



## The effect of different levels of sulfur Bentonite on performance, digestibility of nutrients, rumination behavior, blood and rumen parameters in Dalagh

Kamel Amozadeh Araee<sup>1</sup>, Taghi Ghoorchi<sup>2</sup>, Abdolkhaki Toghdory<sup>3</sup>

1. Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-Mail: [kamel.amozadeh\\_s00@gau.ac.ir](mailto:kamel.amozadeh_s00@gau.ac.ir)

2. Corresponding author, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-Mail: [Ghoorchi@gau.ac.ir](mailto:Ghoorchi@gau.ac.ir)

3. Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-Mail: [Toghdory@gau.ac.ir](mailto:Toghdory@gau.ac.ir)

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	In order to investigate the effect of different levels of sulfur bentonite on performance, digestibility of nutrients, rumination behavior, blood and rumen parameters in Dalagh ewes, 18 non-pregnant lactating ewes with an average weight of $38 \pm 3.5$ kg were used. This experiment was conducted in a completely randomized design with three treatments and six replications. The treatments included: 1- control (without sulfur bentonite), 2- containing 0.15% dry matter sulfur bentonite and 3- containing 0.3% dry matter sulfur bentonite. The results of this experiment showed that different levels of bentonite sulfur in ewes had no significant effect on the weight at the end of the experiment, daily weight gain, feed conversion ratio, dry matter intake, rumination behavior, cholesterol, triglyceride, total protein, albumin, globulin and blood albumin/globulin ratio. The use of different levels of bentonite sulfur reduced the apparent digestibility of dry matter and organic matter, increased glucose and blood urea ( $P < 0.05$ ). Also, bentonite sulfur treatments had lower protozoan population, pH of three hours after morning feeding and higher rumen ammonia concentration than the control treatment ( $P < 0.05$ ). In overall, the use of sulfur bentonite up to 0.3% of the dry matter of the diet decreased the digestibility of dry and organic matter, although a tendency to improve the feed conversion ratio and daily weight gain was observed.
<b>Article history:</b> Received: 29 October 2022 Received in revised form: 17 April 2023 Accepted: 18 April 2023 Published online: 20 March 2024	
<b>Keywords:</b> <i>lood parameters,</i> <i>Dalagh ewes,</i> <i>Performance,</i> <i>Sulfur bentonite.</i>	

**Cite this article:** Amozadeh Araee, K., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. H. (2024). The effect of different levels of sulfur Bentonite on performance, digestibility of nutrients, rumination behavior, blood and rumen parameters in Dalagh. *Iranian Journal of Animal Science*, 55 (1), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.350286.653913>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.350286.653913>

**Publisher:** The University of Tehran Press.

### Extended Abstract

#### Introduction

Use of mineral elements is necessary to maximize production and animal health. For the first time in 1930, the role of sulfur as a nutrient was proven, and studies on a wide range of tissue proteins showed that sulfur is an integral part of protein, which includes 0.5 to 2% by weight. Sulfur is an essential mineral in ruminants. Sulfur is found in methionine, cysteine, cystine, homocysteine, cystathionine, taurine, biotin, thiamine, lipoic acid, coenzyme A, glutathione, fibrinogen, and heparin. Sulfur supplement can be added to ruminant diets in the form of L-methionine, sodium sulfate, copper sulfate, ammonium sulfate, calcium sulfate, potassium sulfate, magnesium sulfate, sodium sulfide, and elemental sulfur. Sulfur is an important component of chondroitin sulfates, digestive and reproductive mucins. This research was carried out to consider the effect of

different levels of sulfur bentonite on performance, digestibility of nutrients, rumination behavior, blood and rumen parameters in ewes.

### **Material and method**

In this experiment, 18 non-pregnant Dalagh breed ewes with an average weight of  $38 \pm 3.5$  were used. All the ewes were subjected to a complete and detailed examination to ensure their health and performance. A completely randomized design with three treatments and six replications was used in this experiment. The treatments include: 1- control (without bentonite sulfur), 2- containing 0.15% and 3- 0.3% dry matter of bentonite sulfur. Animals in each treatment were kept in individual cages for 42 days (35 days of habituation and one week of sampling). Experimental rations were prepared based on the National Sheep Research Association information (NRC, 2007) with combination of 40% forage and 60% concentrate, and were provided to the ewes at two times: morning (8:00 am) and evening (5:00 pm) based on their appetite as totally mixed rations. During the experiment, animals had free access to clean drinking water. The ewes were weighed at the beginning and end of the 42-day period before morning feeding and fasting. Also, given feed and remained feed for each animal was recorded daily in order to calculate the amount consumed dry matter. In order to measure digestibility, stool and feed samples were collected on days 38 to 42 for five days to perform digestibility tests. Also, the methods of the official association of analytical chemists were used to determine the chemical composition of feed and feces samples (dry matter and organic matter). During the 39th and 40th days of the experimental period, feed consumption behavior was measured by recording activity for a duration of 24 hours. The time spent on eating, resting and ruminating activities was visually recorded every five minutes and assuming that the activity continued for the last five minutes for all animals during the day and night hours. On the 41st day of the experiment and three hours after the morning feeding, a blood sample was taken from the jugular vein of the sheep using vacuum tubes and a heparinized needle. Pars Azmoun chemical kits were used to measure blood metabolites. In order to measure pH, counting protozoa and ammonia nitrogen, rumen fluid was sampled on the last day of the experiment. Rumenal fluid was collected from the animals by esophageal tube in times of fasting and three hours after the morning feeding. The obtained data were analyzed using SAS software, and the average of the treatments was compared using Duncan's test at a significance level of five percent.

### **Result**

The results of this experiment showed that different levels of bentonite sulfur in ewes had no significant effect on final weight, daily weight gain, feed conversion ratio, dry matter intake, rumination behavior, cholesterol, triglyceride, total protein, albumin, globulin and blood albumin/globulin ratio. The use of different levels of bentonite sulfur reduced the apparent digestibility of dry matter and organic matter, increased glucose and blood urea ( $P < 0.05$ ). Also, bentonite sulfur treatments had lower protozoan population, pH at three hours after morning feeding and higher rumen ammonia concentration than the control treatment ( $P < 0.05$ ).

### **Conclusion**

In overall, the use of sulfur bentonite up to 0.3% of the dry matter of the diet decreased the digestibility of dry and organic matter, although a tendency to improve the feed conversion ratio and daily weight gain was observed.



## تأثیر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، رفتار نشخوار، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای میش‌های دالاق

کامل عموزاده آرائی<sup>۱</sup> | تقی قورچی<sup>۲</sup> | عبدالحکیم توغدوری<sup>۳</sup>

۱. گروه تغذیه دام و طیور دانشکده علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [kamel.amozadeh\\_s00@gau.ac.ir](mailto:kamel.amozadeh_s00@gau.ac.ir)

۲. نویسنده مسئول، گروه تغذیه دام و طیور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [Ghoorchi@gau.ac.ir](mailto:Ghoorchi@gau.ac.ir)

۳. گروه تغذیه دام و طیور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [Toghdory@gau.ac.ir](mailto:Toghdory@gau.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، رفتار نشخوار، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای میش‌های دالاق از ۱۸ رأس میش شکم اول (غیرآستن شیرده) با میانگین وزن $38 \pm 3/5$ کیلوگرم استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و شش تکرار انجام شد. تیمارها شامل: ۱- شاهد (بدون گوگرد بنتونیت‌دار)، ۲- حاوی ۰/۱۵ درصد ماده خشک گوگرد بنتونیت‌دار و ۳- ۰/۳ درصد ماده خشک گوگرد بنتونیت‌دار بود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار در میش‌ها اثر معنی‌داری بر وزن انتهای دوره، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک، مصرف خوراک، رفتار نشخوار، میزان کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین/گلوبولین خون نداشت. استفاده از سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار باعث کاهش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و ماده آلی، افزایش گلوکز و اوره خون شد ( $P < 0/05$ ). همچنین تیمارهای گوگرد بنتونیت‌دار جمعیت پروتوزوا کمتر، pH در زمان سه ساعت بعد از تغذیه صبح و غلظت آمونیاک شکمبه بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند ( $P < 0/05$ ). به‌طور کلی، استفاده از گوگرد بنتونیت‌دار تا ۰/۳ درصد ماده خشک جیره باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک و آلی شد، اگرچه تمایل به بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن روزانه مشاهده شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱	
کلیدواژه‌ها:	
عملکرد، فراسنجه‌های خونی، گوگرد بنتونیت‌دار، میش دالاق.	

