نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۰، پاییز ۱۳۹۷
ص‌ص: ۱۱۷~۱۳٤

تأثیر اندازه ذرات مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده با علوفه یونجه و سطح کنسانتره برگوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای در بز رایینی

- **معصومه اقتداری**
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم دامی دانشگاه شهید باهنر کرمان
- **امین خضری**
دانشیار بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
- **محمد مهدی شریفی حسینی** (نویسنده مسئول)
استادیار بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
- **امید دیانی**
استاد بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
- **رضا طهماسبی**
دانشیار بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت : تیر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش : دی ۱۳۹۶
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۲۰۴۲۰۱۳۳۵
Email: mmsharifih@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.114736.1492

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اندازه ذرات مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده و سطح کنسانتره بر گوارش‌پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک از چهار رأس بز نر رایینی با میانگین وزنی ۳/۰±۳۰/۱ کیلوگرم در قالب طرح چرخشی متوازن استفاده شد. از علوفه سورگوم درشت و ریز (۳۰ و ۱۵ میلی‌متر)، در کیسه‌های نایلونی بدون هیچ ماده افزودنی، علوفه سیلوی تهیه و با نسبت ۵۰ به ۵۰ درصد ماده خشک به همراه یونجه در تهیه جیره‌های آزمایشی استفاده شد و جیره‌ها شامل ۱) جیره‌ی حاوی ٤۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده درشت و علوفه یونجه و ٦۰ درصد کنسانتره ۲) جیره‌ی حاوی ٦۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده درشت و علوفه یونجه و ٤۰ درصد کنسانتره ۳) جیره‌ی حاوی ٤۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده ریز و علوفه یونجه و ٦۰ درصد کنسانتره ٤) جیره‌ی حاوی ٦۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده ریز و علوفه یونجه و ٤۰ درصد کنسانتره بودند. مصرف ماده خشک و ماده آلی تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت (به‌ترتیب ۱/۲۰، ۱/۰۵، ۱/۳۷، ۱/۲٤ و ۱/۰۷، ۱/۰۲، ۱/۲۷ و ۱/۱۲ کیلوگرم در روز) و با کاهش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده افزایش نشان داد (P<۰/۰۵). امّا اندازه ذرات علوفه تأثیری بر گوارش‌پذیری مواد مغذّی نداشت. با افزایش اندازه ذرات علوفه سیلو شده تولید پروتئین میکروبی، تعداد پروتوزوای سلولولایتیک و زمان مصرف خوراک، نشخوار و جویدن افزایش یافت (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد که علوفه سورگوم سیلو شده، همراه با مقادیر زیاد یا کم کنسانتره، بدون هیچ مشکل تغذیه‌ای، قابل استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان کوچک مانند بز رائینی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الیاف فیزیکی مؤثر، آمونیاک شکمبه‌ای، پروتوزوای سلولولایتیک، گوارش‌پذیری

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 120 pp: 117-134

The effect of particles size of the mixture of sorghum silage and alfalfa hay and concentrate levels on nutrients digestibility and ruminal fermentation parameters in Raeini goat

By: M Eghtedary[1], A khezri[2], M M Sharifi[*3], O Dayani[4], R Tahmasbi[2]
[1]MSc Graduated, Department of Animal Science, Faulty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
[2]Assosiated Professor, Department of Animal Science, Faulty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
[3]Assisstant Professor, Department of Animal Science, Faulty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
[4] Professor, Department of Animal Science, Faulty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

Received: June 2017 **Accepted: December 2017**

In order to investigate the effect of particles size of sorghum silage mixed with alfalfa and concentrate levels on digestibility of nutrients, rumen parameters and dietary intake behavior, four male Raeini goat (BW, 30.1±3.0 kg) were used in chageover designs experiment to measure feed intake and nutrients digestibility, ruminal fermentation parameters and feed intake behaviors. To prepare silage, 800 kg of sorghum forage with different particles size (15 and 30 mm) were ensiled using special nylon bags .The experimental diets were: 1) diet contains 40% of the coarse sorghum silage and alfalfa hay and 60% concentrate 2) diet contains 60% of the coarse sorghum silage and alfalfa hay and 40% concentrate 3) diet contains 40% of the fine sorghum silage and alfalfa hay and 60 % concentrate 4) diet contains 60% of the fine sorghum silage and alfalfa hay and 40% concentrate. The consumption of dry and organic matter was affected by experimental rations (1.20, 1.05, 1.37, 1.24 and 1.07, 1.02, 1.27 and 1.12 kg respectivily) and increased with decreasing sorghum silage particles size ($P<0.05$), but particles size of sorghum silage did not affect digestibility of nutrients. Population of cellulolytic protozoa species and the production of microbial protein were influenced by the particles size of sorghum silage and concentrate levels ($P<0.05$). Eating, ruminanting and total chewing activating were increased by increasing sorghum silage particles size. The results showed that sorghum silage with high or low concentrate lvels can be fed without any negative impact on small ruminants like Raeini goats.

Key words: Cellulolytic protozoan, Digestibility, Physical effective fiber, Ruminal ammonia.

مقدمه

یکی از اجزای معمول در جیره نشخوارکنندگان گیاهان علوفه‌ای می‌باشند که از نظر فیزیولوژیکی و اقتصادی بخش مهمی را از جیره غذایی آن‌ها تشکیل می‌دهند و حداقل ۳۰ تا ۴۰ درصد مصرف ماده خشک این حیوانات، از علوفه تأمین شده که سبب حداکثر شدن تولید و حفظ محیط پایدار شکمبه می‌شود (Mertens، ۱۹۹۷). علوفه ذرت سیلو شده و علوفه یونجه دو علوفه رایج در جیره گاوهای شیری (محتشمی و همکاران، ۱۳۹۴) و دیگر نشخوارکنندگان می‌باشند. در تحقیق کوثر و همکاران (۱۳۸۸) با افزودن علوفه ذرت سیلو شده تا سطح ۶۰ درصد بخش علوفه‌ای جیره به همراه علوفه یونجه، مصرف ماده خشک در جیره گاوهای شیری افزایش یافته و درصد الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و الیاف فیزیکی مؤثر جیره بهبود یافت. امّا در مناطقی که برای رشد ذرت، بسیار گرم، خشک و نامساعد است، سورگوم علوفه‌ای Sorghum bicolar در مقایسه با ذرت رشد سریع‌تری داشته و به خشکی و کم‌آبی مقاوم‌تر است (خلیلی محله و همکاران، ۱۳۸۶). این گیاه علاوه بر تولید علوفه با عملکرد بالا و کیفیت مطلوب، سازگاری بالایی نسبت به شرایط محیطی داشته و می‌تواند به عنوان یک منبع مطمئن تولید علوفه، در بسیاری از نقاط کشت شود (اسحقی سردرود و همکاران، ۱۳۹۱).

ویژگی‌های فیزیکی مواد خوراکی نظیر اندازه ذرات می‌تواند استفاده از مواد مغذی، تخمیر شکمبه‌ای و تولید حیوان را صرف‌نظر از کمیت الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تحت تأثیر قرار دهد. ممکن است با افزایش اندازه ذرات علوفه بازده تولید میکروبی و قابلیت هضم پروتئین در شکمبه و در کل دستگاه گوارش بهبود یابد (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۷). همچنین افزایش اندازه ذرات علوفه سبب افزایش فعالیت جویدن و افزایش ترشح بزاق شده و به دنبال آن سبب تعدیل pH شکمبه می‌شود (Zebeli و همکاران، ۲۰۱۲). تاکنون تحقیقات اندکی در مورد تأثیر اندازه ذرات علوفه بر مصرف و گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای در بز انجام شده است (Zhao و همکاران، ۲۰۱۰؛ Zhao وهمکاران، ۲۰۰۷). لذا هدف از پژوهش حاضر، مطالعه تأثیر دو سطح اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده به همراه علوفه یونجه و دو سطح کنسانتره و اثرات متقابل آن‌ها بر توزیع اندازه ذرات و الیاف فیزیکی مؤثر جیره‌های آزمایشی، گوارش‌پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه و رفتار مصرف خوراک در بز کرکی رایینی بود.

