نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۱۹، تابستان ۱۳۹۷
ص‌ص: ۳~۱۸

تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو و دو نوع غله(جو و ذرت) بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک در گوسفند نر کرمانی

- **اکرم علیرضایی**
دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه نشخوارکنندگان، 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.
- **رضا طهماسبی**
دانشیار بخش علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- **امید دیانی**
استاد، بخش علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

تاریخ دریافت : تیر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش : بهمن ۱۳۹۵

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۲۰۴۲۰۱۳۳۵
Email: mmsharifih@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22092/ asj.2017.115494.1257

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو و دو نوع دانه غله (جو و ذرت) بر مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک در قالب طرح چرخشی متوازن در گوسفند انجام شد. علوفه جو با ۱/۵ ±۲۸/۰ درصد ماده خشک درو و با دو طول برش فرضی ۱۶ و هشت میلی‌متر خرد و علوفه سیلو شده بلند و کوتاه تهیه شد. از چهار راس گوسفند نر با میانگین وزن ۲/۰۵±۵۳/۳۸ کیلوگرم استفاده شد و جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از: ۱) علوفه سیلو شده بلند و دانه جو، ۲) علوفه سیلو شده بلند و ۲۰ درصد دانه ذرت، ۳) علوفه سیلو شده کوتاه و دانه جو و ٤) علوفه سیلو شده کوتاه و ۲۰ درصد دانه ذرت. مصرف ماده خشک در جیره‌های دارای دانه ذرت بیشتر بود ($P<0/05$). دو و چهار ساعت بعد از مصرف خوراک pH شکمبه تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده و نوع دانه در کنسانتره قرار گرفت و در جیره‌های دارای علوفه سیلو شده بلند و جیره-های دارای کنسانتره حاوی۲۰ درصد دانه ذرت بیشتر بود ($P<0/05$). اندازه ذرات علوفه سیلو شده و نوع دانه بر غلظت نیتروژن آمونیاکی و نیتروژن و پروتئین میکروبی تأثیر معنی‌داری نداشت ($P>0/05$). رفتار مصرف خوراک تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده قرار گرفت، ولی نوع دانه تأثیری نداشت. در جیره‌های دارای دانه ذرت به علت افزایش pH وتأمین محیط بهتر شکمبه، مصرف ماده خشک افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: الیاف موثر فیزیکی، منبع نشاسته، پروتوزوآء؛ میانگین هندسی؛ فعالیت جویدن

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 119 pp: 3-18

Effect of barley silage particle size and two types of grain on feed intake and digestibility of nutrients, rumen characteristics and feeding behavior in Kermani male sheep

By: A alirezaee[1] M M Sharifi [2] R Tahmasbi[3] O Dayani[4]
[1] MSc Graduated Department of Animal Science Faculty of Agriculture Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
[2] Assistance Professor Department of Animal Science Faculty of Agriculture Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
[3] Associated professor Department of Animal Science Faculty of Agriculture Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
[4] Professor Department of Animal Science Faculty of Agriculture Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

Received: July 2016 **Accepted: February 2017**

The objective of this experiment was to study the effects of two levels of barley silage particle size and two types of grain, barley and maize on feed intake, nutrients digestibility, rumen parameters and feeding behaviors in sheep. Statistical analysis was conducted using the changeover design experiment. Whole-plant barley was harvested at 28±1.5% moisture in 8 and 16 mm theoretical chop lengths for prepering short- and long-silages. Four male kermani sheep with the average weight of 53.38±2.05 kg were used and Experimental diets were: 1) long barley silage and barley grain 2) long barley silage and 20 percent corn grain 3) short barley silage and barley grain 4) short barley silage and 20 percent corn grain. Dry matter intake was influenced by the type of grain and was higher in diets that contain 20 percent corn grain (P<0.05). Rumen pH was affected by barley silage particle sizeand 2 types of grain, at 2 and 4 hours after feeding and was higher in long barley silage and 20 percent corn containing diets (p<0.05). Ammonia nitrogen concentration in rumen and microbial nitrogen and protein synthesis weren't influenced by treatments (p>0.05). Feeding behaviors, were affected by barley silage particle size, but did not affect by grain type. Dry matter intake was increased in 20% corn grain diets, due to increased pH and better rumen environment.

Key words: chewing activity; geometric mean; physically effective fiber; protozoa; starch source.

مقدمه

مفهوم الیاف موثر فیزیکی[1] اطلاعاتی در مورد مقدار ترکیبات شیمیایی و نیز ویژگی‌های فیزیکی جیره ارائه می‌دهد. (Zebeli و همکاران، ۲۰۱۲). منابع علوفه‌ای حتی با الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی[2] یکسان، از نظر تامین الیاف فیزیکی مورد نیاز حیوان در یک سطح نبوده، بلکه به سبب تفاوت در اندازه ذرات، جرم حجمی، میزان لگنینی شدن و نرخ آبگیری[3]، تأثیرات متفاوتی بر رفتار جویدن و نشخوار، وضعیت طبیعی شکمبه و درصد چربی شیر دارند (Teimouri و همکاران، ۲۰۰۴). جیره‌های با نرخ تخمیر بالا باید حاوی الیاف کافی باشند تا خطر ابتلا به اسیدوز تحت حاد شکمبه‌ای کاهش یابد و افزایش اندازه ذرات علوفه در جیره‌های پرکنسانتره می‌تواند مانع از افت pH شکمبه شود (Asadi Alamoutia و همکاران، ۲۰۰۹)، ولی جیره‌های با علوفه بلند به دلیل افزایش قدرت انتخاب می‌تواند سبب اسیدوز تحت بالینی در گاوها شوند (Maulfair and Heinrichs، ۲۰۱۳). کاهش اندازه ذرات علوفه سبب جلوگیری از انتخاب در جیره‌های کاملاً مخلوط می‌شود (Nasrollahi و همکاران، ۲۰۱۵).

[1] physical effective NDF (peNDF)
[2] Neutral Detergent Fiber (NDF)
[3] Hydration rate

قابلیت تخمیر دانه‌های غلات موضوع مهمی در استفاده آن‌ها در تغذیه نشخوارکنندگان به شمار می‌آید (Herrera-Saldana و همکاران، ۱۹۹۰). دانه‌های غلات تأثیر مهمی بر محیط شکمبه، به‌ویژه تغییرات pH، تولید اسیدهای چرب فرار و فعالیت تجزیه سلولز (Benninghoff و همکاران، ۲۰۱۵) داشته و می‌تواند بر تولید شیر و مصرف ماده خشک تأثیر به‌سزایی داشته باشند (Herrera-Saldana و همکاران، ۱۹۹۰). استفاده از جیره‌های حاوی سطوح بالای نشاسته در جیره نشخوارکنندگان با وجود اثرات مثبت بر عملکرد، در برخی شرایط، مشکلاتی از جمله کاهش pH و اسیدوز شکمبه‌ای، افزایش احتمال ابتلا به لنگش و تأثیر منفی بر آسایش دام را به دنبال داشته است (Kleen و همکاران، ۲۰۰۳). نوع دانه غله سبب پاسخ‌های متفاوت مصرف خوراک و تولید شیر در گاوها شده است (Overton و همکاران، ۱۹۹۵). حداد و ناصر (۲۰۰۷) بیان کردند که جایگزینی دانه ذرت با ۱۰ و ۲۰ درصد دانه جو در جیره‌های بره‌های پرواری، سبب بهبود معنی‌دار در افزایش وزن روزانه و بازده غذایی شد. در پژوهش کارگر و همکاران (۱۳۹۳) نیز جایگزینی کامل دانه جو به جای دانه ذرت سبب شد مصرف ماده خشک در گاوهای شیرده، تمایل به افزایش داشته و تولید شیر نیز به طور عددی بهبود یابد.

پیشنهاد شده است برای بهبود pH شکمبه، نسبت الیاف موثر فیزیکی بزرگتر از ۱/۱۸میلی‌متر به نشاسته حاصل از دانه غلات، ۱/۴۵ باشد؛ اما در دانه‌های غله‌ای با تجزیه پذیری بالا مانند جو و گندم این نسبت مشکل ساز است و باید الیاف موثر فیزیکی را افزایش داد (Zebeli و همکاران،۲۰۱۲). زیرا تجزیه پذیری نشاسته جو و گندم بیشتر از نشاسته ذرت و سورگوم می‌باشد (Benninghoffو همکاران، ۲۰۱۵).