استناد: عموزاده آرائی، کامل؛ قورچی، تقی؛ و توغدوری، عبدالحکیم (۱۴۰۳). تأثیر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، رفتار نشخوار، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای میش‌های دالاق. نشریه علوم دامی ایران، ۵۵ (۱)، ۱۴-۱. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.350286.653913>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.350286.653913>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## مقدمه

استفاده از عناصر معدنی به منظور تولید حداکثری و سلامت دام، ضروری است. نخستین بار در سال ۱۹۳۰ نقش گوگرد به عنوان یک ماده مغذی به اثبات رسید و بررسی‌ها روی طیف وسیعی از پروتئین‌های بافتی نشان داد که گوگرد بخش جدایی‌ناپذیر از پروتئین است که ۰/۵ تا ۲ درصد وزنی را شامل می‌شود. گوگرد به عنوان یک ماده معدنی ضروری پرمصرف، در نشخوارکنندگان می‌باشد (Suttle, 2010). گوگرد در متیونین، سیستین، هموسیستین، سیستاتین، تورین، بیوتین، تیامین، اسید لیپوئیک، کوآنزیم A، گلوکاتایون، فیبرینوژن و هپارین یافت می‌شود. مکمل گوگرد می‌تواند به صورت L-متیونین، سولفات سدیم، سولفات مس، سولفات آمونیوم، سولفات کلسیم، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم، سولفید سدیم و گوگرد عنصری به جیره‌های نشخوارکنندگان افزوده شود (NRC, 2007). گوگرد جزء مهمی از سولفات‌های کندرویتین، موسین‌های دستگاه گوارش و تولید مثل است. کمبود گوگرد همراه با علائم بسیاری مانند کاهش هضم فیبر به دلیل رشد آهسته میکروارگانیسم‌ها در شکمبه، روند رشد، مصرف خوراک و افزایش حجم مایع شکمبه بوده است (Weston et al., 1988; Wu et al., 2015). مصرف خوراک می‌تواند مستقیماً تحت تأثیر حضور گوگرد در جیره قرار گیرد، زیرا سنتز اسیدهای آمینه حاوی گوگرد برای حداکثری رشد میکروبی و در نتیجه قابلیت هضم ماده خشک ضروری است (Tucker et al., 1992; Goff & Horst, 1998). به علاوه اینکه بسیاری از باکتری‌های شکمبه به گوگرد نیاز دارند. در واقع این عنصر را می‌توان از راه‌های مختلفی به دست آورد. برخی از میکروارگانیسم‌ها می‌توانند منابع معدنی گوگرد را به سولفید تجزیه کنند و این ترکیب را با اسیدهای آمینه ترکیب کنند، در حالی که برخی دیگر فقط از گوگرد آلی و عنصری استفاده می‌کنند (Durand & Komisarczuk, 1988).

نشخوارکنندگان به دلیل متابولیسم گوگرد در شکمبه به سمیت گوگرد حساس هستند. در شکمبه تعداد بی‌شماری از میکروارگانیسم‌ها وجود دارند که اجزای جیره را هضم و تخمیر می‌کنند. باکتری‌های کاهنده سولفات یک گروه از میکروارگانیسم‌ها هستند که معمولاً کمتر از یک درصد از جمعیت را تشکیل می‌دهند و گوگرد را تجزیه می‌کنند (Callaway et al., 2010). بنابراین حال، متابولیسم گوگرد توسط باکتری‌های کاهنده سولفات یک تهدید قابل توجهی برای سلامت حیوانات بوده است. هنگامی که جیره‌ها حاوی مقادیر زیادی گوگرد، به ویژه به شکل سولفات هستند، این باکتری‌ها از سولفات استفاده کرده و سولفید تولید می‌کنند. این افزایش استفاده از گوگرد جیره غذایی منجر به افزایش سولفید هیدروژن در شکمبه می‌شود و در سطوح زیاد این گاز سمی باعث تنگی نفس که اگر به سرعت درمان نشود ممکن است منجر به مرگ حیوان شود (Gould, 1998). اگرچه ترکیبات معدنی و عنصری عموماً برای تغذیه تکمیلی راحت‌تر و مقرون به صرفه‌تر هستند، در دسترس بودن گوگرد از متیونین، گوگرد به صورت نمک سولفات و سپس گوگرد عنصری بیشترین میزان را دارد. گوگرد حاصل از نمک سولفات سدیم حدود ۸۰ درصد در مقایسه با گوگرد متیونین در دسترس است و گوگرد حاصل از گوگرد عنصری تقریباً نصف سولفات سدیم در دسترس است (Johnson et al., 1970). در سطوح کمی بالاتر از ۰/۴ درصد، کاهش مصرف ماده خشک و تحرک شکمبه وجود دارد. در سطوح بالاتر، بی‌اشتهایی کامل و بوی متعفن سولفید هیدروژن در تنفس گوسفند مشاهده می‌شود. از آنجایی که در دسترس بودن گوگرد عنصری تنها ۵۰ درصد از سولفات سدیم است، برای القای علائم مسمومیت گوگرد به سطح بالاتری از گوگرد عنصری نیاز است (Johnson et al., 1970). نتایج پژوهش Supapong et al. (2019) می‌دهد که افزودن ۰/۱ و ۰/۲ درصد ماده خشک مکمل گوگرد عنصری به کل جیره گاوهای شیری بر مصرف خوراک آن‌ها تأثیری ندارد. گوگرد بنتونیت‌دار دارای ۸۵ درصد گوگرد و ۱۵ درصد بنتونیت بوده و به عنوان کود شیمیایی در مزارع استفاده می‌شود. این تحقیق با هدف تأثیر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، رفتار نشخوار، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای میش‌های دالاق انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در فاصله زمانی مرداد تا شهریورماه ۱۴۰۱ در واحد دامداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. در این آزمایش از ۱۸ رأس میش غیرآبستن نژاد دالاق با میانگین وزن  $38 \pm 3/5$  استفاده شد. تمام میش‌ها تحت معاینه و بررسی کامل و دقیق قرار گرفتند تا از نظر سلامت و صحت عملکرد آن‌ها اطمینان حاصل شود. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و شش تکرار انجام شد. تیمارها شامل: ۱- شاهد (بدون گوگرد بنتونیت دار)، ۲- حاوی ۰/۱۵ و ۳- ۰/۳ درصد ماده خشک گوگرد بنتونیت دار. دام‌ها در هر تیمار در قفس‌های انفرادی به مدت ۴۲ روز (۳۵ روز عادت‌پذیری و یک هفته نمونه‌گیری) نگهداری شدند (اسدی و همکاران، ۱۴۰۰). جیره‌های مورد استفاده در این آزمایش طبق جداول انجمن ملی تحقیقات گوسفند (NRC, 2007) شامل ۴۰ درصد علوفه و ۶۰ درصد کنسانتره تهیه و تنظیم شدند و در حد اشتها در دو نوبت صبح (ساعت ۸) و عصر (ساعت ۱۷) در اختیار میش‌ها قرار داده شد. خوراک روزانه به‌صورت کاملاً مخلوط به دام‌ها عرضه می‌شد. در طول آزمایش، حیوانات به‌طور آزاد به آب آشامیدنی تمیز دسترسی داشتند. ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ آمده است. میش‌ها در ابتدای دوره ۴۲ روزه به‌صورت ناشتا و قبل از تغذیه صبح توزین شدند. همچنین خوراک داده‌شده و پس‌آخور هر دام به‌صورت روزانه به‌منظور محاسبه مقدار ماده خشک مصرفی ثبت می‌شد.

