



تأثیر شکل فیزیکی خوراک و اندازه ذرات علوفه بر گوارش پذیری، تولید شیر و رفتار تغذیه‌ای گاوهای شیرده هلشتاین

سیروس فراستی^۱، فردین هژبری^{۲*}، محمد مهدی معینی^۲ و حسن فضائی^۳

^۱دانش‌آموخته دکتری و ^۲دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی

^۳استاد مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: علی‌رغم مزیت‌های جیره کاملاً مخلوط نسبت به جیره سنتی، مشکل حجیم بودن جیره هنوز حل نشده است. جابجایی، ذخیره و حمل و نقل بقایای زراعی خشبی با وزن حجمی پایین نیز از مشکلات عمده در استفاده از آنها در تغذیه دام به خصوص ارسال آن به مناطق دور محسوب می‌شود. یکی از راه‌های پیشنهادی برای غلبه بر این مشکلات، فشرده نمودن در قالب بلوک خوراک کامل با چگالی بالا می‌باشد. بلوک خوراکی کامل با توجه به خصوصیات متمایز خود می‌تواند بر تولید شیر و رفتار تغذیه‌ای گاوهای شیرده موثر بوده و رفتار خوردن دام را تغییر دهد. تغییر اندازه قطعات علوفه موجود در بلوک خوراک کامل نیز ممکن است موجب ایجاد پاسخ‌های عملکردی -گوارشی متفاوتی در حیوان شود.

مواد و روش‌ها: هشت راس گاو شیرده هلشتاین (۱۰۶±۲۵/۵ روزهای شیردهی؛ میانگین تولید شیر ۲۳/۱۸±۳/۳۰ کیلوگرم؛ میانگین وزن بدن ۴۹۲/۱۶±۳۸/۱۵ کیلوگرم) به صورت تصادفی در جایگاه‌های انفرادی و در قالب یک طرح مربع لاتین ۴×۴ چرخشی قرار گرفتند. چهار جیره آزمایشی شامل بلوک‌های حاوی علوفه با میانگین هندسی قطعات ۴/۱۵ میلی‌متر (بلوک بلند) و ۲/۶۸ میلی‌متر (بلوک کوتاه)، خوراک‌های مش حاوی علوفه با میانگین هندسی قطعات ۴/۱۵ میلی‌متر (مش بلند) و ۲/۶۸ میلی‌متر (مش کوتاه) بودند. تأثیر دو شکل فیزیکی خوراک شامل خوراک کاملاً مخلوط به شکل بلوک و مش و نیز اندازه ذرات کوتاه یا بلند بر رفتار تغذیه‌ای، گوارش‌پذیری خوراک و تولید شیر گاوهای شیرده هلشتاین بررسی شد.

یافته‌ها: مقدار مصرف ماده خشک و ماده آلی در گاوهای تعلیف شده با بلوک کوتاه بیش‌تر از گروه با مش کوتاه بود ($P < 0/05$)، اما تفاوت میزان مصرف ماده خشک این دو گروه با گروه‌های دریافت‌کننده بلوک یا مش بلند معنی‌دار نبود. کاهش اندازه قطعات علوفه موجب افزایش گوارش‌پذیری خوراک شد هرچند، فشرده‌سازی خوراک تأثیر معنی‌داری بر این فراسنجه نداشت. میزان تولید روزانه شیر خام در گروه تغذیه شده با بلوک کوتاه، حدود دو درصد بیش‌تر از سایر گروه‌ها بود ($P < 0/05$)، اما اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها از لحاظ شیر تصحیح شده بر اساس چهار درصد چربی و یا شیر تصحیح شده برای انرژی وجود نداشت. استفاده از بلوک موجب کاهش ۲/۲۱ درصدی در مقدار چربی شیر تولیدی شد ($P = 0/006$). بلوک موجب افزایش مدت زمان خوردن و اندازه وعده غذایی به ترتیب به مقدار ۱۸/۴۲ و ۲۱/۲۱ درصد، ۱۶/۴۱ درصد کاهش در تعداد وعده‌های غذایی و افزایش نرخ خوردن به اندازه ۱۰/۷۹ درصد شد ($P < 0/05$). افزایش اندازه قطعات علوفه موجب افزایش زمان صرف‌شده برای

*نویسنده مسئول: hozhabri@razi.ac.ir

مصرف خوراک در هر وعده غذایی و کاهش نرخ خوردن به ترتیب به میزان ۲۵/۵۵ و ۲۰/۰۰ درصد شد ($P < 0/05$)، اما تاثیری بر تعداد و اندازه وعده‌های غذایی نداشت. فشردگی جیره کامل تاثیری بر زمان‌های صرف‌شده برای خوردن، نشخوار و کل زمان جویدن نداشت، اما افزایش اندازه قطعات علوفه موجب افزایش این فراسنجه‌ها شد ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از بلوک خوراک کامل در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین به جای خوراک مش تفاوت قابل توجهی از لحاظ گوارش‌پذیری خوراک نداشت. هرچند تولید شیر تا حدودی افزایش و مقدار چربی شیر کاهش یافت. بلوک خوراک کامل سبب کاهش تعداد وعده‌های غذایی، افزایش مقدار خوراک مصرف شده در هر وعده غذایی و افزایش نرخ مصرف خوراک شد.