مواد و روش‌ها

در اواخر اردیبهشت ۱۳۹۴، در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۵۰۰ متر زمین به کشت سورگوم رقم اسپیدفید Speedfeed اختصاص یافت و در شهریور در حدود ۸۰۰ کیلوگرم علوفه سورگوم در مرحله خمیری دانه برداشت شد و به‌وسیله علوفه خردکن در دو اندازه ۱۵ و ۳۰ میلی‌متر خرد شد. سپس در کیسه‌های نایلونی ضخیم بدون هیچ نوع ماده افزودنی سیلو شدند. پس از ۴۵ روز کیسه‌ها باز شده و از مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده ریز و درشت به همراه علوفه یونجه خرد شده با خرمن‌کوب با اندازه تقریبی ۷ تا ۸ سانتی‌متر (با نسبت ۵۰ به ۵۰ درصد ماده خشک) برای تهیه جیره‌های آزمایشی استفاده شد. جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از: ۱) جیره حاوی ۴۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده درشت و علوفه یونجه و ۶۰ درصد کنسانتره ۲) جیره حاوی ۶۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده درشت و علوفه یونجه و ۴۰ درصد کنسانتره ۳) جیره حاوی ۴۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده ریز و علوفه یونجه و ۶۰ درصد کنسانتره و ۴) جیره حاوی ۶۰ درصد علوفه سورگوم سیلو شده ریز و علوفه یونجه و ۴۰ درصد کنسانتره. (جدول ۱). برای انجام آزمایش ازچهار رأس بز نر رایینی با میانگین وزنی ۳/۰±۳۰/۱ کیلوگرم در قالب طرح چرخشی متوازن با آرایش فاکتوریل ۲×۲ با چهار دوره ۲۱ روزه در ایستگاه تحقیقاتی بخش علوم دامی دانشگاه شهید باهنر کرمان استفاده شد.

برای اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی نمونه‌های خوراک و مدفوع مانند ماده خشک، خاکستر، و پروتئین‌خام از روش‌های استاندارد استفاده شد (AOAC، ۲۰۰۵). مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی طبق روش Van Soest و همکاران(۱۹۹۱) تعیین گردید.

نمونه‌گیری از مایع شکمبه در روز بیستم هر دوره و در زمان‌های پیش از مصرف خوراک (صفر)، دو، چهار، شش و هشت ساعت پس از مصرف خوراک با استفاده از لوله معدی متصل به دستگاه مکش صورت گرفت. بلافاصله پس از نمونه گیری، pH مایع شکمبه به وسیله pH متر دیجیتالی (مارک Elmetron مدل CP ۱۰۳) تعیین شد (Higginbotham و همکاران، ۱۹۹۷). سپس نمونه‌ها با پارچه کتانی چهار لایه صاف شد و برای تعیین نیتروژن آمونیاکی، پنج میلی‌لیتر از آن با ۰/۲ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۵۰ درصد مخلوط شد. اندازه گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از روش فنول-هیپوکلریت (Broderick and Kang، ۱۹۸۰) انجام شد. همچنین ۱۰ میلی‌لیتر دیگراز مایع شکمبه صاف شده با ۱۰ میلی‌لیتر محلول متیل‌گرین فرمالین‌سالین[1] (Ogimoto and Imai، ۱۹۸۱) برای شمارش پروتوزوا نگهداری شد.

[1]- Methylgreen-formalin-Salin

جدول ۱- اجزاء تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه یونجه	درشت		ریز	
درصد کنسانتره	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰
علوفه سورگوم سیلو شده درشت و علوفه یونجه[1]	۴۰	۶۰	۰	۰
علوفه سورگوم سیلو شده ریز و علوفه یونجه[1]	۰	۰	۴۰	۶۰
دانه جو بلغور شده	۳۴	۲۰	۳۴	۲۰
کنجاله سویا	۳	۵	۳	۵
سبوس گندم	۲۱	۱۳	۲۱	۱۳
مکمل مواد معدنی و ویتامینی	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
نمک	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
ترکیب شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری) در کیلوگرم ماده خشک				
ماده خشک (درصد)	۷۴/۸	۶۸/۸	۷۴/۲	۶۷/۹
ماده آلی (درصد)	۹۰/۹	۸۹/۳	۹۱/۷	۹۰/۷
پروتئین خام (درصد)	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی (درصد)	۴۱/۸	۴۵/۱	۴۱/۲	۴۴/۲
الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی (درصد)	۲۲/۲	۲۷/۵	۲۱/۹	۲۷/۰
انرژی قابل متابولیسم	۲/۵	۲/۴	۲/۵	۲/۴

[1]نسبت علوفه سورگوم سیلو شده به یونجه خشک ۵۰ به ۵۰ بود. [2]مکمل معدنی-ویتامینه (ترکیبات در یک کیلوگرم): ویتامین‌ها بر اساس واحد بین المللی شامل A (۵۰۰۰۰۰)، D3 (۱۰۰۰۰۰)، E (۱۰۰)، و عناصر معدنی بر اساس میلی‌گرم شامل Fe (۳۰۰۰)، Cu (۳۰۰)، Mn (۳۰۰)، Ca (۲۰۰۰)، Zn (۳۰۰۰)، P (۹۰۰۰۰)، Co (۱۰۰)، Na (۵۰۰۰۰)، I (۱۰۰)، Mg (۱۹۰۰۰) و Se (۱).

نمونه‌گیری از مایع شکمبه در روز بیستم هر دوره و در زمان‌های پیش از مصرف خوراک (صفر)، دو، چهار، شش و هشت ساعت پس از مصرف خوراک با استفاده از لوله معدی متصل به دستگاه مکش صورت گرفت. بلافاصله پس از نمونه گیری، pH مایع شکمبه به وسیله pH متر دیجیتالی (مارک Elmetron مدل CP ۱۰۳) تعیین شد (Higginbotham و همکاران، ۱۹۹۷). سپس نمونه‌ها با پارچه کتانی چهار لایه صاف شد و برای تعیین نیتروژن آمونیاکی، پنج میلی‌لیتر از آن با ۰/۲ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۵۰ درصد مخلوط شد. اندازه گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از روش فنول-هیپوکلریت (Broderick and Kang، ۱۹۸۰) انجام شد. همچنین ۱۰ میلی‌لیتر دیگراز مایع شکمبه صاف شده با ۱۰ میلی‌لیتر محلول متیل‌گرین فرمالین‌سالین[1] (Ogimoto and Imai، ۱۹۸۱) برای شمارش پروتوزوا نگهداری شد. تولید نیتروژن میکروبی بر اساس گرم نیتروژن در روز به صورت زیر محاسبه شد (Denek and Can، ۲۰۰۶)

$$\text{نیتروژن میکروبی}=\frac{X\left(\frac{mmol}{day}\right)\times 70}{0.116\times 0.83\times 1000}$$

در این رابطه: X برابر با میزان جذب پورین‌ها (میلی‌مول در روز) می‌باشد.

برای تعیین توزیع اندازه ذرات و محاسبه الیاف فیزیکی مؤثر جیره‌ها از الک کردن خشک به روش Lammers و همکاران (۱۹۹۶) و Kononoff و همکاران (۲۰۰۳) استفاده شد. میانگین هندسی و انحراف معیار میانگین هندسی ذرات

[1]- Methylgreen-formalin-Salin

جیره‌ها بر اساس معادلات American Society of Agricultural Engineers (۲۰۰۲) محاسبه شد.

خوراک روزانه هر حیوان به صورت جیره‌های کاملاً مخلوط، ابتدا توزین و سپس در اختیار حیوان قرار می‌گرفت. در شش روز آخر هر دوره باقیمانده خوراک روزانه، جمع‌آوری، وزن و با هم مخلوط شدند و در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری گردید و در نهایت یک نمونه از آن‌ها برای انجام تجزیه شیمیایی گرفته شد. نمونه‌ها تا انجام تجزیه شیمیایی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. محاسبات گوارش‌پذیری ماده خشک و مواد مغذی به‌روش مستقیم بر اساس رابطه Rymer (۲۰۰۰) انجام شد. قابلیت هضم ماده خشک با رابطه زیر محاسبه شد.

$$DMD=\frac{\text{DM intake} - \text{Faecal DM excreted}}{\text{DM intake}}\times 100$$

در این رابطه DMD=گوارش‌پذیری ماده خشک، DM intake= مصرف ماده خشک، Faecal DM excreated= ماده خشک دفع شده مدفوع می‌باشد. محاسبه گوارش‌پذیری دیگر مواد مغذّی مانند ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی با جایگزینی آن‌ها به جای ماده خشک انجام گرفت.