جدول ۱. اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره مورد استفاده برای میش‌های دالاق (درصد از ماده خشک)

اجزای خوراک (بر اساس درصد ماده خشک)	درصد	ترکیب مواد مغذی
کاه گندم	۴۰/۰۰	ماده خشک (درصد)
دانه جو	۲۰/۶۰	انرژی قابل سوخت‌وساز (مگا کالری بر کیلوگرم)
سیوس ذرت	۹/۸۱	پروتئین خام (درصد)
کنجاله سویا	۱۱/۳۶	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)
سیوس گندم	۵/۸۰	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)
تفاله چغندر	۴/۰۰	خاکستر (درصد)
کنجاله کلزا	۳/۰۰	
نمک	۱/۰۰	
سنگ‌آهک	۱/۵۰	
پودر چربی	۱/۴۳	
اوره	۰/۵۰	
مکمل معدنی-ویتامینی*	۱/۰۰	

\*پیش مخلوط ویتامین و مواد معدنی ارائه شده به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: ویتامین A: 1000000 U، ویتامین D3: 250000 U، ویتامین E: 3000 U، منیزیم 32000 میلی‌گرم، منگنز: ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ روی: ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ مس: ۳۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم 100 میلی‌گرم؛ کلسیم: ۱۰۰ میلی‌گرم؛ آهن: ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم؛ فسفر 30000 میلی‌گرم؛ مونسین: ۱۵۰۰ میلی‌گرم؛ آنتی‌اکسیدان ۱۰۰ میلی‌گرم

به منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم نمونه‌های مدفوع و خوراک در روزهای ۳۸ تا ۴۲ به مدت پنج روز جمع‌آوری گردید تا آزمایشات مربوط به قابلیت هضم انجام شود. همچنین برای تعیین ترکیب شیمیایی نمونه‌های خوراک و مدفوع (ماده خشک و ماده آلی) از روش‌های انجمن رسمی شیمی دانان تجزیه (AOAC, 2005) استفاده شد. طی روزهای ۳۹ و ۴۰ دوره آزمایش رفتار مصرف خوراک بصورت ثبت فعالیت برای طول مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. زمان صرف شده برای فعالیت‌های خوردن، استراحت و نشخوار کردن به فاصله هر پنج دقیقه به صورت بصری و با فرض اینکه آن فعالیت در پنج دقیقه گذشته نیز ادامه داشته است برای تمام دام‌ها در طی ساعات شبانه روز ثبت گردید (Araujo et al., 2008). در روز ۴۱ آزمایش و سه ساعت پس از تغذیه صبح از سیاهرگ گردنی (وداج) میش‌ها نمونه خون گرفته شد (اسدی و همکاران، ۱۴۰۰). خون‌گیری با استفاده از لوله‌های خلأ و نوجکت هپارین‌دار صورت گرفت. برای اندازه‌گیری متابولیت‌های خون، از کیت‌های شیمیایی شرکت پارس آزمون استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری pH، شمارش پروتوزوا و نیتروژن آمونیاکی نمونه‌گیری از مایع شکمبه روز آخر آزمایش صورت گرفت. مایع شکمبه توسط سوند مری در دو زمان ناشتا و سه ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح از دام‌ها جمع‌آوری گردید. سپس مقدار pH محتویات شکمبه بلافاصله پس از استحصال، توسط دستگاه pH متر دیجیتال سیار (مدل متروهم، ۶۹۱) که در همان محل نیز کالیبره شده بود، اندازه‌گیری و ثبت گردید. برای شمارش پروتوزوا از روش (Dehority & Males, 1984) استفاده شد. ابتدا بعد از صاف نمودن مایع شکمبه با پارچه متقال در یک لوله آزمایش پیچیده شده در فویل، چهار میلی‌لیتر مایع شکمبه ریخته شد، سپس به ترتیب یک میلی‌لیتر فرمالین ۱۸/۵ درصد، هشت قطره رنگ متیلن بلو (دو گرم متیلن بلو با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم رسانده شد و در نهایت سه میلی‌لیتر گلیسرول به محتوای لوله آزمایش اضافه گردید. عمل شمارش پروتوزوا توسط استریو میکروسکوپ و عدسی با بزرگنمایی ۴۰X به وسیله لام نئوبار صورت گرفت. برای هر نمونه چهار بار شمارش انجام گرفت و در صورتی که بین پروتوزوای شمارش شده اختلاف زیادی وجود داشت، شمارش تکرار می‌شد. در نهایت تعداد پروتوزوا در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه محاسبه شد. همچنین به منظور اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه، نمونه مایع شکمبه بعد از اندازه‌گیری pH با استفاده از پارچه چهار لایه متقال صاف‌شده و سپس شیرابه حاصل با اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال به نسبت پنج به یک (پنج شیرابه به یک ۰/۲ HCl نرمال) رقیق گردید و تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. جهت تعیین میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه از روش (Kang & Broderick, 1980) و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر استفاده شد. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS آماری (۹/۱) رویه GLM، برای تجزیه و تحلیل و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = مقدار مشاهده تیمار  $i$  ام در تکرار  $j$  ام،  $\mu$  = اثر میانگین،  $T_i$  = اثر تیمار  $i$  ام،  $e_{ij}$  = اثر خطای آزمایشی مربوط به تیمار  $i$  ام در تکرار  $j$  ام

## نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد میش‌ها در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که نشان داده شده اختلاف معنی‌داری در وزن انتهایی، تغییرات وزنی، افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک روزانه و ضریب تبدیل خوراک وجود ندارد. موافق با نتایج حاضر برخی پژوهشگران گزارش دادند که استفاده از گوگرد تا سطح ۰/۶ درصد ماده خشک هیچ تفاوتی در مصرف ماده خشک مصرفی ایجاد نمی‌کند (Richter et al., 2012). علاوه بر این، Promkot & Wanapat (2009) دریافتند که ۰/۱۵ و ۰/۴ درصد ماده خشک گوگرد عنصری جیره تأثیری بر مصرف خوراک گاوهای شیری ندارد. همچنین در راستای نتایج این آزمایش گزارش نمودند که استفاده از بلوک‌های خوراک حاوی ۰/۲ و ۰/۴ درصد ماده خشک گوگرد عنصری مصرف خوراک گاوهای گوشتی را تغییر نداد (Cherdthong et al., 2018). (Uwituz et al., 2011) دریافتند که مکمل گوگرد به میزان ۰/۴۲ و ۰/۶۴ درصد

