rodriguez-Mulea C., Holgoín-Licon C. and Jimenez-Castro J. 2006. Effects of graded levels of zeolite on the digestibility and nutrient intake of sheep. In: *Proceeding of Western Section, American Society of Animal Science*.
- Sanders K. J., Richardson C. R. and Holrhaus D. L. 1995. Effect of different zeolite materials on *In vitro* digestibility, ammonia release and pH. *Journal of Animal Science*, 74: 273-280.
- SAS. 2002. SAS/STAT user's guide, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC. USA.
- Scheideler S. E. 1993. Effect of various types of aluminosilicates and aflatoxin B₁ on aflatoxin toxicity, chick performance, and mineral status. *Poultry Science*, 72: 282-288.
- Silber A., Bar-Yosef B., Suryano S. and Levkovitch I. 2012. Zinc adsorption by perlite: Effects of pH, ionic strength, temperature, and pre-use as growth substrate. *Geoderma*, 170: 159-167.
- Sweeney T. F., Cervantes A., Bull L. S. and Hemken R. W. 1984. Effect of dietary clinoptilolite on digestion and rumen fermentation in steer. In *Zeo-Agriculture: Use of natural zeolite in agriculture and aquaculture*. Pond W. G. and Mumpton F. A. eds., Westview Press, Boulder, Colorado. P. 183.
- Talpatra S. K., Ray S. C. and Sen K. C. 1940. The analysis of mineral constituents in biological materials. I. Estimation of phosphorous, calcium in food stuffs. *Indian Journal of Veterinary Science*, 10: 243.
- Tatar A., Boldaji F., Dastar B. and Yaghobfar A. 2008a. Effects of different levels of perlite on broiler's performance, gut pH, apparent digestibility of crude protein, carcass and serum characteristics. In: *Proceeding of 23rd World's Poultry Congress*. Brisbane, Australia. P. 481.
- Tatar A., Boldaji F., Dastar B. and Yaghobfar A. 2008b. Comparison of different levels of zeolite on serum characteristics, gut pH, apparent digestibility of crude protein and performance of broiler chickens. In: *Proceeding of Iranian 1st International Zeolite Conference*. Tehran, Iran. pp: 277-278.
- Tatar A., Boldaji F., Dastar B., Hassani S. and Yalçın S. 2012. Effects of dietary supplementation with perlite and zeolite on performance, litter quality and carcass characteristics of broilers from 7-42 days of age. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (6): 1148-1154.
- Thilsing-Hansen T., Jorgensen R. J., Enemark J. M. D. and Larsen T. 2002. The Effect of zeolite A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis. *Journal of Dairy Science*, 85: 1855-1862.
- Vest L. and Shutze J. 1984. Influence of feeding zeolite to poultry under field conditions. In *zeo-Agriculture: use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*, Pond W. G. and Mumpton F. A. eds., Westview Press, Boulder, Colorado. P. 211.
- Walz L. S. and White T. W. 1998. Effects of fish meal and sodium bentonite on daily gain, wool growth, carcass characteristics, ruminal and blood characteristics of lambs fed concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 76: 2025-2031.
- Zorpas A., Inglezakis V., Loizidou M. and Grigoropoulou H. 2002. Size effects on uptake of heavy metals from sewage sludge compost using natural zeolite clinoptilolite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 250: 1-4.

Effect of different dietary levels and particle size of aluminosilicates and glauconite on ruminal dry matter disappearance, feed intake, nutrients digestibility and blood parameters in Dalagh sheep

M. Ghasemi Hodk¹, T. Ghoorchi^{2*}, S. Zerehdaran³, A. Tatar⁴, B. Ghorbani⁵

1. Graduated M.Sc. Student, Department of Animal and Poultry Nutrition, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2. Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3. Associate Professor, Department of Animal Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

4. Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Ramin Agricultural and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

5. Graduated Ph.D. Student, Department of Animal and Poultry Nutrition, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 1-3-2014 – Accepted: 9-5-2015)

Abstract

Two independent experiments were carried out to investigate the effects of natural aluminosilicates and glauconite in sheep nutrition. At 1st experiment, dry matter disappearance of these minerals by two particle sizes (0.85-1 mm and <0.5 mm), was determined. For this, 3 fistulated Dalagh rams in a completely randomized design with factorial arrangement 2×4 by nylon bag technique were used. 2nd experiment conducted to investigate dietary effect of zeolite and perlite on feed intake, nutrients digestibility, fecal moisture and blood parameters. 2nd experiment carried out in a change-over design by 4 treatments, 4 periods and 4 non-pregnant Dalagh ewes. Each experimental period was 15 days, including 10 days as adaptation and 5 days for total feces collection. Dietary treatments were: 1) control 2) control diet + two percent zeolite, 3) control diet + two percent perlite and 4) control diet + one percent zeolite + one percent perlite. Analysis of variance and separation of means by Duncan's multiple range tests were conducted by SAS software. 1st experiment showed that between two particle sizes of bentonite, there was no significant difference in dry matter disappearance ($P>0.05$), While, in other minerals these amount having certain trend for larger size, in any time, that was lesser than smaller size significantly ($P<0.05$) whereas maximum difference shown in zeolite supplemented treatment that in 48 h. were 6.71 and 52.03% in coarse and fine particle size respectively. The 2nd experiment indicated that 2% zeolite supplemented treatment had significantly higher apparent digestibility of CP, Ca and P in comparison to other groups ($P<0.05$). Supplementation of ewe diet by two percent zeolite and perlite can be lead to better performance.

Keywords: Aluminosilicates, Particle size, Digestibility, Zeolite, Perlite, Dalagh sheep

*Corresponding author: ghoorchit@yahoo.com