میزان فعالیت جویدن و نشخوار دام‌ها به صورت چشمی و به فواصل زمانی پنج دقیقه‌ای در دوره‌های ۲۴ ساعته در روز ۲۱ هر دوره آزمایشی اندازه‌گیری شد. نوع فعالیت دام (مصرف خوراک، نشخوار و استراحت) در ابتدای هر پنج دقیقه ثبت گردید. فرض بر این بود که دام در طول این پنج دقیقه این فعالیت‌ها را ادامه خواهد داد. میزان فعالیت جویدن از مجموع زمان‌های نشخوار و مصرف خوراک به دست آمد (Teimouri Yansari و همکاران ۲۰۰۴). در آزمایش، از طرح فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح چرخشی متوازن با چهار دوره ۲۱ روزه (هر دوره شامل ۱۴ روز عادت‌دهی و ۶ روز نمونه‌گیری و یک روز ثبت رفتار مصرف خوراک) استفاده شد و مدل آماری به صورت زیر بود:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \delta_L + e_{ijkl}$$

در این معادله: Y_{ijkl}= هر کدام از مشاهدات، μ= میانگین کل، α_i = اثر اندازه ذرات علوفه سورگوم در مخلوط ۵۰ به ۵۰ درصد علوفه سیلو سورگوم شده درشت و ریز و علوفه یونجه، β_j = اثر سطح کنسانتره، $(\alpha\beta)_{ij}$ = اثر متقابل اندازه ذرات علوفه با اثر سطح کنسانتره، γ_k= اثر تصادفی حیوان، δ_L= اثر دوره، e_{ijkl}= واریانس باقیمانده بود. با استفاده از نرم افزار SAS (۲۰۰۵) تجزیه آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی کرامر در سطح پنج درصد، با رویه مخلوط انجام شد.

نتایج و بحث

توزیع اندازه ذرات و الیاف فیزیکی مؤثر

نتایج توزیع اندازه ذرات و مقدارالیاف مؤثر فیزیکی جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است. در مطالعه حاضر ماده خشک باقی‌مانده روی الک‌های ۱۹ و ۸ میلی‌متری تحت تأثیر اندازه مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده با علوفه یونجه قرار گرفت (به ترتیب $P<۰/۰۱$ و $P<۰/۰۵$)، و با افزایش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای، درصد ماده خشک باقی‌مانده روی الک‌های مذکور افزایش یافت. امّا ماده خشک باقی‌مانده روی الک ۱/۱۸ و سینی انتهایی تحت تأثیراندازه ذرات علوفه سیلو شده قرار نگرفت. زیرا با افزایش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای، ذرات علوفه‌ای بیشتری روی الک‌های ۱۹ و ۸ میلی‌متری باقی‌مانده و کمتر عبور نمودند و به دنبال آن ماده خشک باقی‌مانده برروی این دو الک افزایش یافت، اما علوفه‌های سیلو شده با اندازه ذرات ریز، به راحتی از الک‌های ۱۹ و ۸ میلی‌متری عبور کردند و روی الک ۱/۱۸ میلی‌متری انباشته شدند. نتایج گلچین گله‌دونی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که تیمار دارای علوفه یونجه درشت به دلیل داشتن نسبت بیشتری از ذرات بلند (۱۹ میلی متری) دارای درصد فراوانی ماده خشک بیشتری روی الک بالایی بود. ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر برای اینکه بتوانند از شکمبه عبور کنند باید اندازه آن‌ها از طریق عمل نشخوار کردن کاهش یابد که در این صورت این ذرات قادرند ترشح بزاق را نسبت به ذراتی که اندازه آن‌ها کم‌تر از

۱/۱۸ میلی‌متر است بیشتر تحریک کنند (Mertens، ۲۰۰۰). سطح کنسانتره تاثیری بر ماده خشک باقی مانده روی الک-های ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ نداشت، زیرا ذرات کنسانتره از این الک-ها عبور کردند.

در مطالعه حاضر عامل مؤثر بودن فیزیکی جیره‌های آزمایشی به روش Lammers و همکاران (۱۹۹۶) و به روش Kononoff و همکاران (۲۰۰۳)، تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلویی قرار گرفت (به ترتیب P<۰/۰۱ و P<۰/۰۱)، و با افزایش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای، عامل مؤثر بودن فیزیکی جیره‌های آزمایشی به صورت معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). عامل مؤثر بودن فیزیکی به روش Lammers و همکاران (۱۹۹۶) و Kononoff و همکاران (۲۰۰۳)، وابسته به ماده خشک باقی‌مانده روی الک‌ها است به صورتی که با افزایش درصد ماده خشک باقی‌مانده روی الک‌ها (به ویژه الک‌های بالای)، عامل فیزیکی مؤثر هم افزایش می‌یابد (Kononoff and Heinrichs، ۲۰۰۳).

الیاف فیزیکی مؤثر جیره‌های آزمایشی به روش Lammers و همکاران (۱۹۹۶) و به روش Kononoff و همکاران (۲۰۰۳) تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده قرار گرفت (به ترتیب P<۰/۰۱ و P<۰/۰۵)، و الیاف فیزیکی مؤثر در جیره‌های دارای علوفه سورگوم سیلویی درشت بیشتر از جیره‌های دارای علوفه سیلویی ریز (P<۰/۰۵) بود. زیرا علوفه سورگوم سیلو شده با اندازه ذرات درشت نسبت به علوفه سیلو شده با اندازه ذرات ریز، الیاف فیزیکی مؤثر بیشتری دارد (Zebeli و همکاران، ۲۰۱۲؛ حسینی، ۱۳۹۴).

میانگین هندسی جیره‌های آزمایشی با افزایش اندازه ذرات سورگوم سیلو شده افزایش یافت (P<۰/۰۱) و در جیره‌های آزمایشی دارای علوفه سیلو شده درشت همراه با علوفه یونجه بیشتر بود (P<۰/۰۵)، به عبارت دیگر با کاهش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای، میانگین هندسی کاهش یافت. مطابق با نتایج مطالعه حاضر، در مطالعات دیگری نیز میانگین هندسی جیره‌های آزمایشی با کاهش اندازه ذرات کاهش یافت (Beauchemin و همکاران، ۲۰۰۳؛ Krause and Combs، ۲۰۰۳؛ Soita و همکاران، ۲۰۰۰؛ گلچین گله‌دونی و همکاران، ۱۳۹۲). اما سطح کنسانتره تأثیر معنی‌داری روی میانگین هندسی نداشت (P>۰/۰۵). میانگین هندسی، عامل فیزیکی مؤثر و الیاف فیزیکی مؤثر به روش Lammers و همکاران (۱۹۹۶) و به روش Kononoff و همکاران (۲۰۰۳)، تحت تأثیر سطح کنسانتره قرار نگرفت، زیرا کنسانتره فاقد الیاف فیزیکی مؤثر بوده و بر روی الک‌های ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی‌متری باقی‌نمی‌ماند (Teimouri Yansari و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۲- توزیع اندازه ذرات و مقدار الیاف فیزیکی مؤثر جیره‌های مورد استفاده