ماده خشک در جیره گاوهای دورگ تأثیری بر دریافت مواد مغذی ندارد. همسو با نتایج حاضر (Azizi et al., 2017) گزارش کردند که استفاده از سطوح ۰/۲۴ و ۰/۳۴ درصد ماده خشک مکمل گوگرد عنصری و متیونین محافظت شده با گوگرد پایه ۰/۱۴ درصد ماده خشک تأثیری بر مصرف ماده خشک، میانگین افزایش وزن روزانه و وزن نهایی بزغاله‌ها ندارد. گزارش کردند که بزهای آنگورا دریافت کننده ۰/۲ درصد ماده خشک کلسیم سولفات افزایش وزن روزانه و ماده خشک مصرفی بهتری در مقایسه با سطح پایین تر (۰/۱۱ درصد ماده خشک گوگرد) داشتند (Qi et al., 1993). دلیل آن را می توان به تأمین گوگرد مورد نیاز میکروارگانیزم های شکمبه دانست. (McSweeney & Denman (2007) گزارش کردند گاوهایی که مکمل سدیم سولفات دریافت کرده بودند به طور قابل توجهی بالاتر مصرف ماده خشک (۲۹/۶ درصد) در مقایسه با گروه بدون مکمل داشتند، که ممکن است تحت تأثیر افزایش تعداد میکروب های شکمبه باشد. همچنین برههایی که با ۰/۲ و ۰/۴ درصد ماده خشک سدیم سولفات با گوگرد پایه ۰/۱۲ تغذیه شده بودند، افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل بهتری داشتند و در مقایسه با آنهایی که مکمل گوگرد تغذیه نشده بودند (Felix et al., 2014). در تضاد با نتایج حاضر (Zinn et al., 1999) گزارش کرده اند که، زمانی که جیره گاوهای در حال رشد حاوی ۰/۱۷، ۰/۲۲ و ۰/۲۷ درصد ماده خشک گوگرد بود باعث کاهش خطی در بازده خوراک شد. همچنین Loneragan et al. (2001) کاهش خطی در افزایش وزن روزانه و راندمان خوراک را هنگامی که تیمارها جیره های با غلظت بالا حاوی ۰/۱۸، ۰/۱۹، ۰/۲۲، ۰/۲۹ و ۰/۴ درصد ماده خشک گوگرد مصرف کردند، گزارش کردند. در شکمبه، باکتری های کاهنده گوگرد، گوگرد عنصری، سولفات های معدنی و اسیدهای آمینه حاوی گوگرد را به سولفید هیدروژن تبدیل می کنند (Bradley et al., 2011)، که ممکن است به بخش گاز شکمبه منتقل شوند یا برای تشکیل بی سولفید در بخش مایع جدا شوند. تصور می شود که این تفکیک وابسته به pH است، با نسبت بیشتری از بی سولفید در مایع شکمبه در مقادیر pH بالاتر (Schoonmaker & Beitz, 2012). به عنوان مثال، در pH=7 و pKa=7.04، تقریباً ۵۰ درصد از H<sub>2</sub>S برای تشکیل بی سولفید در مقایسه با نرخ تجزیه پنج درصد در pH ۵/۵ جدا می شود (Drewnoski et al., 2014). افزایش H<sub>2</sub>S شکمبه با کاهش تحرک شکمبه و افزایش زمان ماندگاری خوراک (Uwituzi et al., 2011)، یا با ایجاد ناراحتی در حیوان، ماده خشک مصرفی را کاهش می دهد. در واقع، این فرضیه وجود دارد که pH شکمبه دلیل اصلی تفاوت در تحمل گوگرد بین حیوانات تغذیه شده با علوفه و کنسانتره است (Drewnoski et al., 2014).

مطابق نتایج جدول ۲ افزودن گوگرد بنتونیت دار به جیره میس ها باعث کاهش معنی داری قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی شده است (P<۰/۰۵). در راستای نتایج فوق گزارش کردند که گنجاندن ۰/۲۴ درصد ماده خشک گوگرد عنصری یا آلی و ۰/۳۴ درصد ماده خشک گوگرد عنصری در جیره با ۰/۱۴ گوگرد پایه باعث کاهش قابلیت هضم ماده آلی بزهای مرخز در مقایسه با جیره شاهد شد (Azizi et al., 2017). تغذیه هم زمان اوره و گل گوگرد در سطوح بالا (۰/۲) درصد گوگرد همراه با ۰/۵ درصد اوره) گوارش پذیری ماده آلی را افزایش داد (زمانی و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج نشان می دهد افزودن ۲ و ۴ درصد ماده خشک گوگرد عنصری به بلوک های خوراک حاوی ریشه کاساوا سبب افزایش معنی دار قابلیت هضم ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی می شود (Dagaew et al., 2020).

همچنین Promkot & Wanapat (2009) دریافتند که مکمل گوگرد عنصری به میزان ۰/۱۵ و ۰/۴ درصد ماده خشک تأثیر قابل توجهی بر قابلیت هضم ماده خشک گاوهای شیری دارد. تفاوت بین این یافته ها درک نشده است، اگرچه ممکن است به دلیل تغییرات در شکل گوگرد انتخابی، نوع نژاد حیوان و ترکیب جیره پایه باشد. همچنین با توجه به اینکه تمام بخش علوفه ای جیره از طریق کاه گندم که قابلیت هضم کمی دارد تامین شده است، ضرایب قابلیت هضم در کل جیره تحت تاثیر قرار می گیرد.

جدول ۲. اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار بر عملکرد و قابلیت هضم میش‌ها

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی (درصد ماده خشک)			صفت
		۰/۳	۰/۱۵	شاهد	
۰/۹۵۸۰	۰/۹۵۷	۳۸/۴۳	۳۸/۷۹	۳۸/۴۲	وزن ابتدای دوره (کیلوگرم)
۰/۹۰۴۴	۱/۱۹۴	۴۴/۱۲	۴۴/۱۴	۴۳/۴۶	وزن انتهای دوره (کیلوگرم)
۰/۷۰۲۷	۰/۵۲۳	۵/۶۹	۵/۳۴	۵/۰۴	تغییرات وزنی (کیلوگرم)
۰/۷۰۲۶	۱۴/۹۶۵	۱۶۳/۳۸	۱۵۲/۸۱	۱۴۳/۹۱	افزایش وزن روزانه (گرم در روز)
۰/۶۲۰۹	۵۸/۱۴۶	۱۲۸۵/۴۲	۱۲۰۳/۹۱	۱۲۵۷/۵۵	مصرف ماده خشک روزانه (گرم در روز)
۰/۸۹۵۵	۱/۰۲۵	۸/۶۰	۸/۲۹	۸/۹۸	ضریب تبدیل خوراک
<۰/۰۰۱	۱/۴۹۸	۵۰/۰۷ <sup>c</sup>	۵۶/۱۹ <sup>b</sup>	۶۹/۵۵ <sup>a</sup>	قابلیت هضم ماده خشک (درصد)
۰/۰۰۱	۱/۲۴۶	۶۵/۸۲ <sup>b</sup>	۶۲/۳۰ <sup>b</sup>	۷۰/۸۵ <sup>a</sup>	قابلیت هضم ماده آلی (درصد)