غالب پژوهش‌های صورت گرفته در مورد اندازه ذرات علوفه سیلو شده و نوع دانه غله، در نشخوارکنندگان بزرگ انجام شده است و در این زمینه پژوهش‌های اندکی در نشخوارکنندگان کوچک همچون گوسفند صورت گرفته است. لذا در این پژوهش، بررسی اثرات اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو و دو نوع دانه جو وذرت بر مصرف خوراک و قابلیت هضم، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک در گوسفند مورد توجه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

زمان و روش اجرای آزمایش

این پژوهش در گوسفندداری بخش علوم دام، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در تابستان سال ۱۳۹۳ اجرا شد. حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم علوفه جو در زمان سبز بودن ساقه و خمیری بودن دانه با ۱/۵ ±۲۸/۰ درصد ماده خشک برداشت و با چاپر با طول برش فرضی بلند ۱۶ و کوتاه هشت میلی‌متر خرد شدند (فاصله بین تیغه‌ها به اندازه ۱۶ و هشت میلی‌متر تنظیم شد). از علوفه‌های خرد شده در نایلون‌های مخصوص بدون هیچ ماده افزودنی علوفه سیلو شده تهیه شد و پس از ۴۵ روز علوفه سیلو شده جو آماده شد. تعداد چهار رأس گوسفند نر کرمانی بالغ با میانگین وزنی ۲/۰۵±۵۳/۳۸ کیلوگرم مورد استفاده قرار گرفتند و به این منظور از قفس‌های متابولیک مجهز به سیستم جمع‌آوری ادرار و مدفوع به صورت جداگانه استفاده شد و حیوانات به صورت آزاد به آب دسترسی داشتند. جیره‌های آزمایشی به‌صورت کاملا مخلوط و در حد اشتها، هر روز در ساعت‌های ۸ و۱۷ توزین و توزیع شدند. جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از: ۱) جیره علوفه سیلو شده جو بلند و کنسانتره دارای دانه جو، ۲) جیره علوفه سیلو شده جو بلند و کنسانتره دارای ۲۰ درصد دانه ذرت،۳) جیره علوفه سیلو شده جو کوتاه و کنسانتره دارای دانه جو و۴) جیره علوفه سیلو شده جو کوتاه و کنسانتره دارای ۲۰ درصد دانه ذرت (جدول ۱). جیره‌ها دارای انرژی و پروتئین خام یکسان بوده و با نرم افزارسی ان سی پی اس گوسفند نسخه یک[4] تنظیم شدند بودند و دارای ۴۰ درصد علوفه سیلو شده جو و ۶۰ درصد کنسانتره (در ماده خشک) بودند. در جیره‌های آزمایشی دارای علوفه سیلو شده کوتاه و بلند، ۲۰ درصد دانه جو با دانه ذرت جایگزین شدند.

[4]- CNCPS Sheep (version 1)

جدول ۱. اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی[1] (براساس درصد ماده خشک)

اندازه ذرات علوفه جو سیلو شده	بلند		کوتاه	
اجزاء (درصد) نوع دانه	جو	ذرت	جو	ذرت
علوفه سیلو شده جو	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
دانه جو	۴۰	۲۰	۴۰	۲۰
دانه ذرت	۰	۲۰	۰	۲۰
کنجاله سویا	۲	۵	۲	۵
کنجاله پنبه دانه	۵	۵	۵	۵
سبوس گندم	۱۱	۸	۱۱	۸
دی کلسیم فسفات	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
سنگ آهک خرد شده	۱	۱	۱	۱
نمک	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
--ترکیب شیمیایی و انرژی قابل سوخت و ساز (مگا کالری در هر کیلوگرم ماده خشک)--				
انرژی قابل سوخت و ساز	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳
پروتئین خام(درصد)	۱۳/۲	۱۳/۴	۱۳/۲	۱۳/۴
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی (درصد)	۳۷/۳	۳۸/۲	۳۷/۳	۳۸/۲
عصاره اتری (درصد)	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۲.۷
کلسیم (گرم در کیلو گرم ماده خشک)	۷	۸	۷	۸
فسفر (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	۶	۵	۶	۵

ویژگی‌های فیزیکی و ارزیابی ظاهری علوفه سیلو شده به روش نمره گذاری مطابق با روش McDonald و همکاران (۱۹۹۱)، بر اساس بو (حداکثر ۱۴ نمره)، ساختمان ظاهری (حداکثر ۴ نمره) و رنگ (حداکثر ۲ نمره) انجام گرفت. جهت تعیین pH مواد سیلویی، بلافاصله پس از باز کردن در سیلو و تهیه نمونه، ۵۰ گرم از مواد سیلو شده در درون یک بشر ۱۰۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده و در یک مخلوط کن به مدت ۱ دقیقه مخلوط شد. سپس محتویات با دو لایه پارچه متقال، صاف و بلافاصله pH آن با دستگاه pH متردیجیتالی (مارک Elmetron مدل CP۱۰۳) اندازه‌گیری شد (Higginbotham و همکاران، ۱۹۹۷). نمره فلیگ که یک ابزار مناسب برای بیان کیفیت سیلو است و از تلفیق دو عامل pH و ماده خشک سیلو به دست می‌آید با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Denek and Can، ۲۰۰۶):

نمره فلیک = ۲۲۰+ (۲× DM−۱۵) − (۴۰× pH) رابطه ۱)

برای اندازه‌گیری ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی (بدون استفاده از آنریم مقاوم به حرارت) و اسیدی و خاکستر نمونه‌ها از روش‌های استاندارد استفاده شد (AOAC، ۲۰۰۵).

برای تعیین توزیع اندازه ذرات مواد خوراکی، جیره‌ها، از روش الک خشک استفاده گردید. برای این کار از سه الک ۱۹، هشت و ۱/۱۸ میلی‌متری استفاده شد (Kononoff و همکاران، ۲۰۰۳). میانگین هندسی مواد خوراکی بر اساس معادلات جامعه مهندسی کشاورزی آمریکا[5] (۲۰۰۲) محاسبه شد. مصرف و قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی با روش رکوردبرداری از مصرف جیره و جمع‌آوری کل مدفوع با روابط استاندارد محاسبه شد (Rymer، ۲۰۰۰).

[5]- American Society of Agricultural Engineers

نمونه‌گیری از مایع شکمبه در روز آخر هر دوره و پیش از مصرف خوراک و در ساعات دو، چهار، شش و هشت پس از مصرف خوراک با دستگاه ساکشن صورت گرفت. پس از نمونه‌گیری و عبور از چهار لایه پارچه متقال ، pH مایع شکمبه بلافاصله به وسیله pH متر دیجیتالی قابل حمل (مارک Elmetron و مدل CP۱۰۳) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه با استفاده از روش فنل هیپوکلریت (Weatherburn، ۱۹۶۷) انجام شد. برای برآورد پروتئین میکروبی تولید شده در شکمبه بر اساس گرم نیتروژن در روز، از رابطه ۲ استفاده شد(Chen and Gomes، ۱۹۹۵).

$$\text{نیتروژن میکروبی} = \frac{x\left(\frac{mmol}{day}\right)\times 70}{0.116\times 0.93\times 1000}$$ رابطه (۲)

در این رابطه: X = میزان جذب مشتقات پورین‌ها در روز (میلی مول در روز) است. رفتار مصرف خوراک، نشخوار و جویدن دام‌ها به صورت چشمی و به فواصل زمانی پنج دقیقه‌ای در دوره-های ۲۴ ساعته در روز ۲۱ هر دوره آزمایشی اندازه‌گیری شد. فعالیت جویدن از مجموع زمان‌های نشخوار و مصرف خوراک محاسبه شد (Teimouri Yansari و همکاران، ۲۰۰۴).