واژه‌های کلیدی: اندازه قطعات علوفه، رفتار تغذیه‌ای، شکل فیزیکی خوراک، گاو هلشتاین، گوارش‌پذیری

مقدمه

اندازه ذرات و چگالی دو ویژگی فیزیکی مواد خوراکی هستند که می‌توانند استفاده از مواد مغذی، تخمیر شکمبه‌ای و تولید حیوان را جدا از مقدار و ترکیب الیاف نامحلول در شوینده خنثی تحت تاثیر قرار دهند. بنابراین هنگام مطالعه تاثیر ویژگی‌های فیزیکی خوراک‌ها بر پاسخ‌های گوارشی - عملکردی حیوان بهتر است هر دو خصوصیات اندازه ذرات و چگالی خوراک‌ها و نیز اثر متقابل آنها با هم در نظر گرفته شوند. تنظیم جیره گاوهای شیرده با آگاهی از رفتارهای مصرف خوراک، نشخوار و فعالیت جویدن دام و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خوراک می‌تواند جهت افزایش بهره‌وری حیوان مورد استفاده قرارگیرد (۱۳). این پژوهش نیز به نحوی طراحی شد تا با استفاده از بازیابی تصاویر ثبت شده توسط دوربین‌های مدار بسته تاثیر تیمارهای آزمایشی بر رفتار تغذیه‌ای گاوهای شیرده مورد مطالعه قرارگیرد. هدف از انجام این آزمایش تعیین پاسخ‌های عملکردی گاوهای شیرده تغذیه شده با بلوک خوراک کامل و جیره معمول به صورت مش با اندازه قطعات متفاوت بود. همچنین تاثیر این تیمارها بر الگوی مصرف خوراک و رفتار جویدن گاوهای شیرده بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، در ایستگاه ملی تحقیقات گاو و منظوره گاودشت مازنداران انجام شد. به این منظور

خوراک‌های کاملاً مخلوط معمولی نسبت به روش سنتی تغذیه دام (تغذیه علوفه و کنسانتره به طور جداگانه) مزیت‌های زیادی دارند، اما به نظر می‌رسد هنوز مشکل حجیم بودن جیره مورد توجه است. از طرفی جابجایی، ذخیره و نقل و انتقال بقایای زراعی و مواد خشبی با وزن حجمی پایین (۶۵-۷۰ کیلوگرم بر متر مکعب) از مشکلات عمده در استفاده از آنها در تغذیه دام محسوب می‌شود. فشردگی نمودن این دسته از مواد خوراکی حجیم در غالب بلوک خوراک کامل با چگالی بالا (۳۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) می‌تواند گزینه مناسبی برای غلبه بر این مشکلات باشد. از آنجایی که فن‌آوری بلوک خوراک کامل فراهم‌کننده مواد مغذی ضروری دام به شکل متعادل می‌باشد، بنابر این با ایجاد یک محیط مطلوب در شکمبه به منظور تخمیر محتوای فیبری بقایای زراعی جیره، دارای مزیت استفاده صحیح از بقایای زراعی است (۱۵). گزارش شده است که بلوک خوراک کامل بر پایه مواد خشبی به مراتب ارزان‌تر است و تغذیه آنها توسط دام تاثیر منفی روی مصرف خوراک و گوارش‌پذیری مواد مغذی ندارد. در بلوک خوراک کامل می‌توان از محصولات فرعی متعدد بهره برد و یا به نسبت‌های مختلف از ضایعات کشاورزی در یک جیره کاملاً متوازن استفاده کرد (۱۱).

توزیع پراکندگی اندازه قطعات جیره و باقی مانده خوراک با استفاده از ال‌های جدید دانشگاه پنسیلوانیا با اندازه منافذ ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی‌متر همراه با یک الک اضافه با قطر منافذ ۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (۲). مقدار الیاف مؤثر فیزیکی به روش کنونوف و همکاران (۲۰۰۲) طبق فرمول زیر اندازه‌گیری شد (۱۹).

معادله ۱:

$$\text{peNDF} (\%) = (\text{DM}\% > 19^{\text{mm}} \times \text{NDF}\% > 19^{\text{mm}}) + (\text{DM}\% > 8^{\text{mm}} \times \text{NDF}\% > 8^{\text{mm}}) + (\text{DM}\% > 1.18^{\text{mm}} \times \text{NDF}\% > 1.18^{\text{mm}})$$

همچنین مقدار الیاف مؤثر فیزیکی به روش لامرز و همکاران (۱۹۹۶) طبق فرمول زیر محاسبه شد (۲۲):

معادله ۲:

$$\text{peNDF} (\%) = (\text{DM}\% > 19^{\text{mm}} \times \text{NDF}\% > 19^{\text{mm}}) + (\text{DM}\% > 8^{\text{mm}} \times \text{NDF}\% > 8^{\text{mm}})$$