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه یونجه	درشت (۳۰ میلی‌متر)		ریز(۱۵ میلی‌متر)		خطای	سطح معنی‌داری		
کنسانتره جیره (درصد ماده خشک)	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	معیار	اندازه	سطح	اثر
ماده خشک باقی مانده روی هر الک (درصد)					میانگین	ذرات	کنسانتره	متقابل
۱۹ میلی‌متر	۴۴/۴^{a}	۴۷/۳^{a}	۲۵/۵^{b}	۲۷/۴^{b}	۳/۰۷	<۰/۰۱	۰/۴۶	۰/۸۷
هشت میلی‌متر	۳۱/۴^{a}	۳۱/۸^{a}	۲۴/۹^{b}	۲۸/۳^{b}	۱/۹۹	<۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۴۷
۱/۱۸ میلی‌متر	۲۱/۸	۲۱/۲	۲۲/۴	۲۱/۸	۳/۹۹	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۹۸
سینی انتهایی	۸/۱	۷/۲	۱۲/۱	۱۰/۳	۳/۱۰	۰/۲۹	۰/۶۷	۰/۸۷
عامل مؤثر بودن فیزیکی [۱]	۷۶/۹^{a}	۷۸/۷^{a}	۵۲/۳^{b}	۵۳/۸^{b}	۳/۴۴	<۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۹۵
عامل مؤثر بودن فیزیکی [۲]	۹۹/۷^{a}	۹۹/۸^{a}	۷۴/۶^{b}	۷۵/۷^{b}	۴/۸۹	<۰/۰۱	۰/۸۲	۰/۹۹
الیاف فیزیکی مؤثر [۳](درصد)	۳۲/۹^{a}	۳۴/۰^{a}	۲۲/۲^{b}	۲۳/۱^{b}	۱/۵۸	<۰/۰۱	۰/۵۵	۰/۹۵
الیاف فیزیکی مؤثر [۴] (درصد)	۴۱/۶^{a}	۴۴/۵^{a}	۳۴/۱^{b}	۳۷/۲^{b}	۲/۸۲	<۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۹۷
میانگین هندسی (میلی‌متر)	۸/۳^{a}	۸/۷^{a}	۷/۶^{b}	۷/۶^{b}	۰/۱۸	<۰/۰۱	۰/۴۷	۰/۳۱
انحراف استاندارد میانگین هندسی (میلی‌متر)	۲/۷	۲/۸	۲/۹	۲/۹	۰/۲۵	–	–	–

در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

[۱] نسبت ماده خشک باقی‌مانده بر روی الک های ۱۹ و ۸ میلی‌متری (Lammers و همکاران، ۱۹۹۶)

[۲] نسبت ماده خشک باقی‌مانده بر روی الک های ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی متری (Kononoff و همکاران، ۲۰۰۳)

[۳] حاصل ضرب غلظت الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی جیره در نسبت ماده خشک باقی‌مانده روی الک‌های ۱۹ و ۸ میلی متری (Lammers و همکاران، ۱۹۹۶)

[۴] حاصل ضرب غلظت الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی جیره در نسبت ماده خشک باقی‌مانده روی الک‌های ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی‌متری (Kononoff و همکاران، ۲۰۰۳).

تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای و سطح کنسانتره بر مصرف خوراک و گوارش‌پذیری مواد مغذی

بر اساس نتایج جدول ۳، مصرف ماده خشک و ماده آلی به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای قرار گرفت (P<۰/۰۵)، و با کاهش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده، مصرف ماده خشک و آلی افزایش یافت (P<۰/۰۵). با کاهش اندازه ذرات علوفه سیلو شده و افزایش سطح کنسانتره به ۶۰ درصد، الیاف فیزیکی مؤثر جیره کاهش یافته (جدول ۲) و در نتیجه مصرف ماده خشک در حیوانات افزایش یافت. خرم‌دل و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که با کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه به دلیل افزایش نرخ عبور، پرشدگی شکمبه کمتر می‌شود (شکمبه سریع‌تر تخلیه شده) و در نتیجه مصرف خوراک افزایش می‌یابد. در فرابررسی[1] Nasrollahi و همکاران (۲۰۱۵) مشخص شد در جیره‌هایی که علوفه آن‌ها بیش از ۵۰ درصد ماده خشک می‌باشند کاهش اندازه ذرات علوفه سبب افزایش مصرف ماده خشک می‌شود. همچنین، مصرف ماده خشک و ماده آلی تحت تأثیر سطح کنسانتره تمایل به معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۸) و در جیره‌های حاوی ۶۰ درصد کنسانتره بیشتر بود (P<۰/۰۵)، زیرا گوارش‌پذیری کنسانتره بیش از علوفه می‌باشد (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). مصرف الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و پروتئین خام تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای و نیز سطح کنسانتره قرار نگرفت (P>۰/۰۵).

گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تحت تأثیر اندازه ذرات

[1] - Meta-analysis

علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای و سطح کنسانتره قرار نگرفت (P>۰/۰۵). در آزمایش کهیانی و همکاران (۱۳۹۱) گوارش‌پذیری ماده آلی، ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی، تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه یونجه قرار نگرفت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. همچنین Krause and Combs (۲۰۰۳) و Krause and Combs (۲۰۰۲) نشان دادند که گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی با کاهش اندازه ذرات جیره تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. امّا در آزمایش Knapp و همکاران (۲۰۱۴)، با کاهش اندازه ذرات علوفه و افزایش نرخ عبور، کاهش گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در شکمبه با افزایش گوارش-پذیری آن در قسمت‌های پایین‌تر دستگاه گوارش جبران شد، لذا تفاوت معنی‌داری بین جیره‌های آزمایشی در گوارش-پذیری الیاف نامحلول در شکمبه وجود نداشت.

جدول ۳- مصرف و گوارش‌پذیری مواد مغذی دربزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه یونجه	درشت (۳۰ میلی‌متر)		ریز(۱۵ میلی‌متر)		خطای	سطح معنی‌داری		
کنسانتره جیره (درصد ماده خشک)	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	معیار میانگین	اندازه ذرات	سطح کنسانتره	اثر متقابل
مصرف مواد مغذی (کیلوگرم در روز)								
ماده خشک	۱/۲۰ ab	۱/۰۵ b	۱/۳۷ a	۱/۲۴ ab	۰/۰۸	<۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۸۴
ماده آلی	۱/۰۷ ab	۱/۰۲ b	۱/۲۷ a	۱/۱۲ ab	۰/۱۴	<۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۴
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۵۹	۰/۷۳
پروتئین خام	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۴۳
گوارش‌پذیری مواد مغذی (درصد)								
ماده خشک	۷۲/۵	۷۵/۰	۷۴/۷	۸۱/۸	۳/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۴۸
ماده آلی	۷۵/۶	۷۶/۷	۷۷/۸	۸۳/۰	۳/۰۰	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۵۲
پروتئین خام	۷۹/۶	۷۶/۹	۸۱/۹	۸۱/۵	۲/۶۴	۰/۵۸	۰/۲۳	۰/۶۶
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	۵۸/۸	۵۹/۹	۶۵/۴	۷۱/۱	۴/۹۵	۰/۰۶	۰/۴۱	۰/۵۸

در هر ردیف میانگین‌هایی با حروف غیر مشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

pH شکمبه

میانگین کل pH شکمبه تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۴). مقدار pH مایع شکمبه دو ساعت پس از مصرف خوراک، تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای تفاوت معنی‌دار داشت (P=۰/۰۴) و با کاهش اندازه ذرات علوفه سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای، pH کاهش یافت (P<۰/۰۵). هنگامی‌که میانگین اندازه ذرات علوفه کاهش می‌یابد از فعالیت جویدن و pH شکمبه کاسته می‌شود، زیرا با کاهش اندازه ذرات علوفه تولید بزاق و تأثیر بافری آن کاهش می‌یابد (Sharifi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Clark and Armentano، ۲۰۰۲). کهیانی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی روی اندازه ذرات علوفه یونجه، گزارش کردند که pH مایع شکمبه چهار ساعت پس از مصرف خوراک، کاهش معنی‌داری نسبت به سایر زمان‌ها داشت، آن‌ها دلیل کاهش pH در زمان چهار ساعت پس از

مصرف خوراک با علوفه با اندازه متوسط را در نتیجه فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه و تولید مقادیر زیاداسید لاکتیک گزارش کردند. افزایش الیاف فیزیکی مؤثر تأثیر متعادل‌کننده‌ای بر pH شکمبه دارد، زیرا الیاف بلند دارای توانایی تحریک نشخوار و ترشح براق می‌باشند (Beauchemin و همکاران، ۲۰۰۳)، لذا دو ساعت پس از مصرف جیره، pH مایع شکمبه در جیره‌های حاوی علوفه سیلو شده ریز نسبت به درشت کم‌تر بود (P<۰/۰۵). Aschenbach و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که صرف نظر از اندازه ذرات علوفه، میانگین مصرف ماده خشک روزانه، بر pH مایع شکمبه تأثیر می‌گذارد و در این آزمایش مصرف ماده خشک در جیره‌های دارای علوفه سیلو شده ریز بیشتر بود (جدول ۳). هر چند که در آزمایش حاضر سطح کنسانتره بر pH شکمبه بی‌تأثیر بود، درحالی که انتظار بر این بود که جیره‌های مذکور به علت تخمیر و در نتیجه انرژی بیشتر، سبب کاهش pH شوند. لذا تأثیر کاهش اندازه ذرات بیشتر از سطح کنسانتره بود (جدول ۵).