این آزمایش در قالب طرح چرخشی متوازن با چهار جیره غذایی به صورت آرایه فاکتوریل ۲×۲ با رویه مخلوط (mix proc) استفاده شد. مدل آماری مورد استفاده به صورت رابطه ۳ بود:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + ß_j + (\alpha ß)_{ij} + \gamma_k + \delta_L + e_{ijkl}$$ رابطه (۳)

در این رابطه: Y_{ijkl}= هر کدام از مشاهدات، μ= میانگین کل، α_i = انداه ذرات علوفه سیلو شده جو، $ß_j$= اثر نوع دانه در کنسانتره، $(\alpha ß)_{ij}$ = اثر متقابل اندازه ذرات علوفه با نوع دانه در کنسانتره، γ_k= اثر تصادفی حیوان، δ_L= اثر دوره، e_{ijkl}= واریانس باقیمانده می باشد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (۲۰۰۵) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح پنج درصد و با استفاده از نرم افزار SAS (۲۰۰۵) انجام شدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های علوفه سیلو شده جو

تأثیر اندازه ذرات بر محتوای ماده خشک علوفه‌های سیلو شده معنی‌دار بود (جدول ۳، $p<$۰/۰۱) و در علوفه سیلو شده بلند بیشتر بود ($p<$۰/۰۵). احتمالاً در علوفه سیلو شده کوتاه ، پساب سیلو بیشتر بوده و در نتیجه سبب کاهش ماده خشک کاهش شد. سویتا و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند درصد ماده خشک علوفه سیلو شده جو با اندازه ذرات بلند ۳۷/۴ و ماده خشک علوفه سیلو شده جو کوتاه ۳۴/۶ درصد بود. در تحقیق جاری علوفه بلند و کوتاه باهم تهیه و خرد شدند، اما تهیه جو سیلوشده کوتاه زودتر از علوفه سیلو شده جو بلند انجام شد و این دلیل احتمالی افزایش ماده خشک جو سلیویی بلند بود.

بین محتوای پروتئین خام دو نوع علوفه سیلو شده تفاوت معنی‌دار وجود داشت (p=/۰۲) و در علوفه سیلو شده جو کوتاه بیشتر (۸/۲۵ در مقابل ۶/۴۸) بود، علت آن تخمیر بهتر میکروب‌ها در سیلو با اندازه ذرات کوتاه‌تر بود. اندازه ذرات سیلو هر چه کوتاه‌تر شود، بافت گیاه بیشتر آسیب می‌بیند و میکروارگانیسم‌ها بهتر می-توانند فعالیت کنند، در نتیجه فعالیت بیشتر باکتری‌ها در سیلو، pH سریع‌تر کاهش یافته و سبب جلوگیری از تولید آمونیاک در سیلو می‌شود (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). فرایند تهیه سیلو سبب کاهش پروتئین خام علوفه می‌شود، مقدار تجزیه پروتیین ها نسبت به نوع گیاه، تغییرات pH ، مقدار ماده خشک و درجه حرارت متفاوت است (شمسی، ۱۳۹۳). در علوفه سیلو شده جو کوتاه، کم‌تر بودن pH سبب کاهش فعالیت انتروباکترها شده و در نتیجه از تبدیل پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه به آمونیاک (بعد از باز شدن سیلو می‌توانند از آن خارج شوند) کاسته می شود و در نتیجه پروتئین خام در علوفه سیلو شده کوتاه بیشتر بود (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). در علوفه سیلو شده کوتاه pH کمتر بود (۴/۰۶ در مقابل ۴/۳۶، $p<$۰/۰۱)، که علت آن می-تواند تخمیر بهتر میکروارگانیسم‌ها و تولید اسید لاکتیک بیشتر در سیلو با اندازه ذرات کوتاه باشد. زیرا با کاهش اندازه ذرات سیلو،

جمعیت میکروارگانیسم‌های تولید کننده اسید لاکتیک در علوفه سیلو شده افزایش یافته و اسید بیشتری تولید می‌کنند (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱).

تهیه علوفه جو سیلو شده با اندازه ذرات بلند و کوتاه تأثیری بر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی نداشت، و همانند نتایج دیگر پژوهشگران بود (Maulfair and Heinrichs، ۲۰۱۳؛ Soita و همکاران، ۲۰۰۰) اما Bagheri و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند میزان الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی پوست پسته، پس از ۳۰ و ۶۰ روز سیلو کردن به صورت خطی کاهش یافت و دلیل آن هیدرولیز جزئی سلولز و همی سلولز بیان شد.

در مطالعه حاضر، گرچه نمره فلیگ در دو سیلو تفاوت معنی‌داری نداشت ولی مقدار ۹۸/۶۵ و ۹۵/۶۲ به ترتیب در علوفه سیلو شده جو بلند و کوتاه بیانگر کیفیت بسیار خوب آن‌ها بود (نمره ۸۱ تا ۱۰۰ نشان دهنده امتیاز خیلی خوب و نمره ۶۱ تا ۸۰ نشان دهنده امتیاز خوب می‌باشد). نمره فلیگ بالاتر نشان دهنده ماده خشک بالاتر در سیلو است و نیز نشان دهنده این است که در سیلو جمعیت باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک بالاتر و جمعیت باکتری‌های تولید کننده اسید استیک کم‌تر می‌باشند (فلاح و همکاران، ۱۳۹۰). ارزشیابی ظاهری که به ارزشیابی حسی نیز معروف است از طریق بوی مواد سیلویی و کیفیت ساختاری مواد سیلو شده و رنگ آن (تغییر رنگ مواد سیلو شده نسبت به علوفه اولیه در سه حالت، تغییر نکرده، کمی تغییر کرده و کاملاً تغییر کرده) صورت می‌گیرد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱) و در این آزمایش تفاوتی معنی‌داری در نمره کل ارزیابی حسی سیلوها وجود نداشت.

جدول۲. ترکیبات شیمیایی (درصد)، pH، نمره فلیگ و ارزیابی حسی در علوفه سیلو شده جو کوتاه و بلند

	علوفه سیلو شده بلند	علوفه سیلو شده کوتاه	خطای معیار میانگین	سطح معنی‌داری
ماده خشک[1]	۳۳/۱۴[a]	۲۹/۳۶[b]	۰/۴۳	<۰/۰۱
پروتیین خام	۶/۴۸[b]	۸/۲۵[a]	۲/۸۰	۰/۰۲
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	۶۶/۹۷	۵۸/۲۷	۱/۰۲	۰/۱۳
الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی	۳۵/۴۱	۴۹/۳۵	۱/۳۴	۰/۶۵
pH	۴/۳۶[a]	۴/۰۶[b]	۰/۰۴	<۰/۰۱
نمره فلیگ	۹۸/۶۵	۹۵/۶۲	۰/۹۵	۰/۴۴
---ارزیابی حسی---				
کیفیت بو	۱۳/۷۵	۱۳/۴۵	۰/۱۰	۰/۱۷
کیفیت ساختاری	۳/۷۵	۳/۵۵	۰/۱۰	۰/۳۵
رنگ	۲/۰۰	۱/۷۵	۰/۰۳	۰/۰۶
نمره کل	۱۹/۲۵	۱۸/۷۰	۰/۱۵	۰/۱۹

[1] ماده خشک علوفه سیلو شده در آون با درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت مشخص شد (AOAC، ۲۰۰۵)

توزیع اندازه ذرات، الیاف موثر فیزیکی و میانگین هندسی جیره‌های آزمایشی

از نظر توزیع اندازه ذرات در مواد باقی‌مانده بر روی الک ۱۹ و هشت میلی‌متر تفاوتی بین جیره‌ها وجود نداشت ($p>۰/۰۵$) (جدول ۳). زیرا ممکن است ذرّات کوچک (کنسانتره‌های آسیاب شده با ۹۰ درصد ماده خشک) به ذرّات بزرگ مرطوب (سیلوها) بچسبند و سبب خطا در ماده خشک باقی مانده بر روی الک‌ها شوند (Mertens، ۲۰۰۲). در این تحقیق رطوبت علوفه سیلو شده جو در حدود ۷۰ درصد بود که برای چسبیدن اجزای کنسانتره کافی بود. اما در الک ۱/۱۸ میلی‌متر درصد مواد باقی‌مانده در جیره‌های دارای علوفه سیلو شده کوتاه بیشتر بود ($p<۰/۰۱$). بین تیمارها از نظر عامل موثر بودن فیزیکی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما الیاف موثر فیزیکی ، تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو تمایل داشت معنی‌دار باشد ($p=۰/۰۸$) و در جیره‌های حاوی علوفه‌های سیلو شده بلند از نظر عددی بیشتر بود