مقدار الیاف مؤثر فیزیکی به روش مرتنز (۱۹۹۷) نیز طبق فرمول زیر اندازه‌گیری شد (۲۳):

معادله ۳:

$$\text{peNDF} (\%) = \text{total NDF} \times \text{NDF}\% > 1/18^{\text{mm}}$$

میانگین هندسی اندازه قطعات با استفاده از معادله پیشنهادی زیر تعیین گردید (۲):

$$X_{gm} = \text{Log}^{-1} \left[\frac{\sum (M_i \text{Log} \bar{X}_i)}{\sum M_i} \right] \quad \text{معادله ۴:}$$

معادله ۵:

$$S_{gm} = \text{Log}^{-1} \left[\frac{\sum M_i (\text{Log} \bar{X}_i - \text{Log} X_{gm})^2}{\sum M_i} \right]^{1/2}$$

معادله ۶:

$$\text{ذرات} = \text{میانگین هندسی} [X_i \times X_{i-1}]^{1/2}$$

که در این معادلات X ، قطر منافذ الک i ام؛ X_{gm} ، میانگین هندسی اندازه قطعات؛ \bar{X}_i ، میانگین هندسی طول قطعات روی i امین الک؛ M_i ، توده روی i امین الک (مقدار واقعی بعد از الک‌کردن) و S_{gm} ، انحراف معیار می‌باشد.

تعداد هشت راس گاو شیرده هلشتاین در اواسط دوره شیردهی (تعداد روزهای شیردهی برابر $106 \pm 25/5$ روز) و میانگین تولید شیر $23/18 \pm 3/30$ کیلوگرم، میانگین وزن بدن $492/16 \pm 38/15$ کیلوگرم و سه بار دوشش در روز انتخاب و به صورت تصادفی در هشت جایگاه انفرادی نگهداری شدند. ابعاد هر جایگاه انفرادی چهار متر در سه متر بود که به شکل مسقف و دارای آخورهای جدا و آبشخور مشترک بین دو گاو بود. بستر دام‌ها از کاه و کلش تشکیل شده بود که به صورت روزانه بخش‌های آلوده به ادرار و مدفوع تعویض شدند.

مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و خصوصیات فیزیکی جیره‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱. بلوک خوراک کامل با اندازه قطعات علوفه بلند (میانگین هندسی ۴/۱۵ میلی‌متر)، ۲. بلوک خوراک کامل با اندازه قطعات علوفه کوتاه (میانگین هندسی ۲/۶۸ میلی‌متر)، ۳. خوراک کاملاً مخلوط به شکل مش با اندازه قطعات علوفه بلند، ۴. خوراک کاملاً مخلوط به شکل مش با اندازه قطعات علوفه کوتاه، بود. جیره گاوهای تحت آزمایش بر اساس جداول احتیاجات غذایی گاوهای شیرده انجمن تحقیقات ملی (۲۷) تنظیم شد. خوراکی‌ها از لحاظ انرژی خالص شیردهی، الیاف نامحلول در شوینده خشی، پروتئین قابل تجزیه در شکمبه، پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و پروتئین خام یکسان بودند. جهت تشخیص دقیق‌تر اثر تیمارها، همه نیازهای گاوها فقط از طریق بلوک خوراکی یا خوراک کاملاً مخلوط به شکل مش تامین شد و مقادیر سیلاژ ذرت مصرفی به تدریج از جیره غذایی این گاوها حذف شد. لذا در زمان جداسازی گاوها ابتدا یک دوره عادت‌دهی به مدت ۱۰ روز جهت حذف سیلاژ ذرت از جیره و جایگزینی خوراک جدید، در نظر گرفته شد.

جدول ۱: مواد خوراکی تشکیل دهنده، ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی جیره‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Feed ingredients, chemical composition and physical characteristics of diets used

جیره با یونجه و کاه بلند ^۱	جیره با یونجه و کاه کوتاه	Parameter	فراسنجه
Ration with long alfalfa and straw	Ration with short alfalfa and straw		
خوراک (درصد بر اساس ماده خشک) Diet (%DM)			
29	29	Alfalfa hay	یونجه خشک
16	16	Wheat straw	کاه گندم
10	10	Beet molasses	ملاس چغندر
13.5	13.5	Barley	جو
6.75	6.75	Corn	ذرت
13.95	13.95	Wheat bran	سبوس گندم
5.4	5.4	Soybean meal	کنجاله سویا
2.25	2.25	Cottonseed meal	کنجاله پنبه دانه
1.35	1.35	Canola meal	کنجاله کلزا
0.09	0.09	Urea	اوره
0.45	0.45	Vit-Min Supplement	مکمل معدنی - ویتامینه
0.23	0.23	Magnesium oxide	اکسید منیزیم
0.45	0.45	Sodium bicarbonate	بی کربنات سدیم
0.13	0.13	Salt	نمک
0.45	0.45	Calcium carbonate	کربنات کلسیم
ترکیب شیمیایی جیره‌ها (درصد از ماده خشک) Chemical composition (%DM)			
86.78	86.74	Dry matter	ماده خشک
16.12	15.73	Crude protein	پروتئین خام
92.19	92.21	Organic matter	ماده آلی
33.19	33.06	NDF	الیاف نامحلول در شوینده خشتی
15.25	15.81	ADF	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
1.68	1.68	ME	انرژی خالص شیردهی ^۲
ذرات باقی مانده بر روی الک‌ها، (درصد ماده خشک) Particles remained on sieves (DM)			
10.88	20.55	19 mm	۱۹ میلی‌متر
12.37	26.73	8 mm	۸ میلی‌متر
25.55	21.18	4 mm	۴ میلی‌متر
15.21	31.54	Bottom array	صفحه زیرین
0.49	0.68	Physical effectiveness coefficient ^۳	ضریب مؤثر بودن فیزیکی
16.27 ^b	22.49 ^a	Physically effective fiber (%)	الیاف مؤثر فیزیکی ^۴ (درصد)
2.68 ^b	4.15 ^a	Geometric mean of particle size, mm	میانگین هندسی اندازه ذرات ^۵ ، میلی‌متر
0.76	0.94	Standard deviation	انحراف معیار