<sup>a-b</sup>: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

اطلاعات مربوط به رفتار مصرف میش‌ها در جدول ۳ آمده است. همان‌طور که نشان داده شد اختلاف معنی‌داری در پارامترهای خوردن، نشخوار، جویدن و استراحت میش‌ها در بین تیمارهای دریافت‌کننده مقادیر مختلف گوگرد بنتونیت‌دار مشاهده نشد. به‌طور کلی انرژی مصرف شده در نشخوارکنندگان برای عمل خوردن غذا معادل ۳-۶ درصد از انرژی متابولیسمی مصرفی تخمین زده می‌شود. به همین دلیل انرژی صرف شده برای نشخوار کردن کمتر از انرژی مصرفی برای خوردن خوراک بوده و در حدود ۰/۳ درصد از انرژی متابولیسمی مصرفی برآورد می‌گردد (McDonald *et al.*, 2011). دلیل این تفاوت را می‌توان به این صورت بیان کرد که گوسفند در زمان خوراک خوردن در حالت ایستاده و آماده باش بوده ولی در موقع نشخوار کردن معمولاً به‌صورت دراز کشیده و در حال استراحت می‌باشد (Retnani *et al.*, 2009). انرژی صرف شده برای خوردن متناسب با کمیت غذای خورده شده نیست، بلکه مدت‌زمان سپری‌شده برای خوردن، به ماهیت جیره‌ای که مصرف می‌شود بستگی دارد (Lachia *et al.*, 1997; Retnani *et al.*, 2009). همچنین مدت‌زمان جویدن با کاهش اندازه ذرات و محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی کاهش می‌یابد (Grant *et al.*, 1990) و ممکن است محتوای کمتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ماهیت شیمیایی و فیزیکی آن موجب کاهش فعالیت نشخوار کردن و جویدن در جیره‌ها شده باشد (Van Soest, 1994). نتایج ما نشان داد، افزودن گوگرد بنتونیت‌دار تا سطح ۰/۳ درصد ماده خشک جیره پایه حاوی ۰/۱ درصد گوگرد رفتار جویدن و نشخوار را تحت تأثیر قرار نداد.

جدول ۳. اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار بر رفتار نشخوار (دقیقه در روز) میش‌ها

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی (درصد ماده خشک)			صفت
		۰/۳	۰/۱۵	شاهد	
۰/۶۸۶۱	۸/۱۵۹	۳۷۵/۸۱	۳۸۲/۰۹	۳۷۲/۰۷	خوردن
۰/۶۸۹۳	۴/۴۳۹	۲۳۱/۱۹	۲۳۴/۷۴	۲۲۹/۳۲	نشخوار
۰/۶۸۷۳	۱۲/۵۹۸	۶۰۷/۰۰	۶۱۶/۸۳	۶۰۱/۳۳	جویدن
۰/۶۸۷۳	۱۲/۵۹۸	۸۳۳/۰۰	۸۲۳/۱۷	۸۳۸/۶۷	استراحت



اطلاعات حاصل از نتایج اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت دار بر فراسنجه‌های خونی در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج، میزان گلوکز و اوره خون با افزایش مقدار گوگرد بنتونیت دار افزایش یافته و اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). در سایر فراسنجه‌های خونی شامل کلسترول، تری گلیسرید، پروتئین کل، آلومین، گلوبولین و نسبت آلومین به گلوبولین اختلاف معنی داری بین تیمارهای دریافت کننده سطوح مختلف گوگرد بنتونیت دار مشاهده نشد. همسو با نتایج حاضر منیدری و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کرده‌اند که با افزودن ۰/۴۱ درصد ماده خشک مکمل گوگرد معدنی و آلی به جیره با گوگرد پایه ۰/۲۱ درصد ماده خشک مقدار گلوکز خون گاوهای شیری قبل و بعد از زایش نیز افزایش یافته است. همچنین افزودن ۰/۴۱ ماده خشک گوگرد (سولفات منیزیم) و ۰/۴۱ درصد ماده خشک گوگرد سولفات منیزیم به همراه متیونین محافظت شده با گوگرد پایه ۰/۲۱ موجب افزایش گلوکز خون در گاوهای شیری پیش و پس از زایمان شده است (Kazemi-Bonchenari et al., 2014). مطابق با گزارش Whanger & Martone (1967)، گوسفندانی که دارای کمبود گوگرد هستند، مایع شکمبه آن‌ها حاوی مقادیر زیادی لاکتات است. همچنین در این شرایط لاکتات خون گوسفندان نیز افزایش می‌یابد. دلیل احتمالی این مسئله این است که در هنگام کمبود گوگرد، میکروارگانیسم‌ها نمی‌توانند لاکتات تولید شده را به پروپیونات تبدیل کنند. زیرا گوگرد برای فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر تبدیل لاکتات به پروپیونات از طریق مسیر آکرلیت ضروری بوده (Whanger & Martone, 1967). نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش سطح گوگرد جیره به ۰/۳ درصد ماده خشک جیره با گوگرد بنتونیت دار باعث افزایش مقدار گلوکز خون شده است، ممکن است به دلیل تبدیل بیشتر لاکتات به پروپیونات و در نتیجه افزایش مقدار پروپیونات سبب افزایش مقدار گلوکز خون شده است. نتایج آزمایش حاضر نشان می‌دهد با افزایش سطح گوگرد بنتونیت دار مقدار اوره خون هم افزایش می‌یابد که همسو با (Qi et al., 1992) بوده است که گزارش کردند که افزایش سطح کلسیم سولفات از ۰/۲۶ تا ۰/۳۶ درصد ماده خشک جیره در بزهای شیرده نژاد آلباین باعث افزایش معنی دار اوره خون نسبت به جیره پایه که حاوی ۰/۱۶ گوگرد بوده است می‌گردد. افزودن ۰/۴۱ درصد ماده خشک سولفات منیزیم به جیره گاوهای شیری با گوگرد پایه ۰/۲۱ درصد ماده خشک باعث افزایش معنی دار اوره خون شده است که همسو با نتایج حاضر بوده است (منیدری و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه گوگرد سطوح بالایی از هیدروژن سولفید تولید می‌کند، در عملکرد میکروب‌ها در شکمبه اختلال ایجاد می‌کند و باعث کاهش کارایی میکروب‌های شکمبه می‌شود (Kazemi-Bonchenari et al., 2014) که این عمل باعث افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه و در نتیجه افزایش غلظت اوره خون شود. (Butler, 1998).

جدول ۴. اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت دار بر فراسنجه‌های خونی می‌ش‌ها

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی (درصد ماده خشک)			صفت
		۰/۳	۰/۱۵	شاهد	
۰/۵۸۸۴	۱/۲۱۴	۶۰/۸۲	۶۱/۱۸	۵۹/۴۰	کلسترول (میلی گرم/دسی لیتر)
۰/۷۸۰۱	۰/۹	۲۱/۱۱	۲۰/۴۶	۲۰/۲۳	تری گلیسرید (میلی گرم/دسی لیتر)
۰/۰۴۵۲	۲/۲۶۸	۸۱/۱۷ <sup>a</sup>	۷۶/۳۳ <sup>ab</sup>	۷۳/۶۳ <sup>b</sup>	گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر)
۰/۰۱۵۲	۰/۵۷۸	۱۴/۵۶ <sup>a</sup>	۱۲/۴۴ <sup>b</sup>	۱۱/۰۷ <sup>b</sup>	اوره (میلی گرم/دسی لیتر)
۰/۴۶۳۵	۰/۲۳۶	۷/۶۶	۷/۲۵	۷/۳۳	پروتئین کل (گرم/دسی لیتر)
۰/۸۲۹۰	۰/۱۴۴	۴/۵۲	۴/۴۶	۴/۵۹	آلومین (گرم/دسی لیتر)
۰/۵۷۴۶	۰/۲۸۵	۳/۱۴	۲/۷۹	۲/۷۴	گلوبولین (میلی گرم/دسی لیتر)
۰/۶۰۱۹	۰/۲۳۲	۱/۴۹	۱/۷۶	۱/۸۲	نسبت آلومین/گلوبولین

<sup>a-b</sup>: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی دار است ( $P < 0.05$ ). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