میانگین هندسی اندازه ذرات جیره‌ها تحت تأثیر اندازه قطعات علوفه سیلو شده جو قرار گرفت و در جیره‌های دارای علوفه سیلو شده جو بلند بیشتر بودند ($p=۰/۰۲$) زیرا در جیره‌های کاملاً مخلوط با افزایش اندازه ذرات علوفه به مقدار میانگین هندسی اندازه ذرات جیره‌ها افزوده می‌شود (Maulfair و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول۳. توزیع اندازه ذرات، مقدار الیاف موثر فیزیکی و میانگین هندسی در جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو (میلی‌متر)	بلند (۱۶)		کوتاه (۸)		خطای	سطح معنی‌دار		
	دانه	۲۰ درصد	دانه	۲۰ درصد	استاندارد	اندازه	نوع	اثر
نوع‌دانه	جو	دانه ذرت	جو	دانه ذرت	میانگین	ذرات	دانه	متقابل
ماده خشک باقی مانده روی الک (درصد)								
۱۹ میلی متر	۴۳/۸۰	۴۶/۴۴	۴۳/۴۵	۴۵/۵۰	۱/۸۴	۰/۸۸	۰/ ۲۵	۰/ ۷۴
۸ میلی متر	۳۱/۷۸	۳۱/۴۹	۲۲/۹۷	۲۴/۶۵	۴/۵۹	۰/ ۱۰	۰/ ۸۷	۰/۸۲
۱/۱۸ میلی متر	۱۷/۵۴^{b}	۱۶/۹۱^{b}	۲۷/۰۵^{ab}	۲۸/۸۹^{a}	۲/۲۲	<۰/۰۱	۰/۷۷	۰/۵۵
عامل مؤثر بودن فیزیکی[1]	۹۳/۰۹	۹۴/۹۳	۹۳/۴۸	۹۹/۰۵	۲/۹۸	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۳۸
الیاف مؤثر فیزیکی[2](درصد)	۴۰/۶۲^{a}	۴۲/۲۴^{a}	۳۳/۸۲^{b}	۳۴/۳۸^{b}	۱/۶۲	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/ ۷۸
میانگین هندسی (میلی متر)	۸/۴۰^{a}	۸/۱۶^{ab}	۶/۹۵^{ab}	۶/۶۹^{b}	۰/۴۷۰	۰/۰۲	۰/۶۱	۰/۹۸

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار بین میانگین جیره‌های آزمایشی می باشد ($p<۰/۰۵$). [1] نسبت ماده خشک باقی مانده بر روی الک های ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی متری (Kononoff و همکاران، ۲۰۰۳). [2]حاصل ضرب غلظت الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی جیره در نسبت ماده خشک باقی مانده روی الک های ۱۹، هشت و ۱/۱۸ میلی متری (Kononoff و همکاران، ۲۰۰۳).

مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو بر مصرف ماده خشک تأثیری نداشت (جدول ۴). Yang and Beauchemin (۲۰۰۶b) گزارش کردند در جیره‌های دارای بیش از ۴۰ درصد مواد متراکم، مصرف خوراک تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه قرار نمی‌گیرد. Nasrollahi و همکاران (۲۰۱۵) نیز در فرا بررسی نتایج تعداد زیادی از آزمایش‌ها، نتیجه‌گیری کردند که در جیره گاوهای شیرده دارای بیش از ۵۰ درصد کنسانتره، کاهش اندازه ذرات علوفه سبب افزایش مصرف ماده خشک نمی‌شود. اما مصرف ماده خشک، تحت تأثیر نوع دانه درکنسانتره قرار گرفت ($P<۰/۰۵$) و در جیره‌های دارای دانه ذرت بیشتر بود. دانه‌هایی با

توانایی اسیدوژنیک بالا، احتیاج به الیاف مؤثر فیزیکی را افزایش می‌دهند. نشاسته ذرت در لفافی با تجزیه پذیری پایین قرار دارد و همچنین تفاوت در نوع نشاسته سبب می‌شود تجزیه‌پذیری نشاسته ذرت در شکمبه ازجو کم‌تر باشد (Zebeli و همکاران، ۲۰۱۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد تجزیه پذیری نشاسته جو و گندم بیشتر از نشاسته ذرت و سورگوم می‌باشد (Benninghoff و همکاران، ۲۰۱۵). Overton و همکاران (۱۹۹۵) در بررسی نسبت دانه جو و دانه ذرت بر روی ماده خشک مصرفی دریافتند که با افزایش نسبت نشاسته ذرت به جای جو در جیره، مقدار ماده خشک مصرفی به صورت خطی افزایش یافت. همچنین McCarthy و همکاران (۱۹۸۹) نیز اثر تغذیه جیره‌هایی با نشاسته بالا بر اساس ذرت در مقابل جو را در گاوهای شیرده بررسی نمودند و مشاهده کردند که تغذیه جو میزان ماده خشک مصرفی را تا ۳ کیلوگرم در روز کاهش داد. در تحقیق حاضر pH شکمبه در زمان دو و چهار ساعت بعد از مصرف خوراک تحت تأثیر نوع دانه موجود در کنسانتره قرار گرفت (جدول ۵، به ترتیب $P<۰/۰۴$ و $P<۰/۰۴$) و در جیره‌های دارای دانه ذرت به صورت معنی‌داری بیشتر از جیره‌های دارای دانه جو ($P<۰/۰۵۰$) بود. لذا به علت بهبود شرایط شکمبه در جیره‌هایی دارای دانه ذرت، مصرف و قابلیت هضم بهبود یافت. مصرف الیاف موثر فیزیکی تمایل داشت تحت تأثیر نوع دانه موجود در کنسانتره قرار گیرد ($P<۰/۰۶$). در صورتی که pH شکمبه بیشتر از ۶/۲ حفظ شود نرخ هضم الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی افت نمی‌کند (Pitt et al.، ۱۹۹۶). لذا در جیره‌های دارای دانه ذرت به علت pH بالاتر از ۶/۲، مصرف الیاف موثر فیزیکی تمایل داشت بیش‌تر باشد. قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تحت تأثیر اندازه قطعات علوفه سیلو شده جو و نوع دانه غله قرار نگرفت. گزارش Kincheloe و همکاران (۲۰۰۳) حاکی از این است که در دو دانه جو و ذرت، انرژی خالص برای نگهداری و افزایش وزن در گوساله‌های پرواری، یکسان می‌باشد. ولی نرخ تجزیه پذیری نشاسته در شکمبه در دانه جو بیشتر می‌باشد، لذا احتمالاً به دلیل کاهش pH در جیره‌های دارای دانه جو (جدول ۵)، قابلیت هضم موادمغذی به ویژه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در شکمبه کاهش یافت (Pitt et al.، ۱۹۹۶). ولی احتمالاً این کاهش قابلیت هضم در شکمبه با افزایش هضم در قسمت‌های پایین‌تر دستگاه گوارش جبران شد (Hirayamaa and Katoh، ۲۰۰۵) لذا تفاوتی بین قابلیت هضم‌ها مشاهده نشد.