جدول ٤-pH مایع شکمبه در بزهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی در زمان‌های مختلف

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه یونجه	درشت (۳۰ میلی‌متر)		ریز(۱۵ میلی‌متر)		خطای	سطح معنی‌داری		
کنسانتره (درصد ماده خشک)	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	معیار میانگین	اندازه ذرات	سطح کنسانتره	اثر متقابل
ساعت								
صفر	۷/۴۲	۷/۴۵	۷/۲۵	۷/۴۱	۰/۱۹	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۷۳
دو	۶/۲۰^{ab}	۶/۷۵^{a}	۵/۸۹^{b}	۶/۰۰^{ab}	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۳۶
چهار	۶/۳۳	۶/۷۷	۶/۱۶	۶/۷۱	۰/۲۱	۰/۶۱	۰/۰۶	۰/۸۱
شش	۶/۷۸	۷/۰۰	۶/۴۲	۷/۰۳	۰/۲۹	۰/۵۹	۰/۱۹	۰/۵۱
هشت	۶/۴۹	۷/۲۳	۶/۳۴	۶/۶۵	۰/۲۵	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۶۵
کل	۶/۵۷	۶/۸۰	۶/۴۳	۶/۷۱	۰/۱۶	۰/۵۰	۰/۱۴	۰/۸۸

در هر ردیف میانگین‌هایی با حروف غیر مشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

نیتروژن آمونیاکی شکمبه

در هیچ یک از زمان‌های مورد آزمون، اندازه ذرات علوفه سیلو شده و سطح کنسانتره تأثیری معنی‌داری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه نداشت (جدول ۵). زیرا گرچه مصرف ماده خشک در جیره‌های حاوی علوفه سورگوم سیلو شده ریز بیشتر بود (P<۰/۰۵) امّا مصرف پروتئین خام در هرچهار جیره آزمایشی یکسان بود و تحت تاثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده و سطح کنسانتره قرار نگرفت (جدول ۳)، لذا تفاوت غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه هم معنی‌دار نشد. دانش‌مسگران و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که با افزایش مصرف خوراک، آمونیاک بیشتری تولید می‌شود، زیرا میزان پروتئین بیشتری وارد شکمبه می‌شود. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، Beauchemin و همکاران (۲۰۰۳) و تیموری و همکاران (۱۳۹۱)، با کاهش اندازه ذرات علوفه، کاهش معنی-داری در غلظت نیتروژن آمونیاکی مشاهده نکردند که دلیل آن مصرف مشابه ماده خشک عنوان شد. با کاهش اندازه ذرات علوفه سیلو شده، تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه

افزایش یافته و به تولید آمونیاک هم افزوده می‌شود (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۷). لذا انتظار می‌رفت در این جیره‌ها غلظت آمونیاک بیشتر باشد امّا احتمالاً به سبب خرد شدن علوفه سیلو شده سطح تماس میکروبی با نشاسته موجود در دانه‌های سورگوم در علوفه سیلو شده افزایش یافته و انرژی بیشتری برای مصرف نیتروژن آمونیاکی و تولید پروتئین میکروبی قابل دسترس گردید (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۶)، لذا تفاوت معنی‌داری در غلظت نیتروژن آمونیاکی وجود نداشت. به همین علت تولید پروتئین میکروبی در جیره‌های علوفه سیلو شده ریز نسبت به درشت افزایش یافت (جدول ۷، P<۰/۰۵).

پروتوزوای شکمبه

جمعیت کل پروتوزوا، گونه‌های هولوتریش و انتودینیوم تحت تأثیر اندازه ذرات مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده به همراه علوفه یونجه و سطح کنسانتره قرار نگرفتند (جدول ۶). اما جمعیت گونه‌های سلولولایتیک تحت تأثیر اندازه مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده به همراه علوفه یونجه (P=۰/۰۲) و سطح کنسانتره (P=۰/۰۱) قرار گرفتند. در جیره‌های با سطح کنسانتره زیاد و جیره‌های حاوی مخلوط علوفه سیلو شده درشت به همراه علوفه یونجه، جمعیت گونه‌های سلولولایتیک افزایش یافت (P<۰/۰۵). کم‌ترین تعداد پروتوزوای سلولولایتیک در جیره حاوی علوفه سورگوم سیلو شده ریز و ۴۰ درصد کنسانتره مشاهده شد (P<۰/۰۵). با افزایش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده، زمان ماندگاری در شکمبه افزایش یافته و در نتیجه شکل‌گیری تله الیافی[1]، پروتئین قابل دسترس برای تک یاخته‌های سلولولایتیک افزایش یافت (Seo وهمکاران، ۲۰۰۹) امّا با کاهش اندازه ذرات علوفه و در نتیجه کاهش الیاف فیزیکی مؤثر، تعداد پروتوزوا در شکمبه کاهش یافت (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۶). با افزایش درصد کنسانتره در جیره به علت کاهش pH انتظار می‌رود جمعیت پروتوزوای سلولولایتیک کاهش یابد (Hobson and Stewart ، ۱۹۹۷)، در تحقیق حاضر در جیره حاوی مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده درشت به همراه علوفه یونجه و کنسانتره زیاد جمعیت پروتوزوای سلولولایتیک افزایش یافت. احتمالاً افزایش اندازه ذرات علوفه سیلو شده سبب تشکیل تله الیافی شده (Sharifi و همکاران، ۲۰۱۲) و در نتیجه تعداد پروتوزوا افزایش یافت (Seo وهمکاران، ۲۰۰۹)، همچنین کنسانتره زیاد سبب فراهمی پروتئین تجزیه‌پذیر بیشتر در شکمبه شده که بر افزایش این پروتوزوا مؤثر بود زیرا بسیاری از باکتری‌های سلولولایتیک برای تأمین نیتروژن مورد نیاز خود از آمونیاک استفاده می‌کنند (Fosberg و همکاران، ۱۹۸۴). در جیره‌های حاوی علوفه سیلو شده ریز تله فیبری کمتری تشکیل شد و ذرات سریع‌تر از شکمبه عبور نموده که این امر به نوبه خود سبب افزایش پروتئین عبوری از شکمبه به روده و کاهش پروتئین قابل دسترس برای میکروارگانیسم‌های موجود در شکمبه شد (ارجمندی، ۱۳۹۳).