a,b حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف آزمایشی است (P<0.05)

۱، شامل نسبت ۳ به ۲ یونجه خشک به کاه گندم؛ ۲، مگا کالری در کیلوگرم؛ ۳، ضریب مؤثر بودن فیزیکی با نسبت ماده خشک ذرات باقی مانده روی سه الک بالای (Pef>۴) و چهار الک بالای (Pef>۱/۱۸) غربال پنسیلوانیا تعیین شد.

۴، میزان الیاف مؤثر فیزیکی سه الک بالای (Pef>۴) و چهار الک بالای (Pef>۱/۱۸) با ضرب الیاف نامحلول در شوینده خشتی خوراک‌ها در Pef>۴ محاسبه شد.

۵، بر اساس روش توصیه شده توسط استاندارد جامعه مهندسی کشاورزی آمریکا (روش ۱، ۴۲۴) محاسبه شد $(X_{gmm} = \text{Log}^{-1} \frac{\sum (M_i \text{Log} X_i)}{\sum M_i})$

طول هر وعده غذایی از تقسیم زمان خوردن بر تعداد وعده‌های غذایی محاسبه شد. نرخ خوردن از تقسیم ماده خشک مصرفی بر مدت زمان خوردن و اندازه وعده غذایی از تقسیم ماده خشک مصرفی بر تعداد وعده‌های غذایی به دست آمد. فعالیت جویدن بر حسب دقیقه و دقیقه به ازای ماده‌خشک مصرفی محاسبه شد.

آزمایش در چهار دوره ۲۱ روزه شامل ۱۴ روز عادت‌پذیری و هفت روز رکوردبرداری در قالب طرح مربع لاتین 4×4 چرخشی انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ویرایش ۱۹ (۳۲) تجزیه شد. داده‌های مربوط به گوارش‌پذیری و توان تولیدی به صورت طرح داده‌های تکرار شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مدل آماری این داده‌ها $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + E_{ijk}$ بود. در این معادله Y_{ijk} مقدار هر مشاهده؛ μ میانگین مشاهدات؛ A_i اثر نوع نام شکل فیزیکی خوراک؛ B_j اثر مقدار نام اندازه ذرات علوفه (فیبر موثر فیزیکی)؛ C_k اثر دوره نام؛ AB_{ij} اثر متقابل نوع نام شکل فیزیکی خوراک و مقدار نام اندازه ذرات علوفه؛ AC_{ik} اثر متقابل نوع نام شکل فیزیکی خوراک در دوره نام؛ BC_{jk} اثر متقابل مقدار نام اندازه ذرات علوفه در دوره نام و E_{ijk} اشتباه آزمایش بود. داده‌های مربوط به الگوی خوردن و رفتار جویدن با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ویرایش ۲۱ تجزیه شد. اثر شکم زایش به عنوان اثر مربع و اثرات دوره و تیمار به عنوان اثرات ثابت و اثر گاو داخل مربع به عنوان اثر تصادفی در نظر گرفته شد. مدل آماری طرح عبارت بود از: $Y_{ijk(m)} = \mu + \tau_m + \beta_{(\tau)im} + \rho_{(\tau)jm} + \alpha_{(k)} + \varepsilon_{ij(k)m}$. در این معادله $Y_{ijk(m)}$ متغییر وابسته؛ μ میانگین جامعه؛ $\beta_{(\tau)im}$ اثر گاو داخل مربع؛ $\rho_{(\tau)jm}$ اثر تصادفی دوره داخل مربع؛ $\alpha_{(k)}$ اثر ثابت تیمار و عوامل باقی‌مانده است. اثرات عوامل مذکور در مدل در سطح احتمال کم‌تر یا مساوی ۰/۰۵ معنی‌دار و تمایل به