جدول ٤. مصرف ماده خشک روزانه و قابلیت هضم مواد مغذی درگوسفندان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو (میلی‌متر)	بلند (۱۶)		کوتاه (۸)		خطای	سطح معنی‌داری		
نوع دانه	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	استاندارد میانگین	اندازه ذرات	نوع دانه	اثر متقابل
مصرف مواد مغذی (کیلوگرم در روز)								
ماده خشک	۱/۷۴^{b}	۱/۸۵^{a}	۱/۷۲^{b}	۱/۸۶^{a}	۰/۰۸	۰/۹۶	۰/۰۵	۰/۸۶
الیاف موثر فیزیکی[1]	۰/۷۱^{b}	۰/۷۸^{ab}	۰/۷۰^{b}	۰/۸۰^{a}	۰/۰۳	۰/۸۳	۰/۰۶	۰/۶۴
قابلیت هضم مواد مغذی (درصد)								
ماده خشک	۶۷/۸۵	۷۶/۲۴	۷۱/۰۴	۷۱/۱۴	۲/۶۵	۰/۹۹	۰/۲۷	۰/۲۸
پروتئین خام	۸۱/۸۶	۸۳/۹۲	۸۱/۸۹	۸۳/۵۵	۱/۴۱	۰/۹۰	۰/۲۰	۰/۸۸
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	۴۴/۸۷	۵۲/۷۴	۴۷/۶۵	۴۸/۲۵	۴/۱۷	۰/۸۵	۰/۳۴	۰/۴۱

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار بین میانگین جیره‌های آزمایشی می باشد ($p<۰/۰۵$).

فراسنجه‌های شکمبه

مقدار pH شکمبه

در دو و چهار ساعت پس از مصرف خوراک، pH شکمبه تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده (جدول ۵، به ترتیب p=۰/۰۱ و p=۰/۰۳) قرار گرفته و با کاهش اندازه ذرات، pH شکمبه کاهش یافت. یکی از عوامل تاثیر گذار بر pH شکمبه اندازه ذرّات علوفه‌های سیلو شده می‌باشد. زیرا با افزایش اندازه ذرّات علوفه سیلو شده جو (متوسط و بلند) نسبت به جیره با علوفه‌های سیلو شده با اندازه کم، علاوه بر افزایش ترشح بزاق، از هضم نشاسته در علوفه‌های سیلو شده نیز کاسته می‌گردد (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۶a).کاهش اندازه ذرات در جیره‌های پر انرژی به علت کاهش الیاف موثر فیزیکی سبب کاهش تحریک نشخوار و ترشح بزاق کافی شده و به سبب تجزیه و تخمیر سریع مواد آلی سبب کاهش pH مایع شکمبه می‌شود (Zebeli و همکاران، ۲۰۱۲). کهیانی و همکاران، (۱۳۹۱) در پژوهشی بر روی اندازه ذرات علوفه یونجه، گزارش کردند که اندازه ذرات علوفه یونجه در جیره‌های اسیدوژنیک نمی تواند از کاهش pH جلوگیری کند. همچنین ظرفیت بافری در علوفه‌ها بر بافری شدن شکمبه تأثیرگذار هستند. علوفه سیلو شده جو همانند علوفه سیلو شده ذرت ظرفیت بافری اندکی دارد (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۶a).

نمی‌توان pH شکمبه را تنها با الیاف موثر فیزیکی پیش بینی کرد، زیرا کربوهیدرات‌های قابل تخمیر تأثیر بیشتری بر pH شکمبه دارند (Maulfair and Heinrichs، ۲۰۱۳). با توجه به تجزیه پذیری کم‌تر نشاسته ذرت (Benninghoff و همکاران، ۲۰۱۵)، در آزمایش جاری، جیره‌های دارای دانه ذرت در دو و چهار ساعت بعد از مصرف خوراک، pH شکمبه‌ای بالاتری نسبت به جیره‌ها دارای دانه جو داشتند (به ترتیب p=۰/۰۴ و p=۰/۰۴) که دلیل آن سرعت بالای تخمیر جو در شکمبه در مقایسه با ذرت و فراهمی کربوهیدرات‌های با سرعت تخمیر زیاد در دانه جو است (Yang و همکاران، ۲۰۰۱). سرعت تخمیر کربوهیدرات‌ها در شکمبه، برنیاز به الیاف موثر فیزیکی در جیره گاوهای شیرده تأثیر می‌گذارند (مالیفر و هنریش، ۲۰۱۳)، زیرا با کاهش pH شکمبه، انرژی نگهداری باکتری‌های تخمیر کننده کربوهیدرات‌های الیافی افزایش یافته و نرخ هضم الیاف کم می‌شود (Pitt و همکاران، ۱۹۹۶).

جدول ۵. مقادیر pH مایع شکمبه گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در ساعت‌های مختلف پس از تغذیه

اندازه ذرات علوفه سیلو شده (میلی‌متر)	بلند (۱۶)		کوتاه (۸)		خطای استاندارد میانگین	سطح معنی‌داری		
نوع دانه	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت		اندازه ذرات	نوع کنسانتره	اثر متقابل
ساعت								
قبل از مصرف خوراک	۶/۶۷	۶/۶۵	۶/۸	۶/۷۷	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۶۹	۱/۰۰
دو	۵/۹۲^{ab}	۶/۳۰^{a}	۵/۹۰^{b}	۶/۲۰^{a}	۰/۱۶	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۳۹
چهار	۶/۱۷^{ab}	۶/۳۱^{a}	۶/۰۴^{b}	۶/۲۸^{ab}	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۲۱
شش	۶/۴۲	۶/۳۷	۶/۴۵	۶/۱۷	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۱۰	۰/۲۳
هشت	۶/۵۲	۶/۶۲	۶/۵۰	۶/۴۰	۰/۱۲	۰/۳۴	۱/۰۰	۰/۴۴

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار بین میانگین جیره‌های آزمایشی می باشد (p<۰/۰۵).

نیتروژن آمونیاکی شکمبه

غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در زمان‌های قبل از مصرف خوراک، دو، چهار، شش و هشت ساعت بعد از مصرف خوراک تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده و نوع دانه جو یا ذرت قرار نگرفت (جدول ۶). Yang and Beauchemin (۲۰۰۶b) دریافتند که کاهش اندازه ذرات علوفه، سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه شد، در حالی که Kononoff and Heinrichs (۲۰۰۳)، Beauchemin و همکاران (۲۰۰۳)، Teimouri Yansari و همکاران (۲۰۰۴) و Yang و همکاران (۲۰۰۱)، گزارش کردند کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه خشک، تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه نداشت.

کارگر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند غلظت نیتروژن آمونیاکی در جیره‌های بر پایه ذرت در مقایسه با جو، بالاترین غلظت را دارا بود زیرا افزایش تخمیر ماده آلی در جیره‌های بر پایه دانه جو در مقایسه با دانه ذرت، انرژی بیشتری را برای ساخت نیتروژن و پروتئین میکروبی از نیتروژن آمونیاکی شکمبه فرآهم کرد و از غلظت آن در شکمبه کاسته شد. در آزمایش حاضر دانه ذرت به مقدار زیاد خرد شد و تجزیه پذیری آن افزایش یافت، زیرا فرآوری و کاهش اندازه ذرات دانه غلات بر تجزیه پذیری نشاسته آن‌ها تاثیری مثبت دارد (خراسانی و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول۶. غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گوسفندان در جیره های آزمایشی در زمان های مختلف تغذیه (میلی گرم در دسی لیتر)

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو (میلی‌متر)	بلند (۱۶)		کوتاه (۸)		خطای	احتمال معنی‌داری		
نوع دانه	دانه	۲۰ درصد	دانه	۲۰ درصد	استاندارد	نوع	اندازه	اثر
ساعت	جو	دانه ذرت	جو	دانه ذرت	میانگین	کنسانتره	ذرات	متقابل
قبل از مصرف خوراک	۳۲/۰۰	۳۴/۰۲	۳۲/۹۵	۳۴/۹۵	۰/۶۰	۰/۱۱	۰/۳۹	۰/۸۶
دو	۴۲/۹۲	۵۱/۰۲	۴۸/۸۲	۴۱/۳۲	۰/۵۲	۰/۸۱	۰/۵۷	۰/۹۴
چهار	۳۸/۸۳	۳۷/۷۲	۴۵/۷۶	۴۱/۲۲	۰/۹۴	۰/۴۷	۰/۸۵	۰/۲۶
شش	۳۶/۸۲	۳۷/۰۰	۳۹/۵۷	۴۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۵۱	۰/۶۵	۰/۹۱
هشت	۳۴/۲۰	۳۲/۵۷	۳۸/۸۵	۳۷/۹۲	۰/۶۷	۰/۸۵	۰/۴۸	۰/۶۷