[1] -Rumen mat

جدول ۵- غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در زمان‌های مختلف تغذیه (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه‌یونجه کنسانتره (درصد ماده خشک)	درشت (۳۰ میلی‌متر)		ریز(۱۵ میلی‌متر)		خطای معیار	سطح معنی‌داری		
	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	میانگین	اندازه ذرات	سطح کنسانتره	اثر متقابل
صفر	۱۳/۰	۱۱/۹	۱۰/۵	۱۱/۹	۲/۰۱	۰/۵۴	۰/۹۳	۰/۵۶
دو	۱۳/۲	۱۵/۱	۱۶/۴	۱۲/۵	۲/۶۶	۰/۹۲	۰/۷۰	۰/۳۲
چهار	۱۵/۱	۱۵/۱	۱۳/۵	۱۳/۵	۱/۶۴	۰/۳۰	۰/۹۷	۰/۹۹
شش	۱۳/۸	۱۲/۹	۱۰/۴	۱۲/۹	۱/۶۵	۰/۳۱	۰/۶۱	۰/۳۱
هشت	۱۲/۹	۱۱/۱	۱۰/۳	۱۲/۹	۱/۶۵	۰/۳۱	۰/۶۱	۰/۳۱
کل	۱۳/۵	۱۳/۲	۱۰/۳	۱۲/۹	۱/۶۵	۰/۳۱	۰/۶۱	۰/۳۱

جدول٦- جمعیت پروتوزوای شکمبه ($10^5\times$ در هر میلی لیتر مایع شکمبه) در بزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه یونجه کنسانتره جیره (درصد ماده خشک) گونه‌های تک‌یاخته	درشت (۳۰ میلی‌متر)		ریز(۱۵ میلی‌متر)		خطای معیار میانگین	سطح معنی‌داری		
	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰		اندازه ذرات	سطح کنسانتره	اثر متقابل
هولوتریش	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۶۲	۰/۷۱	۰/۹۲
سلولولایتیک	۳/۰۶^{a}	۲/۱۲^{ab}	۲/۲۰^{ab}	۱/۶۲^{b}	۰/۳۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۵۵
انتودینیوم	۱۴/۴	۱۱/۱	۱۲/۰	۱۱/۹	۱/۸	۰/۶۷	۰/۳۸	۰/۳۸
کل پروتوزوا	۱۷/۶	۱۳/۴	۱۴/۳	۱۳/۷	۱/۹	۰/۴۴	۰/۲۲	۰/۳۵

در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد($P<0/05$)

تولید پروتئین میکروبی

غلظت نیتروژن و پروتئین میکروبی تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای و سطح کنسانتره قرار گرفت (جدول ۷، به ترتیب $P=0/01$ و $P<0/05$)، و با کاهش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده و افزایش سطح کنسانتره تولید آن‌ها افزایش یافت ($P<0/05$). با کاهش اندازه ذرات علوفه سیلو شده، نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین علوفه در شکمبه افزایش می‌یابد و بنابراین مقدار پروتئین قابل تجزیه در شکمبه افزایش و پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه کاهش می‌یابد.

در جیره‌های دارای مقادیر کم الیاف فیزیکی مؤثر (کنسانتره زیاد)، تولید پروتئین میکروبی در شکمبه افزایش می‌یابد. این اثر به واسطه کاهش باز چرخ نیتروژن در شکمبه می‌باشد، زیرا

در این جیره‌ها، توده پروتوزوایی در شکمبه کاهش می‌یابد (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۶). بیشترین تولید نیتروژن و پروتئین میکروبی در شکمبه در جیره آزمایشی دارای مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده ریز و علوفه یونجه و ۶۰ درصد کنسانتره بود (P<۰/۰۵) که نشان می‌دهد در جیره مذکور احتمالاً بازدهی بیشتری در استفاده از آمونیاک برای تولید پروتئین میکروبی داشت (شمسی، ۱۳۹۳). تجزیه‌پذیری بالاتر علوفه سورگوم سیلو شده ریز و فراهم بودن انرژی قابل تخمیر بیشتر در جیره‌های حاوی کنسانتره زیاد، سبب افزایش تولید نیتروژن و پروتئین میکروبی شد (San Emeterio و همکاران، ۲۰۰۰). در حقیقت تولید پروتئین میکروبی در شکمبه، به‌طور قابل توجهی به همزمانی قابلیت دسترسی کربوهیدرات‌ها و نیتروژن در شکمبه بستگی دارد (Sinclair و همکاران، ۱۹۹۳).

یک دلیل احتمالی دیگر برای افزایش پروتئین میکروبی در جیره دارای علوفه سورگوم سیلو شده ریز در مخلوط علوفه‌ای و کنسانتره زیاد، ارتباط معکوس تولید پروتئین میکروبی با pH شکمبه می‌باشد، در نتیجه تخمیر مقادیر زیادی از ماده آلی قابل دسترس و کاهش تولید بزاق، pH محتویات شکمبه کاهش و در مقابل تولید پروتئین میکروبی افزایش می‌یابد (Stokes و همکاران، ۱۹۹۱). در مطالعه حاضر pH محتویات شکمبه دو ساعت پس از مصرف جیره‌ی علوفه سورگوم سیلو شده ریز و ۶۰ درصد کنسانتره از دیگر جیره‌ها کم‌تر بود (جدول ۴)

جدول۷- تولید نیتروژن میکروبی و پروتئین میکروبی (گرم در روز) در بزهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه یونجه	درشت (۳۰ میلی‌متر)		ریز(۱۵ میلی‌متر)		خطای	سطح معنی‌داری		
کنسانتره (درصدماده خشک)	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	معیار میانگین	اندازه ذرات	سطح کنسانتره	اثر متقابل
نیتروژن میکروبی	۵/۷۱^{b}	۴/۸۹^{b}	۹/۷۰^{a}	۶/۲۵^{b}	۰/۹۵	۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۵
پروتئین میکروبی	۳۵/۷^{b}	۳۰/۶^{b}	۶۰/۶^{a}	۳۹/۱^{b}	۵/۹۸	۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۵

در هر ردیف میانگین های با حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

رفتار مصرف خوراک

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۸، زمان مصرف خوراک، نشخوار و جویدن (دقیقه در روز) تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای قرار گرفت (به ترتیب P<۰/۰۱، P=۰/۰۳ و P<۰/۰۱) و با افزایش اندازه ذرات علوفه سیلو شده در مخلوط علوفه‌ای، زمان‌های خوردن، نشخوار و جویدن به صورت معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). زمانی و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند که زمان مصرف خوراک با افزایش اندازه ذرات علوفه به صورت خطی افزایش یافت. همچنین، Leonardi و همکاران (۲۰۰۵) ثابت نمودند که زمان مصرف خوراک با افزایش میانگین هندسی اندازه ذرات علوفه افزایش می‌یابد. این در حالی است که نتایج آقاجانی و تیموری یانسری (۱۳۹۱) نشان داد که با کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه به همراه دو سطح روغن سویا، کاهشی در زمان مصرف خوراک، نشخوار و کل فعالیت جویدن مشاهده نگردید. دلیل این امر احتمالاً اثر متقابل بین اندازه ذرات علوفه و مکمل سازی روغن سویا بوده است. با کاهش اندازه ذرات علوفه سیلو شده زمان نشخوار و کل فعالیت جویدن کاهش می‌یابد که این امر سبب کاهش تحریک نشخوار و ترشح بزاق، کاهش pH شکمبه‌ای و همچنین کاهش زمان ماندگاری و افزایش نرخ عبور مواد جامد خورده شده می‌شود (ولی زاده و همکارن، ۱۳۸۲).

زمان مصرف خوراک به ازای مصرف هر کیلوگرم ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تحت تأثیر اندازه ذرات مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده و یونجه قرار گرفت (به ترتیب P=۰/۰۴، P=۰/۰۳ و P<۰/۰۱) و در جیره‌های دارای مخلوط علوفه سیلو شده درشت و یونجه بیشتر بود (P<۰/۰۵). Teimouri Yansari و همکاران (۲۰۰۴) و Kononoff and Heinrichs (۲۰۰۳) نشان دادند که با کاهش اندازه ذرات علوفه، زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلوگرم ماده خشک تحت تأثیر کاهش اندازه ذرات قرار گرفت و کاهش یافت. اما Clark and Armentano (۲۰۰۲)، و Yang and Beauchemin (۲۰۰۶) نشان دادند که با کاهش اندازه ذرات علوفه، زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلوگرم ماده خشک تحت تأثیر قرار نگرفت که احتمالاً به علت تفاوت اندک در اندازه ذرات خوراک‌های آن‌ها بود.