نمونه‌ها در هر وعده به نسبت تولید شیر با هم مخلوط و از دستگاه میکرواسکن برای اندازه‌گیری ترکیبات شیر نظیر درصد چربی، پروتئین، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد شیر استفاده شد. ارزیابی رفتار تغذیه‌ای گاوها توسط دوربین‌های دیجیتال (720P HD IP Camera, SecuEasy, Korea) انجام شد (۱۳). متغیرهای مورد نظر شامل محاسبه و مقایسه زمان صرف‌شده برای جویدن و بلع خوراک و نیز زمان صرف‌شده برای نشخوارگاوها بود. اگر گاو در حالت ایستاده در کنار آخور مشغول خوردن جیره بود، آن به عنوان فعالیت خوردن در نظر گرفته شد و اگر در حالت استراحت و یا دور از آخور مشغول جویدن بود، به عنوان فعالیت نشخوار در نظر گرفته شد (۱۳). با توجه به این که در هر دوره اعمال تیمارها توسط هر دوربین دیجیتال از هر راس گاو ۴۸ ساعت رکورد ثبت شد، در مجموع چهار دوره اعمال تیمارها بر هر راس گاو تحت تیمار، ۱۹۲ ساعت رکورد ثبت گردید که با در نظر گرفتن هشت راس گاو تحت تیمار، پس از اتمام آزمایش، ۱۵۳۶ ساعت رکورد ثبت شده توسط دوربین‌های فیلم‌برداری، مورد بازنگری قرار گرفت و زمان فعالیت خوردن و نشخوار به مدت ۴۸ ساعت برای هر راس گاو تحت تیمار در هر دوره تعیین شد. کل فعالیت جویدن از مجموع زمان صرف‌شده برای خوردن و نشخوار اندازه‌گیری شد. فعالیت جویدن به صورت زمان خوردن، نشخوار و کل فعالیت جویدن که حاصل جمع زمان خوردن و نشخوار در طول ۴۸ ساعت بود، محاسبه شد. طول مدت زمان ترک محل جایگاه جهت انتقال به شیردوشی (۶ وعده در مدت ۴۸ ساعت) از هر دوره رکورد برداری کسر و در پایان، فواصل شیردوشی برای مدت زمان ۴۸ ساعت تصحیح شد (۲۰). تعداد وعده‌های غذایی با شمارش تعداد مراجعه حیوان به آخور و تعداد وعده‌های نشخوار با شمارش تعداد دفعات نشخوار مربوط به هر حیوان به دست آمد.

۳۳، ۳۸). اما گاوهای تعلیف شده با بلوک حاوی علوفه کوتاه در مقایسه با خوراک مش حاوی علوفه کوتاه، مقدار مصرف ماده خشک و ماده آلی بیش تری داشتند ($P < 0/05$). احتمالاً افزایش چگالی جیره غذایی حاوی علوفه کوتاه موجب کاهش اثر پُرکنندگی در شکمبه، افزایش نرخ عبور از شکمبه، تخلیه سریع تر شکمبه و در نتیجه افزایش مصرف ماده خشک شده است (۳۵).

فشرده سازی جیره به شکل بلوک و همچنین افزایش اندازه قطعات علوفه، مصرف الیاف مؤثر فیزیکی را افزایش و پروتئین خام را کاهش داد ($P < 0/05$). گاوهای تعلیف شده با بلوک حاوی علوفه بلند در مقایسه با خوراک مش حاوی علوفه بلند، ۱۳/۱۵ درصد مصرف الیاف مؤثر فیزیکی (سه و چهار الک بالایی) بیش تری داشتند اما ۳/۱۳ درصد مصرف پروتئین خام کم تری داشتند. این نتیجه احتمالاً ناشی از عدم رفتار انتخاب در مصرف خوراک در گاوهای تعلیف شده با بلوک در مقایسه با گاوهای تعلیف شده با خوراک مش می باشد (۱۳). در آزمایش علی جو و همکاران نیز (۲۰۰۶) مقدار مصرف ماده خشک و سایر مواد مغذی تحت تاثیر کاهش میانگین هندسی اندازه قطعات یونجه از ۴/۶۲ به ۲/۸۹ میلی متر قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که عوامل دیگری چون جرم حجمی ذرات، نرخ آب گیری و ظرفیت تبادل یونی مواد، علاوه بر اندازه ذرات بر عملکرد شکمبه در گاوهای شیرده مؤثر باشند (۱). اما بر خلاف نتایج مطالعه حاضر در خصوص عدم تاثیر اندازه ذرات جیره بر مصرف ماده خشک، برخی محققین نشان دادند که کاهش اندازه قطعات علوفه اثر معنی داری بر افزایش مصرف ماده خشک داشته است (۳۵). عدم تطابق نتایج آزمایش حاضر با این محققین، احتمالاً به علت تفاوت در توزیع اندازه ذرات جیره، میزان چگالی و شکل فیزیکی خوراک مورد استفاده در مطالعه حاضر باشد.

معنی داری در سطح احتمال ۰/۱۰-۰/۰۵ در نظر گرفته شد. در همه جدول ها دو ستون با عنوان درصد تغییرات وجود دارد که بیانگر نسبت اختلاف مقدار پاسخ گاوهای تحت تیمار به هر تیمار صرف نظر از اثر تیمار دیگر به صورت درصد می باشد. جهت محاسبه آن از فرمول های زیر استفاده گردید (۳۲):

$$VP (\%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

VP = درصد تغییرات فراسنجه مورد ارزیابی؛ A = مقدار فراسنجه در واحدهای آزمایشی تخت تیمار با A؛ B = مقدار فراسنجه در واحدهای آزمایشی تخت تیمار با B.