پروتوزوآ شکمبه

جمعیت پروتوزوآ معمولا $۱۰^{۴}$ الی $۱۰^{۶}$ عدد در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه می‌باشند (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). در این آزمایش جمعیت پروتوزوآی هولوتریش‌ها و انتودینیوم‌ها بین ۰/۴ تا ۰/۹ و کل جمعیت پروتوزوآ در حدود ۱/۵۰ تا ۱/۴۵ میلیون متغیر بوده و به جمعیت پروتوزوآء به تعداد ۰/۸۱ تا ۱/۴۰ میلیون در تحقیق Koenig و همکاران (۲۰۰۳) نزدیک بود. ترکیبات شیمیایی جیره، تعداد دفعات خوراک‌دهی، محلول بودن قندها، چربی جیره و به ویژه pH شکمبه تعداد پروتوزوآ شکمبه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

اندازه بلند و کوتاه علوفه سیلو شده جو بر جمعیت پروتوزوآ شکمبه بی-تأثیر بود (جدول ۷). گزارش شده که با کاهش الیاف فیزیکی در جیره، جرم پروتوزوآ در شکمبه کاهش می‌یابد (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۶b)، زیرا کاهش زیاد اندازه ذرّات علوفه، سبب افزایش نرخ عبور می‌شود (Teimouri Yansari و همکاران، ۲۰۰۴)

ولی در آزمایش حاضر تفاوت الیاف موثر فیزیکی معنی‌دار نبود (جدول ۲) و لذا بر نرخ عبور و جمعیت پروتوزوآ شکمبه بی تأثیر بود. همچنین در آزمایش Kozakai و همکاران (۲۰۰۸) نوع علوفه سیلو شده ذرت فرآوری شده و فراوری نشده بر تعداد پروتوزوآ بی تأثیر بودند.

صرف نظر از تفاوت در اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو، تفاوت جیره-ها درنوع دانه بود (جدول۱).در تحقیق Martin and Michalet-Doreau (۱۹۹۵) گزارش شد که با کاهش pH شکمبه، سطح مصرف خوراک و با افزایش دانه جو در جیره، جمعیت هولوتریش‌ها افزایش یافت. همچنین در آزمایش Koenig و همکاران (۲۰۰۳) درصد علوفه سیلو شده در جیره بر تعداد پروتوزوآ تاژک‌دار تأثیر معنی‌داری نداشت، ولی فرآوری دانه جو بر تعداد پروتوزوآی شکمبه تأثیر گذار بود. به نظر می رسد در آزمایش حاضر، نوع دانه نتوانست تأثیر زیادی بر محیط شکمبه داشته باشد. گرچه دو و چهار ساعت بعد از تغذیه pH شکمبه در جیره‌های دارای دانه جو مقداری پایین‌تر بود، ولی این کاهش به اندازه‌ای نبود که بر پروتوزواء شکمبه تأثیر داشته باشد. جمعیت انتودینیوم از دیگر انواع پروتوزوآ بیشتر بود، زیرا جنس انتودینیوم جنس غالب در بین پروتوزوآهای مژکدار شکمبه می‌باشد (تقی زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۷- جمعیت گونه‌های مختلف و کل پروتوزوآء در مایع شکمبه (۱۰^۵ در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه) گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو (میلی‌متر)	بلند (۱۶)		کوتاه (۸)		خطای	سطح معنی‌داری		
نوع دانه	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	استاندارد میانگین	اندازه ذرات	نوع دانه	اثر متقابل
هولوتریش	۴/۱۰	۴/۳۱	۳/۶۴	۳/۸۷	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۵۴	۰/۹۹
سلولیتیک	۱/۰۸	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۵۵	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۶۷
انتودینیوم	۸/۹۵	۹/۳۳	۷/۷۲	۷/۰۷	۱/۲۳	۰/۹۱	۰/۱۶	۰/۶۸
کل پروتوزوآ شکمبه	۱۴/۱۳	۱۴/۶۸	۱۲/۳۰	۱۱/۵۱	۱/۹۸	۰/۹۵	۰/۲۱	۰/۷۴

نیتروژن و پروتئین میکروبی

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو و دو نوع دانه جو و ذرت بر تولید نیتروژن و پروتئین میکروبی بی‌تأثیر بودند (جدول ۸). ویژگی‌های الیاف مانند طول ذرّات بر هضم شکمبه‌ای، تولید پروتیین میکروبی و بر هضم بعد از شکمبه تاثیر می‌گذارند. با کاهش اندازه ذرّات علوفه، بازده تولید میکروبی بهبود می یابد. این اثر به واسطه کاهش باز چرخ نیتروژن در شکمبه بوده، زیرا در جیره های با الیاف فیزیکی کم جرم پروتوزوآ در شکمبه کاهش می‌یابد (Yang and Beauchemin، ۲۰۰۶b). ولی در آزمایش حاضر الیاف موثر فیزیکی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۲)، لذا اندازه ذرات بر تولید پروتئین میکروبی بی‌تأثیر بود.

در صورت فراهمی مقادیر کافی نیتروژن در شکمبه، تولید پروتئین میکروبی تابع قابلیت دسترسی میکروارگانیسم‌ها به انرژی می‌باشد، بنابراین انرژی حاصل از تخمیر کربوهیدرات‌ها در شکمبه اولین عامل محدود کننده تولید نیتروژن و پروتئین میکروبی می‌باشد (Obara و همکاران، ۱۹۹۱). Chen and Gomes (۱۹۹۵) گزارش کردند که با تأمین انرژی لازم از کربوهیدرات‌های سریع التخمیر مانند جو در مقایسه با ذرت، مشتقات پورینی ادرار و نیتروژن میکروبی تحت تأثیر قرار گرفته و در نتیجه سنتز پروتئین میکروبی بیش‌تر می‌شود. ولی در آزمایش حاضر بنظر می‌رسد فراهمی انرژی قابل تخمیر به سبب ریز آسیاب شدن هر دو دانه، تفاوتی با هم نداشت و لذا نوع دانه بر تولید نیتروژن و پروتئین میکروبی تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه نیز تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو و نوع دانه قرار نگرفت، لذا بر تولید نیتروژن و پروتئین میکروبی بی تأثیر بود (جدول ۶).

جدول ۸- تولید نیتروژن و پروتئین میکروبی در شکمبه (گرم در روز) در گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو (میلی‌متر)	بلند (۱۶)		کوتاه (۸)		خطای	سطح معنی‌داری		
نوع دانه	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	استاندارد میانگین	اندازه ذرات	نوع دانه	اثر متقابل
نیتروژن میکروبی	۸/۹۴	۵/۷۷	۸/۲۲	۶/۶۷	۱/۳۲	۰/۱۶	۰/۷۹	۰/۰۸
پروتئین میکروبی	۵۵/۸۹	۳۶/۰۶	۵۱/۳۸	۳۷/۷۱	۸/۲۶	۰/۱۶	۰/۷۹	۰/۰۸

رفتار مصرف خوراک

زمان مصرف خوراک (دقیقه در روز) تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو قرار گرفت (جدول۹، $p<۰/۰۱$) ولی نوع دانه تأثیر معنی‌داری نداشت. در آزمایش Maulfair and Heinrichs (۲۰۱۳) نیز زمان مصرف جیره تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه قرار گرفت ولی قابلیت تخمیر کربوهیدرات‌ها تأثیر معنی‌داری نداشتند. معمولاً کاهش اندازه ذرات علوفه سبب کاهش زمان جویدن، نشخوار و خوردن می‌شود (کهیانی و همکاران، ۱۳۹۱و Teimouri Yansari و همکاران، ۲۰۰۴)، لذا بیشترین زمان مصرف خوراک در جیره‌های دارای علوفه سیلو شده جو بلند بود ($p<۰/۰۵$).