نتایج حاصل از اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت‌دار بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای در جدول ۵ ارائه شده است. اختلاف معنی‌داری در جمعیت پروتوزوا در دو زمان ناشتا و سه ساعت بعد از تغذیه صبح و همچنین مقدار pH در زمان سه ساعت پس از تغذیه صبح و مقدار آمونیاک شکمبه بین تیمارهای دریافت‌کننده گوگرد بنتونیت‌دار با تیمار شاهد وجود داشت ( $P < 0/05$ )، هرچند بین تیمارهای دریافت‌کننده گوگرد بنتونیت‌دار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج نشان می‌دهد که بین تیمارهای دریافت‌کننده گوگرد بنتونیت‌دار از نظر pH در زمان ناشتا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. پروتوزوا یا تک‌یاخته‌ها که تقریباً ۵۰ درصد از زیست‌توده شکمبه را تشکیل می‌دهند از باکتری‌های شکمبه تغذیه می‌کنند و گوگرد را به محل ذخیره سولفید برمی‌گردانند، از طرفی دیگر پروتوزوا می‌توانند سهم مهمی در تخریب مواد مغذی و حفظ جمعیت‌های باکتریایی داشته باشند (Sylvester *et al.*, 2004; Kittelmann *et al.*, 2011). در محیط شکمبه، مقدار زیادی هیدروژن در هیدروژنوزوم‌های تک‌یاخته‌های شکمبه (Lindmark *et al.*, 1973) تولید می‌شود که توسط متانوزن‌های هیدروژنوتروف استفاده می‌شود (Vogels *et al.*, 1980). در واقع، نشان داده شد که تک‌یاخته‌ها با متانوزن رابطه همزیستی دارند و حدود ۳۷ درصد از متان شکمبه می‌تواند توسط متانوزن‌های مرتبط با تک‌یاخته‌ها تولید شود (Finlay *et al.*, 1994; Newbold *et al.*, 1995)؛ بنابراین، افزودن گوگرد بنتونیت‌دار به جیره باعث کاهش جمعیت تک‌یاخته‌های شکمبه شده که تولید متان شکمبه را کاهش می‌دهد و در دسترس بودن انرژی برای حیوان را افزایش می‌دهد. با توجه به مشارکت پروتوزواها در هضم بخش جامد و ذره‌ای جیره، بخشی از کاهش هضم ماده خشک در آزمایش حاضر می‌تواند در نتیجه کاهش جمعیت پروتوزوایی باشد (Hook *et al.*, 2011; Lettat *et al.*, 2013). همچنین راندمان سنتز پروتئین میکروبی شکمبه را می‌توان با حذف تک‌یاخته‌های شکمبه افزایش داد، فرآیندی که باید غلظت سولفید شکمبه را کاهش دهد (Supamong and Cherdthong, 2020). نتایج مشابهی توسط de Paiva (2007) گزارش شد که بیان داشتند مقدار ۰/۳۱ درصد ماده خشک گوگرد معدنی می‌تواند میکروارگانیزم‌های شکمبه (از جمله تک‌یاخته‌ها) را در تلیسه‌ها کاهش دهد. در پژوهشی که (Supamong and Cherdthong (2020) انجام دادند نشان می‌دهد که افزودن ۰/۱ و ۰/۲ درصد گوگرد معدنی به جیره گاوهای شیری تأثیر معنی‌داری بر جمعیت پروتوزوا در زمان ناشتا و سه ساعت پس از تغذیه ندارد.

مطابق با (Rowe *et al.*, 1985; Eryavuz, 1999)، جیره حاوی مکمل اوره و گوگرد باعث افزایش pH شکمبه شد. باین‌حال، مقادیر pH در هر دو تیمارهای تغذیه شده گوگرد بنتونیت‌دار و میش‌های تغذیه شده با جیره شاهد، بین ۶ و ۷ بود که به نفع رشد میکروارگانیزم‌ها بود (Bonhomme, 1990). دلیل این افزایش pH پس از تغذیه را می‌توان مصرف خوراک دانست. مصرف خوراک عامل اصلی مؤثر بر pH شکمبه است (Nordlund, 2003). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که با افزایش سطوح گوگرد بنتونیت‌دار مقدار آمونیاک شکمبه هم افزایش می‌یابد. جیره‌های حاوی مکمل اوره و گوگرد با افزایش قابل‌توجهی در آمونیاک شکمبه (قبل و بعد از تغذیه) همراه بود (Al-Dobeeb, 2004). با توجه به نتایج (Wu *et al.*, 2021) محتوای آمونیاک شکمبه پس از افزایش غلظت گوگرد به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت، اما سپس به تدریج شروع به افزایش کرد. (Cherdthong *et al.*, 2019). به‌طور مشابه نشان داد زمانی که گاوهای گوشتی با بلوک خوراک حاوی ۰/۴ درصد ماده خشک گوگرد عنصری تغذیه شدند pH و آمونیاک شکمبه به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. میانگین غلظت آمونیاک شکمبه از ۸/۲۷ تا ۹/۸۴ میلی‌گرم در دسی‌لیتر متغیر بود که برای تقویت رشد باکتری کافی است. این داده‌های به‌دست‌آمده توسط (Pereira *et al.*, 2007) تأیید می‌شود.

جدول ۵. اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت دار بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای میش‌ها

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی (درصد ماده خشک)			صفت
		۰/۳	۰/۱۵	شاهد	
۰/۰۲۹۳	۱/۱۹۴	۱۸/۵۰ <sup>a</sup>	۱۶/۱۷ <sup>a</sup>	۱۳/۳۳ <sup>b</sup>	پروتوزوا قبل از تغذیه صبح (۱۰ <sup>۴</sup> ×/میلی لیتر)
۰/۰۰۰۲	۰/۸۲۶	۱۰/۶۷ <sup>b</sup>	۱۰/۵۰ <sup>b</sup>	۱۶/۱۶ <sup>a</sup>	پروتوزوا سه ساعت بعد از تغذیه صبح (۱۰ <sup>۴</sup> ×/میلی لیتر)
۰/۵۹۹۱	۰/۰۵۸	۷/۲۰	۷/۱۱	۷/۱۲	pH قبل از تغذیه صبح
۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۰	۶/۶۹ <sup>a</sup>	۶/۵۴ <sup>a</sup>	۶/۲۷ <sup>b</sup>	pH سه ساعت بعد از تغذیه صبح
۰/۰۳۰۷	۰/۴۱۵	۹/۸۰ <sup>a</sup>	۹/۸۵ <sup>a</sup>	۸/۲۸ <sup>b</sup>	غلظت آمونیاک (میلی گرم/دسی لیتر)

<sup>a-b</sup>: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی دار است (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

## نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش سطح گوگرد مصرفی تأمین شده از منبع عنصری سبب افزایش غلظت گلوکز و اوره خون، کاهش جمعیت پروتوزوا و افزایش غلظت آمونیاک شکمبه گردید به طور کلی، استفاده از گوگرد بنتونیت دار تا ۰/۳ درصد ماده خشک جیره باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک و آلی شد، اگرچه تمایل به بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن روزانه مشاهده شد.

## منابع

اسدی، محمد؛ قورچی، تقی؛ توغدری، عبدالحکیم؛ شاهی، محبوبه (۱۴۰۰). اثر جایگزینی سطوح مختلف کاه گندم با گیاه پنبه بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و رفتار نشخوار در میش‌های دالاق. *تحقیقات تولیدات دامی*، ۱۰(۲)، ۶۳-۷۲.