نتایج و بحث

مصرف خوراک و گوارش پذیری مواد مغذی. اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر فراسنجه های مربوط به مصرف ماده خشک و سایر مواد مغذی در این آزمایش معنی دار بود (جدول ۲). وجود اثر متقابل معنی دار به این معنی است که پاسخ گاوهای شیرده به مصرف ماده خشک و سایر مواد مغذی با ارائه دو شکل فیزیکی (بلوک یا مش) در قالب دو اندازه قطعات (بلند و کوتاه) مختلف متفاوت بوده است. تاثیر شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر میانگین مصرف الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف مؤثر فیزیکی سه الک بالایی، الیاف مؤثر فیزیکی چهار الک بالایی و پروتئین خام معنی دار بود ($P = 0/001$). کاهش میانگین هندسی اندازه قطعات از ۴/۱۵ میلی متر به ۲/۶۸ میلی متر تاثیر معنی داری بر مقدار مصرف ماده خشک نداشت. به طوری که درصد تغییرات ماده خشک مصرفی در خوراکی های کامل حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند نسبت به کوتاه بسیار ناچیز و حدود ۰/۰۳ درصد بود (جدول ۲). به طور مشابه، برخی از محققین نشان داده اند که تغییر اندازه ذرات جیره غذایی تاثیری بر ماده خشک مصرفی نداشته است (۷).

جدول ۲: مصرف ماده خشک، مواد مغذی و گوارش پذیری آن‌ها در گاوهای شیرده تحت تیمار (n=40)
Table 2. Dry matter and nutrients intake and their digestibility in lactating cows (n=40)

شکل فیزیکی x اندازه قطعات Physical form×Particle size	سطح احتمال معنی‌داری Probability		خطای Standard deviation		درصد تغییرات Variation percentage		خوراک کامل مش Complete feed mash		بلوک خوراک کامل Complete feed block		Parameter فراستجه
	شکل فیزیکی Physical form	اندازه قطعات Particle size	استاندارد Standard deviation	بلند نسبت به کوتاه Long toshort	بلوک نسبت به مش Block to mash	Short forage	Long forage	Short forage	Long forage		
										خطای	
0.05	0.92	0.22	0.12	0.03	0.42	17.90 ^b	18.03 ^{ab}	18.10 ^a	17.98 ^{ab}	DM	مصرف (کیلوگرم در روز)
0.01	0.84	0.34	0.11	0.06	0.36	16.48 ^b	16.65 ^a	16.70 ^a	16.55 ^{ab}	OM	ماده خشک
0.001	0.001	0.001	0.02	-2.41	-1.73	2.91 ^a	2.88 ^b	2.90 ^{ab}	2.79 ^c	CP	ماده آلی
0.03	0.02	0.81	0.03	4.20	0.54	2.68 ^c	2.90 ^a	2.80 ^b	2.81 ^b	ADF	پروتئین خام
0.001	0.001	0.001	0.06	-3.09	5.61	6.18 ^b	5.58 ^d	6.10 ^c	6.32 ^a	NDF	الیاف نا محلول در شوینده اسیدی
0.001	0.001	0.001	0.06	34.55	6.74	3.03 ^c	3.80 ^b	2.99 ^c	4.30 ^a	peNDF	الیاف نا محلول در شوینده خنثی
										Digestibility (%)	گوارش پذیری (درصد)
0.77	0.001	0.81	0.97	-5.10	0.28	73.50 ^a	69.50 ^b	73.45 ^a	69.95 ^b	DM	ماده خشک
0.70	0.001	0.87	0.94	-4.68	0.19	74.72 ^a	70.92 ^b	74.55 ^a	71.37 ^b	OM	ماده آلی
0.62	0.001	0.18	1.12	-5.79	-1.80	76.52 ^a	71.66 ^b	74.71 ^a	70.81 ^b	CP	پروتئین خام
0.02	0.001	0.05	1.64	-17.53	7.53	52.34 ^a	38.89 ^c	51.42 ^{ab}	46.68 ^b	NDF	الیاف نا محلول در شوینده خنثی
0.58	0.06	0.99	1.63	-13.52	-0.09	40.84 ^{ab}	36.78 ^{ab}	42.37 ^a	35.18 ^b	ADF	الیاف نا محلول در شوینده اسیدی

a,b,c میانیگین‌ها با حروف غیر مشابه در یک ردیف دارای اختلاف معنی‌دارند (P<0.05).

بزرگ‌تر از ۴ میلی‌متر (۱۹).