زمان نشخوار (دقیقه در روز) تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه جو سیلو شده قرار گرفت ($p<۰/۰۱$) و در جیره‌های دارای سیلوی بلند بیشتر بود ($p<۰/۰۵۰$). در آزمایش Teimouri Yansari و همکاران (۲۰۰۴) نیز افزایش اندازه ذرات علوفه یونجه سبب شد به زمان نشخوار افزوده شود. اما در آزمایش حاضر نوع دانه بر زمان نشخوار تأثیر گذار نبود، ولی در آزمایش Maulfair and Heinrichs (۲۰۱۳) افزایش تجزیه پذیری کربوهیدرات‌های قابل تخمیر (دانه ذرت ریز آسیاب شده بود) سبب شد به زمان نشخوار افزوده شد. اما بر اساس نظر Soita و همکاران (۲۰۰۰) جیره‌های دارای توانای تخمیر بالا، با نرخ بالاتری از شکمبه و نگاری عبور می‌کنند، زیرا سریع‌تر تخمیر شده و زمان نشخوار کاهش می‌یابد. در آزمایش حاضر نوع دانه بر غلظت آمونیاک در شکمبه بی‌تأثیر بود (جدول ۶)، در حالی که انتظار می‌رفت در جیره‌های دارای دانه ۲۰ درصد دانه ذرت به علت تجزیه پذیری کم‌تر نسبت به دانه جو (Benninghoff و همکاران، ۲۰۱۵)، غلظت آمونیاک بیشتر باشد (کارگر و همکاران، ۱۳۹۲)، لذا به نظر می رسد تجزیه پذیری دانه ذرت، تفاوت زیادی با دانه جو نداشت، لذا نوع دانه بر نرخ عبور از شکمبه و نشخوار بی‌تأثیر بود.

زمان جویدن (دقیقه در روز) تحت تأثیر اندازه ذرات جو سیلو شده قرار گرفت ($p<۰/۰۱$) و در جیره‌های دارای سیلوی بلند بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). ولی نوع دانه بر زمان جویدن تأثیری نداشت. اندازه ذرات علوفه همبستگی زیادی با جویدن و نشخوار دارند (Teimouri Yansariو همکاران ، ۲۰۰۴)، گرچه اندازه ذرات فیزیکی جیره‌ها تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی میانگین هندسی جیره‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳)، لذا جیره‌های دارای علوفه سیلو شده جو بلند، میانگین هندسی زیادتری داشته که سبب افزایش زمان جویدن شدند.

تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو بر زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلو ماده خشک ($p<۰/۰۱$) و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار بود و در جیره‌های دارای علوفه جو سیلو شده بلند از دیگر جیره‌ها بیش‌تر بود($p<۰/۰۵$). Teimouri Yansari و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که با کاهش اندازه ذرات، زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلوگرم مصرف ماده خشک کاهش یافت.

تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو بر زمان نشخوار به ازای هر کیلو ماده خشک معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$) و در جیره‌های سیلوی بلند بیشتر بود ($p<۰/۰۵۰$). زمان نشخوار به ازای هر کیلو الیاف

نامحلول در شوینده‌ی خنثی تمایل به معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۶$) و در جیره‌های دارای علوفه سیلو شده جو بلند بیشتر بود($p<۰/۰۵۰$). در آزمایش حاضر نوع دانه، تأثیری بر زمان نشخوار نداشت، احتمالا چون هر دو دانه به صورت بسیار ریز اسیاب شده بودند، تجزیه پذیری و تخمیر آن‌ها در شکمبه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. در آزمایش Maulfair and Heinrichs (۲۰۱۳) در جیره‌های با قابلیت تخمیر زیاد (ذرت ریز آسیاب شده) نشخوار به ازای هر کیلو ماده خشک (دقیقه) بیشتر از جیره‌های دارای ذرت بلند بود. زیرا در جیره‌های دارای کربوهیدرات با تخمیر زیاد، pH شکمبه کاهش یافت و برای جبران آن ترشح بزاق باید افزایش می‌یافت. زیرا بیش از ۸۰ درصد خرد و شکسته شدن ذرّات جیره در شکمبه به سبب جویدن بوده و ۲۰ درصد هم به علت تجزیه میکروبی می‌باشد. لذا در جیره‌های با قابلیت تخمیر بالا، از فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه و شکسته شدن الیاف کاسته شده ولی کاهش هضم میکروبی با خرد و شکسته شدن فیزیکی (نشخوار) جبران می‌شود (Tafaj و همکاران، ۲۰۰۷). در آزمایش حاضر تأثیر نوع دانه بر pH شکمبه دو و چهار ساعت بعد از مصرف خوراک تأثیر گذار بود (جدول ۵، $P<۰/۰۴$ و $P<۰/۰۴$) ولی به نظر می‌رسد تأثیرگذاری pH بر تخمیر به ساعات اولیه تخمیر محدود شده، کاهش آن برای تأثیر گذاری بر نشخوار به ازای هر کیلو الیاف نامحلول در شوینده خنثی کافی نبود.

تأثیر اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو بر فعالیت جویدن به ازای هر کیلو ماده خشک ($p<۰/۰۱$) و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی ($p<۰/۰۳$) معنی‌دار بود و در جیره‌های دارای علوفه سیلو شده جو بلند بیش‌تر از جیره‌های سیلوی کوتاه بود. فعالیت جویدن به ازای هر کیلوگرم مصرف ماده خشک تحت تأثیر اندازه ذرات علوفه جو سیلو شده قرار گرفت، به‌طوری‌که با افزایش اندازه ذرات، کل فعالیت جویدن افزایش یافت (شمسی، ۱۳۹۳).

جدول۹- رفتار مصرف خوراک در گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو (میلی‌متر)	بلند (۱۶ میلی‌متر)		کوتاه (۸ میلی‌متر)		خطای	سطح معنی‌دار		
نوع دانه	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	دانه جو	۲۰ درصد دانه ذرت	استاندارد میانگین	اندازه ذرات	نوع دانه	اثر متقابل
زمان مصرف خوراک (دقیقه در روز)	۲۳۲/۵۰ ^{ab}	۲۴۵/۰۰ ^{a}	۱۸۵/۰۰ ^{b}	۱۸۸/۷۵ ^{b}	۶/۰۴۱	<۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۵۰
زمان نشخوار (دقیقه در روز)	۴۳۶/۲۵ ^{ab}	۴۶۸/۷۵ ^{a}	۳۳۰/۰۰ ^{b}	۳۷۰/۰۰ ^{b}	۱۸/۷۸	<۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۸۵
زمان جویدن (دقیقه در روز)	۶۶۸/۷۵ ^{a}	۷۱۳/۷۵ ^{a}	۵۱۵/۰۰ ^{b}	۵۵۸/۷۵ ^{b}	۲۷/۵۶	<۰/۰۱	۰/۴۲	۰/۴۹
زمان مصرف خوراک به ازای مصرف هر کیلو (دقیقه)								
ماده خشک	۱۳۷/۱۳ ^{a}	۱۳۲/۸۴ ^{ab}	۱۰۸/۳۶ ^{b}	۱۰۱/۷۸ ^{b}	۷/۵۷	<۰/۰۱	۰/۵۰	۰/۸۹
الیاف نامحلول در شوینده ی خنثی	۱۳۶/۵۷ ^{a}	۱۳۱/۴۹ ^{ab}	۱۰۶/۷۳ ^{b}	۱۰۴/۰۵ ^{b}	۷/۰۵	<۰/۰۱	۰/۶۰	۰/۸۷
زمان نشخوار به ازای مصرف هر کیلو (دقیقه)								
ماده خشک	۲۲۵/۰۲ ^{a}	۲۵۴/۴۸ ^{a}	۱۹۵/۵۰ ^{b}	۱۹۹/۲۰ ^{ab}	۱۷/۴۱	۰/۰۱	۰/۹۳	۰/۹۱
الیاف نامحلول در شوینده ی خنثی	۲۵۳/۰۲ ^{a}	۲۴۷/۱۵ ^{ab}	۲۰۸/۷۷ ^{b}	۲۰۸/۸۷ ^{b}	۲۱/۶۵	۰/۰۶	۰/۸۸	۰/۸۸
فعالیت جویدن به ازای مصرف هر کیلو (دقیقه)								
ماده خشک مصرفی	۳۹۲/۱۴ ^{a}	۳۸۷/۳۲ ^{ab}	۳۰۳/۸۶ ^{b}	۳۰۰/۹۸ ^{b}	۲۳/۸۲	۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۹۷
الیاف نامحلول در شوینده ی خنثی	۳۸۹/۵۸ ^{a}	۳۸۳/۱۳ ^{a}	۳۱۵/۵۰ ^{b}	۳۱۲/۹۲ ^{b}	۲۸/۶۶	۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۹۴

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار بین میانگین جیره‌های آزمایشی می باشد (p<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری

کاهش اندازه ذرات علوفه سیلو شده جو بر pH شکمبه و رفتار مصرف خوراک تأثیرگذار بود. اما نوع دانه به‌جز تأثیر بر pH در ساعات دو و چهار بعد از مصرف خوراک، فقط بر مصرف ماده خشک تأثیر گذار بود و سبب افزایش آن شد. نظر می‌رسد تجزیه پذیری دانه ریز آسیاب شده ذرت تفاوت زیادی با دانه جو نداشت. در صورتی‌که درصد دانه ذرت در جیره بیشتر بود یا به صورت ریز آسیاب نشده بود احتمالاً بر تعداد بیشتری از متغیرهای آزمایشی تأثیرگذار بود. در صورت کاهش تجزیه پذیری دانه مورد استفاده، می‌توان از الیاف موثر فیزیکی جیره کاست.