زمان نشخوار به ازای مصرف هر کیلوگرم ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده قرار گرفت (به ترتیب P=۰/۰۳، P=۰/۰۵ و P=۰/۰۳) و با افزایش اندازه ذرات مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده و علوفه یونجه، به مدت زمان نشخوار افزوده شد (P<۰/۰۵). نشخوار کردن به منظور خرد شدن مواد غذایی شکمبه برای هضم بهتر صورت می‌گیرد. همچنین علوفه با اندازه ذرات بیشتر از ۱/۱۸میلی‌متر برای عبور از شکمبه باید ریزتر شوند ونتیجه بیشتر نشخوار شده که سبب ترشح بزاق بیشتر نیز می‌شود (Mertens ، ۱۹۹۷). امّا Kononoff and Heinrich (۲۰۰۳) گزارش کردند که با کاهش اندازه ذرات علوفه، زمان خوردن در گاو-های در اوایل شیردهی تحت تأثیر قرار نگرفت، اما زمان نشخوار افزایش یافت، زیرا با کاهش اندازه ذرات علوفه مصرف خوراک افزایش یافت.

زمان فعالیت جویدن به ازای مصرف هر کیلوگرم ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تحت تأثیر اندازه ذرات مخلوط علوفه سورگوم سیلو شده و یونجه قرار گرفت (به ترتیب P=۰/۰۱، P=۰/۰۱ و P=۰/۰۲)، و با افزایش اندازه ذرات علوفه به مدت زمان جویدن افزوده شد (P<۰/۰۵). بزها با تغذیه از جیره‌های دارای علوفه سیلو شده درشت در مخلوط علوفه‌ای بیشترین زمان جویدن را به ازای هر کیلوگرم مواد مغذی داشتند (P<۰/۰۵). گلچین گله دونی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه سبب کاهش کل فعالیت جویدن، نشخوار و زمان خوراک خوردن می‌شود که نشان دهنده اثر قابل توجه اندازه ذرات علوفه سیلو شده بر رفتار جویدن بود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که می‌توان علوفه سورگوم سیلو شده را در سطوح کم و زیاد بدون هیچگونه تأثیر منفی بر مصرف خوراک، گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای، در تغذیه نشخوار کنندگان کوچک مانند بز راینی استفاده نمود. کاهش اندازه ذرات علوفه سورگوم سیلو شده و افزایش سطح کنسانتره سبب بهبود مصرف خوراک و تولید پروتئین میکروبی شکمبه در بزهای تحت آزمایش گردید.

جدول ۸- تأثیر اندازه ذرات سورگوم سیلو شده و سطح کنسانتره بر رفتار مصرف خوراک در بزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات مخلوط سورگوم سیلوشده+علوفه‌یونجه	درشت (۳۰ میلی‌متر)		ریز(۱۵ میلی‌متر)		خطای	سطح معنی‌دار		
کنسانتره (درصد ماده خشک)	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	استاندارد میانگین	اندازه ذرات	سطح کنسانتره	اثر متقابل
زمان مصرف خوراک (دقیقه در روز)	۲۶۸^{a}	۳۸۸^{a}	۱۹۹^{b}	۲۰۲^{b}	۳۴/۴	<۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۱۳
زمان نشخوار (دقیقه در روز)	۳۶۸^{a}	۳۷۶^{a}	۲۰۸^{b}	۳۰۵^{a}	۴۵/۴	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۳۷
زمان جویدن (دقیقه در روز)	۶۳۴^{a}	۷۶۰^{a}	۴۰۹^{b}	۵۰۶^{ab}	۴۹/۴	<۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۷۷
زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلو (دقیقه)								
ماده خشک	۲۵۵^{ab}	۳۲۴^{a}	۱۴۵^{b}	۱۶۳^{ab}	۵۱/۹	۰/۰۴	۰/۴۳	۰/۶۴
ماده آلی	۲۶۳^{ab}	۳۶۳^{a}	۱۷۸^{ab}	۱۶۴^{b}	۶۰/۹	۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۳۲
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	۵۷۰^{ab}	۷۷۶^{a}	۳۵۴^{b}	۳۵۶^{b}	۶۸/۸	<۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۱۴
زمان نشخوار به ازای هر کیلو (دقیقه)								
ماده خشک	۳۵۱^{a}	۳۱۳^{a}	۱۵۲^{b}	۲۴۵^{ab}	۵۰/۲۰	۰/۰۳	۰/۶۰	۰/۲۴
ماده آلی	۳۶۱^{a}	۳۵۱^{a}	۱۸۶^{b}	۲۴۵^{ab}	۶۰/۵۰	۰/۰۵	۰/۶۹	۰/۵۸
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	۷۸۴^{a}	۷۵۲^{a}	۳۷۲^{b}	۵۳۵^{ab}	۱۲۱/۰۳	۰/۰۳	۰/۵۹	۰/۴۳
کل فعالیت جویدن به ازای هر کیلو (دقیقه)								
ماده خشک	۵۱۲^{a}	۵۵۲^{a}	۳۲۱^{b}	۴۰۸^{ab}	۶۲/۲	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۶۴
ماده آلی	۶۲۱^{a}	۷۱۰^{a}	۳۶۵^{b}	۴۰۸^{ab}	۸۴/۲	۰/۰۱	۰/۴۶	۰/۷۹
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	۱۳۴۸^{a}	۱۵۲۱^{a}	۷۳۲^{b}	۸۸۸^{ab}	۲۰۳/۵	۰/۰۲	۰/۴۳	۰/۹۶

در هر ردیف میانگین های با حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

منابع

ارجمندی، م. (۱۳۹۳) .اثر اندازه ذرات یونجه و سطوح مختلف کنسانتره بر فعالیت جویدن، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای و گوارش‌پذیری مواد مغذی در گوسفند نژادکرمانی. پایان نامه کارشناسی ارشد تغذیه دام. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهیدباهنر کرمان.

اسحقی سردرود، س.ن.، نصراله‌زاده، ص. و باقری پیروز، ا. (۱۳۹۱). تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای. دانش کشاورزی وتولید پایدار. جلد ۲۴ شماره ۱. ص. ۵۶-۴۶.

آقاجانی، و. تیموری یانسری، ا. (۱۳۹۱). اثر اندازه ذرات علوفه یونجه و مکمل روغن سویا بر مصرف خوراک، قابلیت هضم، فعالیت جویدن، نرخ عبور و توزیع ذرات محتویات شکمبه‌ای در گوسفند. پژوهش‌های تولیدات دامی. شماره ۶. ص. ۷۹-۶۴.

تیموری یانسری، ا.، افشار، ب.، منصوری، ه. و منافی آذر، ق. (۱۳۹۱). بررسی اثرات سطوح مختلف الیاف فیبری و غیر فیبری بر قابلیت هضم، اسیدیته شکمبه و رفتار جویدن گاومیش. مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم دامی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

حسینی، ز. (۱۳۹۴). تأثیر اندازه ذرات سیلاژ جو و دو سطح تفاله چغندر قند بر ویژگی‌های فیزیکی جیره، مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، سنتز پروتئین میکروبی و رفتار مصرف خوراک در گوسفند کرمانی. پایان نامه کارشناسی ارشد تغذیه دام. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

خرمدل، ی.، پیرمحمدی، ر.، فرهومند، پ. و صحرایی بلوردی، م. (۱۳۹۳). تأثیر اندازه ذرات یونجه بر مصرف خوراک، رفتار جویدن و عملکرد گاوهای هلشتاین در اواسط شیردهی. نشریه علوم دامی (پژوهش و سازندگی)، شماره ۱۰۲. ص. ۱۲۹-۱۲۲.

خلیلی محله، ج.، تاج بخش، م.، فیاض‌مقدم، ا. و سیادت، ع. ا. (۱۳۸۶). تاثیر تراکم بوته بر ویژگی‌های کمی و کیفی هیبریدهای سورگوم علوفه‌ای در کشت دوم. نشریه زراعت و باغبانی (پژوهش و سازندگی). شماره ۵. ص. ۶۷-۵۹.

دانش مسگران، م.، طهماسبی، ع.م. و وکیلی، س.ع.ر. (۱۳۸۷). هضم و سوخت ساز در نشخوارکنندگان، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

زمانی، م.، چاجی، م. و اسلامی، م.، (۱۳۹۱). اثرات اندازه قطعات علوفه و سطح کنسانتره بر مصرف خوراک و رفتار جویدن گوسفند عربی. مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم دامی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. ص ۱۰۱۳-۱۰۱۰.