بر خلاف نتیجه مطالعه حاضر، برخی محققین گزارش کردند که کاهش قطعات یونجه در جیره موجب افزایش مصرف روزانه الیاف نامحلول در شوینده خنثی اما کاهش نسبت عامل موثر فیزیکی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی موثر فیزیکی در جیره‌های خورده شده شد. کاهش اندازه قطعات یونجه، وزن مخصوص جیره‌ها و ماده خشک مصرفی را افزایش داد، اما گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی را کاهش داد. میزان تولید شیر خام و شیر تصحیح شده برای چربی تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت (۳۵). با کاهش اندازه قطعات علوفه کل فعالیت جویدن، زمان صرف شده برای نشخوار، خوردن و چربی شیر کاهش یافت اما میزان پروتئین شیر افزایش یافت. بر خلاف نتایج مطالعه حاضر، گزارش شده است که گوارش‌پذیری ماده خشک با کاهش میانگین هندسی اندازه قطعات یونجه از ۴/۶۲ به ۲/۸۹ میلی‌متر به طور معنی‌داری کاهش یافت (۱).

تولید و ترکیب شیر. تاثیر اندازه قطعات علوفه و اثر متقابل بین اندازه قطعات علوفه و شکل فیزیکی خوراک بر مقدار تولید شیر (به ترتیب، $P=0/03$ و $P=0/03$)، پروتئین شیر (به ترتیب $P=0/001$ و $P=0/004$)، لاکتوز شیر (به ترتیب $P=0/008$ و $P=0/002$) و مواد جامد بدون چربی شیر (به ترتیب $P=0/002$ و $P=0/04$) معنی‌دار بود (جدول ۳)، اما تاثیر شکل فیزیکی خوراک بر این فراسنجه‌ها معنی‌دار نبود. تاثیر شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه و نیز اثر متقابل بین آنها بر میزان تولید شیر تصحیح شده بر اساس چهار درصد چربی، شیر تصحیح شده برای انرژی و کل مواد جامد شیر معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین سطوح مختلف تیمارها نشان داد میزان تولید روزانه شیر خام، پروتئین شیر، لاکتوز شیر، کل مواد جامد شیر و مواد جامد شیر بدون چربی در گاوهای شیرده تغذیه شده با بلوک

صرف نظر از شکل فیزیکی خوراک میزان مصرف الیاف موثر فیزیکی در گاوهای تعلیف شده با جیره حاوی علوفه بلند، بیش‌تر از گاوهای تعلیف شده با جیره حاوی علوفه کوتاه بود (جدول ۲). این نتیجه قابل انتظار بود، زیرا با توجه به روش اندازه‌گیری مقدار الیاف موثر فیزیکی، مقدار ماده خشک باقی‌مانده بر روی سه یا چهار الک بالایی در جیره حاوی علوفه بلند در مقایسه با جیره حاوی علوفه کوتاه بیش‌تر بود، در نتیجه در شرایطی که میزان ماده خشک مصرفی در گاوهای تعلیف شده با جیره حاوی علوفه بلند تفاوت معنی‌داری با میزان ماده خشک مصرفی در گاوهای تعلیف شده با جیره حاوی علوفه نداشت، به دلیل این که میزان الیاف موثر فیزیکی این جیره‌ها بالاتر بود، مقدار الیاف موثر فیزیکی مصرف شده در این جیره‌ها بیش‌تر بود.

صرف نظر از شکل فیزیکی خوراک (بلوک یا مش)، به طور کلی خردکردن قطعات علوفه، موجب افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک و سایر مواد مغذی آن شد، اما تاثیر شکل فیزیکی خوراک و همچنین اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه فقط بر گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی معنی‌دار بود (به ترتیب، $P=0/05$ و $P=0/02$). فشرده‌سازی جیره، گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی را ۷/۵۳ درصد و خردکردن علوفه یونجه و کاه گندم، گوارش‌پذیری این فراسنجه را ۱۷/۵۳ درصد افزایش داد. بالاتر بودن گوارش-پذیری ماده خشک و سایر مواد مغذی در جیره‌های کامل حاوی علوفه کوتاه در مقایسه با جیره‌های کامل حاوی علوفه بلند ممکن است ناشی از افزایش سطح بیرونی قابل دسترس برای حمله میکروبی‌های شکمبه باشد که در نهایت موجب افزایش میزان تخمیر شکمبه و افزایش مصرف شد (۲۳).

کوتاه مشابه بود. افزایش مقدار تولید شیر خام، پروتئین شیر و کل مواد جامد بدون چربی شیر در گاوهای تغذیه شده با بلوک حاوی علوفه با میانگین هندسی ۲/۶۸ میلی متر، ممکن است به دلیل مصرف ماده خشک بیشتر، گوارش پذیری نسبتاً خوب بلوک-های حاوی علوفه کوتاه در شکمبه و به دنبال آنها افزایش احتمالی غلظت پروپیونات و نسبت پروپیونات به استات در شکمبه این گروه از دامها - باشد (۸). بنابراین افزایش تولید شیر خام تحت تاثیر فشرده سازی جیره حاوی علوفه با اندازه ۲/۶۸ میلی متر را می توان به بیش تر بودن انرژی و پروتئین متابولیسمی در این جیره در مقایسه با سایر جیره های آزمایشی نسبت داد.