زمانی، زهرا؛ علی عربی، حسن؛ طباطبایی، محمدمهدی؛ زمانی، پویا؛ ساکی، علی اصغر؛ زابلی، خلیل (۱۳۸۶). اثر سطوح مختلف مکمل اوره و گوگرد بر سنتز پروتئین میکروبی، ابقای ازت، برخی فراسنجه‌های خون و گوارش پذیری مواد مغذی در گوسفندان مهربان. *پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی*، ۷(۴)، ۷۱-۸۳.

منیدری، اسماعیل؛ امانلو، حمید؛ کشاورز، وحید؛ فروزان مهر، محمدرضا؛ جالیری نیا، امیر (۱۳۹۰). مطالعه تاثیر سطح و نوع گوگرد مصرفی در جیره‌های پیش از زایش بر فراسنجه‌های خون، آغوز و ترکیبات آن و غلظت پلاسمایی آنزیم‌های کبدی در دوره انتقال گاوهای شیری، *نشریه پژوهش‌های علوم دامی ایران*، ۳(۲)، ۱۵۰-۱۵۸.

## REFERENCES

- Al-Dobeab, S. N. (2004). Evaluation of digestibility, nitrogen and sulfur balances and rumenfermentation of diets supplemented with urea and/or potassium sulfate in Naeimi sheep. *Pakistan Journal of Biological Sciences (Pakistan)*, 7(12): 2216-2221
- AOAC. 2005. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC International, Maryland, USA.
- Araujo, R. C., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C. Q., Rodrigues, G. H., Packer, I. U., & Eastridge, M. L. (2008). Milk yield, milk composition, eating behavior, and lamb performance of ewes fed diets containing soybean hulls replacing coastcross (*Cynodon species*) hay. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3511-3521.
- Asadi, M., Ghoorchi, T., Toghdory, A., & Shahi, M. (2021). Effect of replacing different levels of wheat straw with cottonseed plant on performance, digestibility, blood parameters, and rumination behavior in Dalagh ewes. *Animal Production Research*, 10(2), 63-72 (In Persian).
- Azizi, O., Shadman, S., & Sadeghi, G. A. (2017). Effect of source and level of sulfur supplementation on mohair characteristics and growth in male goat kids. *Journal of Livestock Science and*

- Technologies*, 5(2), 19-27.
- Bonhomme, A. (1990). Rumen ciliates: their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. *Animal Feed Science and Technology*, 30(3-4), 203-266.
- Bradley, A. S., Leavitt, W. D., & Johnston, D. T. (2011). Revisiting the dissimilatory sulfate reduction pathway. *Geobiology*, 9, 446-457.
- Butler, W. R. (1998). Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 81(9), 2533-2539.
- Callaway, T. R., Dowd, S. E., Edrington, T. S., Anderson, R. C., Krueger, N., Bauer, N., & Nisbet, D. J. (2010). Evaluation of bacterial diversity in the rumen and feces of cattle fed different levels of dried distillers grains plus solubles using bacterial tag-encoded FLX amplicon pyrosequencing. *Journal of Animal Science*, 88(12), 3977-3983.
- Cherdthong, A., Khonkhaeng, B., Seankamsorn, A., Supapong, C., Wanapat, M., Gunun, N., & Polyorach, S. (2018). Effects of feeding fresh cassava root with high-sulfur feed block on feed utilization, rumen fermentation, and blood metabolites in Thai native cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 50(6), 1365-1371.
- Dagaew, G., Cherdthong, A., Wanapat, M., & Chanjula, P. (2020). In vitro rumen gas production kinetics, hydrocyanic acid concentration and fermentation characteristics of fresh cassava root and feed block sulfur concentration. *Animal Production Science*, 60(5), 659-664.
- de Paiva, A. P. C. (2007). Effect of different doses of sulfur on voluntary intake of low-quality elephant grass and estimates of ruminal protozoa populations in crossbred heifers. *Cienc Agrotecnol*, 31, 218-222.
- Dehority, B. A., & Males, J. R. (1984). Rumen fluid osmolality: evaluation of its influence upon the occurrence and numbers of holotrich protozoa in sheep. *Journal of Animal Science*, 38(4), 865-870.
- Drewnoski, M. E., Ensley, S. M., Beitz, D. C., Schoonmaker, J. P., Loy, D. D., Imerman, P. M., & Hansen, S. L. (2012). Assessment of ruminal hydrogen sulfide or urine thiosulfate as diagnostic tools for sulfur induced polioencephalomalacia in cattle. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 24(4), 702-709.
- Drewnoski, M. E., Pogge, D. J., & Hansen, S. L. (2014). High-sulfur in beef cattle diets: a review. *Journal of Animal Science*, 92(9), 3763-3780.
- Durand, M., & Komisarczuk, S. (1988). Influence of major minerals on rumen microbiota. *The Journal of Nutrition*, 118(2), 249-260.
- Eryavuz, A., Durgun, Z., & Keskin, E. (2002). Effects of ration supplemented with zinc on some rumen and blood parameters, mohair production and quality in faunated and defaunated Angora goats. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 26(4), 753-760.
- Felix, T. L., Long, C. J., Metzger, S. A., & Daniels, K. M. (2014). Adaptation to various sources of dietary sulfur by ruminants. *Journal of Animal Science*, 92(6), 2503-2510.
- Finlay, B. J., Esteban, G., Clarke, K. J., Williams, A. G., Embley, T. M., Hirt, R. P. (1994). Some rumen ciliates have endosymbiotic methanogens. *FEMS Microbiol Lett*, 117, 157-161.
- Goff, J. P., & Horst, R. L. (1998). Use of hydrochloric acid as a source of anions for prevention of milk fever. *Journal of Dairy Science*, 81(11), 2874-2880.
- Gould, D. H. (1998). Polioencephalomalacia. *Journal of animal science*, 76(1), 309-314.
- Grant, R. J., Colenbrander, V. F., & Mertens, D. R. (1990). Milk fat depression in dairy cows: role of particle size of alfalfa hay. *Journal of Dairy Science*, 73(7), 1823-1833.
- Hook, S. E., Steele, M. A., Northwood, K. S., Wright, A. G., McBride, B. W. (2011). Impact of high-concentrate feeding and low ruminal pH on methanogens and protozoa in the rumen of dairy cows. *Microbial Ecology*, 62, 94-105.
- Johnson, W. H., Goodrich, R. D., & Meiske, J. C. (1970). Appearance in the blood plasma and excretion of <sup>35</sup>S from three chemical forms of sulfur by lambs. *Journal of Animal Science*, 31(5), 1003-1009.
- Kazemi-Bonchenari, M., Manidari, E., Amanlou, H., Keshavarz, V., & Taghinejadroudbaneh, M. (2014). Effects of level and source of sulfur in close-up diets of Holstein dairy cows on intake,