منابع

تقی زاده، ا.، علیزاده، س. و نوبخت ع. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر لازالوسید روی پارامترهای شکمبه، متابولیت های خون و عملکرد بره های نر قزل. مجله پژوهشهای علوم دامی شماره ۴، ص ص. ۷۸-۶۷.

شمسی، علی. (۱۳۹۳). تأثیر دو سطح اندازه ذرات سیلاژ جو و دو سطح کنسانتره بر ویژگی‌های فیزیکی جیره، مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، تولید پروتئین میکروبی و رفتار مصرف خوراک در گوسفند نر کرمانی. پایان نامه کارشناسی ارشد تغذیه دام، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.

فلاح، ر.، کیانی، ع.، آذرفر، آ. و وطن پرست، م. (۱۳۹۰). تاثیر افزودن ماست ترش به عنوان تلقیح کننده باکتریایی بر روی کیفیت سیلوی ذرت علوفه‌ای. مجموعه مقالات اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران.

کهیانی، علی (۱۳۹۱). بررسی اثرتغذیه اندازه ذرات علوفه یونجه در جیره‌های اسیدوژنیک بر رفتار انتخابگری و جویدن گاوهای هلشتاین اواسط شیردهی. پایان نامه کارشناسی ارشد تغذیه دام، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

کارگر، ش.، قربانی، غ. ر. و خوروش، م. (۱۳۹۲). گوارش پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای و عملکرد تولیدی در پاسخ به تغییر دادن نسبت دانه غله جو به ذرت در جیره گاوهای شیری هولشتاین. مجله پژوهش در نشخوار کنندگان. شماره دوم، ص ص. ۱۶-۱.

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

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

Asadi Alamoutia, A., Alikhania, M., Ghorbania, G.R. and Zebeli, Q. (2009). Effects of inclusion of neutral detergent soluble fiber sources in diets varying in forage particle size on feed intake, digestive processes, and performance of mid-lactation Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*. 154: 9–23.

Bagheripour, E., Rouzbehan, Y., and Alipour, D. (2008). Effects of ensiling, air-drying and addition of polyethylene glycol on in vitro gas production of pistachio by-products. *Animal Feed Science and Technology*. 146: 216-226.

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.

Benninghoff, J., Paschke-Beeseb, M. and Südekum, K.-H. (2015). In situ and in vitro ruminal degradation of maize grain and untreated or xylose-treated wheat, barley and rye grains. *Animal Feed Science and Technology*. 86: 56-93.

Chen, X.B. and Gomes, G.B. (1995). Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an over view of the technical details, Occasional Publication, *Rowette Research Institute, Aberdeen*, UK.

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.

Haddad S.G., Nasr R.E. (2007). Partial replacement of barley grain for corn grain: Associative effects on lambs' growth performance. Small Ruminant Research, 72: 92–95.

Herrera-Saldana, R.E., Huber J.T. and Poore M.H. (1990). Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. Journal of Dairy Science, 73: 2386–2393.

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.

Hirayamaa, T. and Katoh, K. (2005). Effects of fistula size on rumen internal pressure and passage rate of feed in goats. *Small Ruminant Research*. 56: 277–280.

Khorasani, G.R., Okine, E.K. and Kennelly J.J. (2001). Effects of barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 84: 2760–2769.

Kincheloe, J., Bowman, J.G.P., Surber, L.M.M., Boss, D. L., Anderson, K. A. and Blake, T. K. (2003). Effects of barley or corn on performance and digestibility in finishing diets. Proceedings, Western Section, *Journal of Animal Science*. 54: 363–365.

Kleen, J.L., Hooijer, G.A., Rehage, J. and Noordhuizen, J.P. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *Journal of Veterinary Medicine*. 50: 406–414.

Koenig K.M., Beauchemin, K.A. and Rode, L.M. (2003). Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. *Journal of Animal Science*. 81:1057–1067.

Kononoff P.J., Heinrichs, A.J. and Buckmaster, D.A. (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.

Kozakai, K., Nakamura, T., Kobayashi, Y., Tanigawa, T., Osaka, I., Kawamoto, S., and Hara, S. (2008). Effect of mechanical processing of corn silage on in vitro ruminal fermentation, and in situ bacterial colonization and dry matter degradation. *Canadian Journal of Animal Science*. 87: 259-267.

Martin, C and B. Michalet-Doreau, (1995). Variations in mass and enzyme activity of rumen microorganisms: Effect of barley and buffer supplements. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 67: 407–413.

Maulfair, D.D. and Heinrichs, A.J. (2013). Effects of varying forage particle size and fermentable carbohydrates on feed sorting, ruminal fermentation, and milk and component yields of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 96:3085–3097.

Maulfair DD, Fustini M, and Heinrichs AJ. 2011. Effect of varying total mixed ration particle size on rumen digesta and fecal particle size and digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 94: 3527–3536.

McCarthy, R.D., Klusmeyer, T.H., Vincini, J.L., Clark, J.H. and Nelson, D.R. (1989). Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 72:2002–2016.

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.

McDonald, P., Henderson A. R and Heron, S.J.E. (1991). Biochemistry of Silage. Second Edition, Chalcombe Publications, Marlow, U.K.

Mertens, D. R. (2002). Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. In: Proceedings. The Plains Nutrition Council – Spring Conference. San Antonio, Texas. Pp: 40-66.

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

Obara, Y., Dellow, D.W. and Nolan, J. V. (1991). The influence of energy on nitrogen kinetics in ruminants.m In: Physiological Aspects and Digestion and Metabolism in Ruminants. T. Tsuda, Y. Sasaki and R. Kawashima (Eds), Academic Press, Sydney. pp. 515-539.

Overton, T.R., Cameron, M.R., Elliot, J.P. and Clark, J.H. (1995). Ruminal fermentation and passage of nutrients to the duodenum of lactating cow fed mixtures of corn and barley. *Journal of Dairy Science.* 78:1981-1998.

Pitt, R.E., Van Kessel, J.S., Fox, D.G., Pell, A.N., Barry, M.C. and Van Soest, P.J. (1996). Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. *Journal of Animal. Science.* 74: 226–244.

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

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

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*e. 83:2295–2300.

Tafaj, M.Q., Zebeli, C.h., Bash Steingass, and Drochner, W. (2007). A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology*. 138: 137–161.

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 Science*. 87: 3912-3924.

Weatherburn, W. (1967). Phenol-Hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry*. 39: 971-974.

Yang, W. Z. and Beauchemin, K.A. (2006a). Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. *Journal of Dairy Science*. 89: 2694–2704.

Yang, W.Z. and Beauchemin, K.A. (2006b). Effects of Physically Effective Fiber on Chewing Activity and Ruminal pH of Dairy Cows Fed Diets Based on Barley Silage. *Journal of Dairy Science.* 89: 217–228.

Yang, W.Z., Beauchemin, K.A. and Rode, L.A. (2001). Effects of grain processing, forage to concentrate ration, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 84: 2203–2216.

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 Science*. 95: 1041–1056.