شمسی، ع.، شریفی حسینی، م.م. و دیانی، م.، (۱۳۹۴). تأثیر اندازه ذرات سیلاژ جو و سطح کنسانتره بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی ، فراسنجه‌های شکمبه-ای در گوسفند نر کرمانی. نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان. جلد۳ شماره ۱. ص. ۱۰۰-۸۷.

کوثر، ر.، قربانی، غ. ر.، علیخانی، م.، سمیع، ع. ح. و خوروش م. (۱۳۸۸). بررسی اثر جایگزینی سطوح مختلف یونجه خشک با سیلاژ ذرت بر اندازه ذرات جیره و رفتار خوردن گاو های شیری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی شماره ۴۷. ص. ۱۲۸-۱۱۷.

کهیانی، ع.، قربانی، غ. ر.، خوروش، م.، نصر اصفهانی، ع.، دولت خواه، ب. و قاسمی، ا. (۱۳۹۱). بررسی اثر اندازه ذرات علوفه یونجه بر مصرف خوراک، قابلیت هضم، اسیدیته شکمبه، تولید و ترکیبات شیر در جیره‌های اسیدوزنیک در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین در اواسط شیردهی. مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم دامی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. ۶۱-۵۷.

گلچین گله دونی، س.، تیموری یانسری، ا. و خلوتی، ل. (۱۳۹۲). تأثیر اندازه ذرات یونجه و کنجاله کانولای تیمار شده با اسید هیدروکلریدیک روی مؤثر بودن فیزیکی، مصرف، قابلیت هضم ورفتار جویدن در گوسفند زل، نشریه پژوهش در نشخوار- کنندگان، جلد ۱ شماره ۲. ص.۴۰-۱۷.

محتشمی، ب.، میرزایی الموتی، ح. ر. و امانلو، ح. (۱۳۹۴). اثر مقادیر مختلف پروتئین و نسبت های مختلف ذرت سیلو شده و علوفه یونجه بر عملکرد و نیتروژن دفعی گاوهای شیری هلشتاین. نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان جلد ۳ شماره ۳. ص. ۱۳۰-۱۱۷.

وکیل فرجی، ی.، جعفری خورشیدی، ک. و زاهدی فر، م. (۱۳۸۸). بررسی اثر استفاده از سطوح مختلف کنسانتره در جیره غذایی بر میزان سنتز پروتئین میکروبی در شکمبهٔ گاومیش بومی استان مازندران. *مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد* سنندج. جلد ۷ شماره ۳. ص. ۶۶-۶۱.

ولی زاده، ر.، ناصریان، ع. و اژدری فرد، ا. (۱۳۸۲). بیوشیمی سیلاژ، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد (ترجمه). ص. ۴۱۳.

American Society of Agricultural Engineers. (2002). Method of determining and expressing particle size of chopped forage (S424.1). 70th ed St Joseph MI.

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Aschenbach, J.R., Penner, G.B., Stumpff, F. and Gäbel, G. (2010). Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of Animal Science*. 89: 1092-1107.

Beauchemin, K.A., Yang, W.Z. and Rode L.M. (2003). Effects of particle size of alfalfa based-dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science.* 86: 630–643.

Broderick, G.A. and Kang, J.H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science.* 63: 64-75.

Castillo, A.R., Kebreab, E., Beever, D.E., Barbi, J.H., Sutton, J.H., Kirby, H.C. and France J. (2001). The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *Journal of Animal Science*. 79: 247-252.

Clark, P.W. and Armentano L.E. (2002). Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*. 85: 3000-3007.

Denek, N. and Can, A. (2006) Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small Ruminant Research*. 65: 260-265.

Forsberg, C.W., Lovelock, L.K.A., Krumholz, L. and Buchnan-Smith, J.G. (1984). Protease activiry of rumen protozoa. *Applied and Environmental Microbiology*. 47:101-110.

Higginbotham, G.E., Mueller, S.C., Bolsen, K.K. and Depeters, E.J. (1997). Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science.* 81: 2185–2192.

Hobson, P.N. and Stewart, C.S. (1997). The Rumen Microbial Ecosystem, 2nd edition. New York: Springer.

Knapp, J.R., Laur, G.L., Vadas, P.A., Weiss, W.P. and Tricarico, J.M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*. 97: 3231–3261.

Kononoff, P.J., and Heinrichs, A.J. (2003). The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*. 86: 2438-2451.

Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J. and Buckmaster, D.R. (2003). Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*. 86: 1858–1863.

Krause, K.M. and Combs, D.K. (2003). Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal pH in midlactation cows. *Journal of Dairy Science*. *86:* 1382-1397.

Krause, K.M., Combs, D.K. and Beauchemin, K.A. (2002). Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. I. Milk production and diet digestibility. *Journal of Dairy Science*. 85: 1936-1946.

Lammers, B.P., Buckmaster, D.R. and Heinrichs, A.J. (1996). A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 79: 922-928.

Leonardi, C., Giannico, F. and Armentano, L.E. (2005). Effect of water addition on selective consumption (sorting) of dry diets by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 88: 1043-1049.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G. (2011) Animal nutrition. 7th edition. Prentice Hall, Harlow.

Mertens, D.R. (2000). Physically effective NDF and its use in dairy rations explored. *Feedstuffs*. April 10: 121–124.

Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80: 1463-148.

Nasrollahi, S.M., Imani, M. and Zebeli, Q. (2015). A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method on feed intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 98: 8926-8939.

Ogimoto, K. and Imai, s. (1981). Atlas of rumen microbiology. *Japan Scientific Societies Press*, Tokyo, Japan.

Rymer, C. (2000). The measurement of forage in vivo digestibility. In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, Edited by Givens, D.I., Owen, E., Omed H.M. and Axford. R.F.E. Pp: 113-134.

San Emeterio, F., Reis, R.B., Campos, W.E. and Satter, L.D. (2000). Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 83: 2839-2848.

SAS, (2005). SAS User's Guide. SAS Institute Inc. Version 9. 1. Cary, NC, USA.

Seo, S., Lanzas, C., Tedeschi, L.O., Pell, A.N. and Fox, D.G. (2009). Development of a mechanistic model to represent the dynamics of particle flow out of the rumen and to predict rate of passage of forage particles in dairy cattle. *Journal of Dairy Scienc*. 92: 3981-4000.

Sharifi, M., Torbati Nejad, N.M., Teimouri Yansari, A., Hasani, S. and Ghorchi, T. (2012). Effect of corn silage particle size and level of soybean oil on ruminal mat composition, distribution and consistency in Zel sheep. *African Journal of Biotechnology*. 11: 15580-15589.

Sinclair, L.A., Garnsworth, P.C., Newbold, J.R. and Buttery, P.J. (1993). Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 120: 251-263.

Soita, H.W., Christensen, D.A. and McKinnon, J.J. (2000). Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. *Journal of Dairy Scienc*. 83: 2295 – 2300.

Stokes, S.R., Hoover, W.H., Miller, T.K. and Manski, R.P. (1991). Impact of carbohydrate and protein levels on bacterial metabolism in continuous culture. *Journal of Dairy Science, 74*: 860-870.

Teimouri Yansari, A., Valizadeh R., Naserian, A., Christensen, D.A., Yu, P. and Eftekhari Shahroodi, F. (2004). Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Scienc*. 87: 3912-3924.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Scienc*. 74: 3583–3597.

Yang, W.Z. and Beauchemin, K.A. (2007). Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Scienc*. 90: 2826-2838.

Yang, W.Z. and Beauchemin, K.A. (2006). Physically effective fiber: Method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Scienc*. 89: 2618–2633.

Zebeli, Q., Aschenbach, J.R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B.N. and Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Scienc*. 95: 1041-1056.

Zhao, X. H., Zhang, T., Xu M. and Yao, J.H. (2010). Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. *Journal of Animal Science*. 89: 501-509.

Zhao, X.G., Jiang, H.L., Sun, Z.H., Tang, S.X., Zhou, C.S., Cong, Z.H., Tayo G.O. and Tan, Z.L. (2007). Effect of rice straw in the diet for growing goats on site and extent of digestion and N balance. *Animal Feed Science and Technology*. 16: 379-388