- blood metabolites, liver enzymes and lactation performance. *Journal of Animal Science Advances*, 4(6), 875-872.
- Kittelman, S., & Janssen, P. H. (2011). Characterization of rumen ciliate community composition in domestic sheep, deer, and cattle, feeding on varying diets, by means of PCR-DGGE and clone libraries. *FEMS Microbiol Ecology*, 75, 468-481
- Lachia, M., Aguilera, J. F., & Prieto, L. C. (1997). Energy expenditure related to the act of eating in Granadina goats given diets of different physical form. *British Journal of Nutrition*, 77(3), 417-426.
- Lettat, A., Hassanat, F., & Benchaar, C. (2013). Corn silage in dairy cow diets to reduce ruminal methanogenesis: Effects on the rumen metabolically active microbial communities. *Journal of Dairy Science*, 96, 5237-5248.
- Lindmark, D. G., & Muller, M. (1973) Hydrogenosome, a cytoplasmic organelle of the anaerobic flagellate *Trichomonas foetus*, and its role in pyruvate metabolism. *Journal of Biological Chemistry*, 248, 7724-7728.
- Loneragan, G. H., Wagner, J. J., Gould, D. H., Garry, F. B., & Thoren, M. A. (2001). Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 79(12), 2941-2948.
- Manidri, A., Amanlou, H., Keshavarz, V., Forozan Mehr, M. R. & Jalairi Nia, A. (2011). Studying the effect of the level and type of sulfur consumed in prenatal rations on the parameters of blood, colostrum and its compounds and the plasma concentration of liver enzymes in the transition period of dairy cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 3(2), 150-158 (In Persian).
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*. 7th ed. Longman Group UK, Harlow, UK, 693 Pp.
- McSweeney, C. S., & Denman, S. E. (2007). Effect of sulfur supplements on cellulolytic rumen micro-organisms and microbial protein synthesis in cattle fed a high fibre diet. *Journal of Applied Microbiology*, 103(5), 1757-1765.
- Moir, R. J. (1979). Basic concepts of sulphur nutrition. Pp. 93-108 in Proc. 2nd Ann. Int. Miner. Conf. St. Petersburg Beach, Fla.
- National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervide and New York Camelids*. National Academy of Science, Washington, DC.
- Newbold, C. J., Lassalas, B., Jouany, J. P. (1995). The importance of methanogens associated with ciliate protozoa in ruminal methane production *in vitro*. *Lett Appl Microbiol*, 21, 230-234.
- Nordlund, K. (2003). Herd-based diagnosis of subacute ruminal acidosis. In *Proceedings of the American Association of Bovine Practitioners Preconvention Seminar*, Vol. 7.
- Pentland Science Park Bush Loan Penicuik Midlothian EH26 0PZ, UK, CAB International
- Promkot, C., & Wanapat, M. (2009). Effect of elemental sulfur supplementation on rumen environment parameters and utilization efficiency of fresh cassava foliage and cassava hay in dairy cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(10), 1366-1376.
- Qi, K. C. D. W., Lu, C. D., & Owens, F. N. (1992). Sulfate supplementation of Alpine goats: effects on milk yield and composition, metabolites, nutrient digestibilities, and acid-base balance. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3541-3550.
- Qi, K., Lu, C. D., & Owens, F. N. (1993). Sulfate supplementation of growing goats: Effects on performance, acid-base balance, and nutrient digestibilities. *Journal of Animal Science*, 71(6), 1579-1587.
- Retnani, Y., Widiarti, W., Amiroh, I., Herawati, L., & Satoto, K. B. (2009). Storage Capacity and Palatability of Wafer Complete Ration Based on Sugar Cane Top and Bagasse on Calves. *Media Peternakan*, 32(2).
- Richter, E. L., Drownoski, M. E., & Hansen, S. L. (2012). Effects of increased dietary sulfur on beef steer mineral status, performance, and meat fatty acid composition. *Journal of Animal Science*, 90(11), 3945-3953.
- Rodríguez-Guerrero, V., Lizarazo, A. C., Ferraro, S., Miranda, L. A., Mendoza, G. D., & Suárez, N.

- (2018). Effect of herbal choline and rumen-protected methionine on lamb performance and blood metabolites. *South African Journal of Animal Science*, 48(3), 427-434.
- Rowe, J. B., Davies, A., & Broome, A. W. J. (1985). Quantitative effects of defaunation on rumen fermentation and digestion in sheep. *British Journal of Nutrition*, 54(1), 105-119.
- SAS Institute (computer software). (2019). Users Guide: Statistics, version 9.4. Cary, NC, USA: SAS Institute, Inc.
- Schoonmaker, J. P., & Beitz, D. C. (2012). Hydrogen sulphide: synthesis, physiological roles and pathology associated with feeding cattle maize co-products of the ethanol industry. *Blofuel Co-Products as Livestock Feed*, 101.
- Supamong, C., & Cherdthong, A. (2020). Effect of sulfur and urea fortification of fresh cassava root in fermented total mixed ration on the improvement milk quality of tropical lactating cows. *Veterinary Sciences*, 7(3), 98.
- Supamong, C., Cherdthong, A., Wanapat, M., Chanjula, P., & Uriyapongson, S. (2019). Effects of sulfur levels in fermented total mixed ration containing fresh cassava root on feed utilization, rumen characteristics, microbial protein synthesis, and blood metabolites in Thai native beef cattle. *Animals*, 9(5), 261.
- Suttle N, 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*, 4th Edition. Honorary Research Fellow Moredun Foundation.
- Sylvester, J. T., Karnati, S. K., Yu, Z., Morrison, M., & Firkins, J. L. (2004). Development of an assay to quantify rumen ciliate protozoal biomass in cows using real-time PCR. *Journal of Nutrition*, 2004; 134: 3378-3384.
- Tucker, W. B., Hogue, J. F., Adams, G. D., Aslam, M., Shin, I. S., & Morgan, G. (1992). Influence of dietary cation-anion balance during the dry period on the occurrence of parturient paresis in cows fed excess calcium. *Journal of Animal Science*, 70(4), 1238-1250
- Uwituzo, S., Parsons, G. L., Karges, K. K., Gibson, M. L., Hollis, L. C., Higgins, J. J., & Drouillard, J. S. (2011). Effects of distillers grains with high sulfur concentration on ruminal fermentation and digestibility of finishing diets. *Journal of Animal Science*, 89(9), 2817-2828.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press.
- Vidal, J. M. (2005). Effect of different doses of sulfur on voluntary intake of low-quality elephant grass and estimates of microorganism populations and ruminal parameters in crossbred heifers. *Cienc Agrotecnol*, 31:218-222.
- Vogels, G. D., Hoppe, W. F., & Stumm, C. K. (1980) Association of methanogenic bacteria with rumen ciliates. *Appl Environ Microb*, 40, 608-612
- Weston, R. H., Lindsay, J. R., Purser, D. B., Gordon, G. L. R., & Davis, P. (1988). Feed intake and digestion responses in sheep to the addition of inorganic sulfur to an herbage diet of low sulfur content. *Australian Journal of Agricultural Research*, 39(6), 1107-1119.
- Whanger, P. D., & Matrone, G. (1967). Metabolism of lactic, succinic and acrylic acids by rumen microorganisms from sheep fed sulfur-adequate and sulfur-deficient diets. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 136(1), 27-35.
- Wu, H., Li, Y., Meng, Q., & Zhou, Z. (2021). Effect of High Sulfur Diet on Rumen Fermentation, Microflora, and Epithelial Barrier Function in Steers. *Animals*, 11(9), 2545.
- Wu, H., Meng, Q., & Yu, Z. (2015). Effect of pH buffering capacity and sources of dietary sulfur on rumen fermentation, sulfide production, methane production, sulfate reducing bacteria, and total Archaea in in vitro rumen cultures. *Bioresource Technology*, 186, 25-33.
- Zamani, Z., Aliarabi, H., Tabatabaei, M., Zamani, P., Saki, A., & Zaboli, K. (2008). Effect of different levels of urea and sulfur on microbial protein synthesis, nitrogen retention, some blood metabolites and nutrients digestibility in Mehraban sheep. *Agricultural Research: Water, Soil and Plants in Agriculture*, 7(4), 71-83 (In Persian).
- Zinn, R. A., Alvarez, E., Monta o, M., & Ramirez, E. (1999). Toxic effects of high dietary sulfur on growth performance of feedlot calves during the early growing phase. *In Proceedings-American Society of Animal Science Western Section*, 50, 356-358.