فشرده سازی جیره حاوی علوفه کوتاه مقدار تولید چربی شیر را کاهش، اما مقدار پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد شیر بدون چربی را افزایش داد ($P < 0/05$). تاثیر اندازه قطعات علوفه بر مقدار تولید روزانه چربی شیر و درصد چربی در شیر تولیدی، نشان دهنده میزان بیش تر چربی در شیر گاوهای تغذیه شده با علوفه بلند، علی رغم تولید کم تر شیر بود. بیوچمن و همکاران (۱۹۹۷) به این نتیجه رسیدند که اثر اندازه قطعات علوفه بر تولید چربی شیر احتمالاً هنگامی که مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی جیره از حداقل نیاز توصیه شده توسط انجمن تحقیقات ملی (۲۷) یعنی ۲۵۰ گرم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در کل جیره و ۱۹۰ گرم الیاف نامحلول در شوینده خنثی حاصل از علوفه در کیلوگرم کم تر باشد، موثر است (۶). در آزمایش حاضر مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره های مورد استفاده با هم مساوی و به میزان ۳۳/۱۰ گرم در کیلوگرم جیره اندازه گیری شد که بالاتر از حداقل میزان توصیه شده توسط کمیته ملی تحقیقات بود.

حاوی علوفه کوتاه بیش تر از سایر گروهها بود ($P < 0/05$). با وجود این که تاثیر شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه و نیز اثر متقابل بین آنها بر درصد چربی شیر معنی دار بود، فقط تاثیر شکل فیزیکی خوراک بر مقدار تولید روزانه چربی شیر معنی دار بود ($P = 0/06$) و تاثیر اندازه قطعات علوفه و نیز اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر مقدار تولید روزانه چربی شیر معنی دار نبود. استفاده از بلوک موجب کاهش ۲/۲۱ درصدی تولید روزانه چربی شیر شد.

تاثیر اندازه قطعات علوفه بر میزان درصد پروتئین شیر و مواد جامد شیر بدون چربی معنی دار بود (به ترتیب، $P = 0/04$ و $P = 0/03$) اما تاثیر شکل فیزیکی خوراک و نیز اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر این فراسنجهها معنی دار نبود. روند تغییرات در سطوح مختلف تیمارها در این دو فراسنجه مشابه بود. گاوهای شیرده تعریف شده با خوراک مش حاوی علوفه کوتاه بیش ترین درصد پروتئین و مواد جامد بدون چربی شیر را داشتند ($P < 0/05$). تاثیر شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه و نیز اثر متقابل بین این دو متغیر بر درصد لاکتوز و کل مواد جامد شیر معنی دار نبود. میانگین درصد لاکتوز و کل مواد جامد شیر تولید شده در گاوهای تحت تیمار اختلاف معنی داری باهم نداشتند. تاثیر شکل فیزیکی خوراک، اندازه قطعات علوفه و اثر متقابل بین آنها بر بازده خوراک مصرفی بر مبنای شیر خام تولیدی بر ماده خشک مصرفی، شیر تصحیح شده بر اساس چهار درصد چربی بر ماده خشک مصرفی و یا شیر تصحیح شده برای انرژی بر ماده خشک مصرفی، معنی دار نبود و میانگین بازده خوراک مصرفی محاسبه شده بر اساس هر سه فرمول، در گروه های مختلف گاوهای شیرده تغذیه شده با بلوک یا خوراک مش با اندازه قطعات علوفه بلند یا

جدول ۳: تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های کاملاً مخلوط به شکل مش یا بلوک محتوی اندازہ ذرات مختلف علوفه (n=40)
Table 3. Milk yield and composition of lactating cows fed on TMR in the form of mash or block including different particle size of hay (n=40)

شکل فیزیکی Physical form	اندازہ قطعات Particle size	خطای		درصد تغییرات		خوراک کامل مش		خوراک کامل		Parameter
		شکل فیزیکی Physical form	استاندارد Standard deviation	بلوک نسبت به بلند نسبت Block to mash	بلوک نسبت به کوتاه Block to toshort	علوفه کوتاه Short forage	علوفه بلند Long forage	علوفه کوتاه Short forage	علوفه بلند Long forage	
0.037	0.034	0.227	0.261	-1.286	0.736	23.11 ^b	23.10 ^b	23.57 ^a	22.98 ^b	شیر خام Raw milk
0.425	0.907	0.178	0.216	0.077	-0.905	20.71	20.84	20.63	20.54	شیر تصحیح شده (۴٪ چربی) Corrected milk (4%fat)
0.232	0.527	0.278	0.219	-0.402	-0.691	22.38	22.46	22.39	22.13	شیر تصحیح شده (برای انرژی) Corrected milk (for Energy)
0.954	0.137	0.006	0.008	1.191	-2.212	0.764 ^a	0.773 ^a	0.747 ^b	0.756 ^{ab}	چربی Fat
0.004	0.001	0.662	0.006	-2.186	0.214	0.702 ^b	0.699 ^{bc}	0.716 ^a	0.688 ^c	پروتئین Protein
0.082	0.004	0.521	0.015	-1.689	0.375	1.205 ^{ab}	1.197 ^b	1.222 ^a	1.189 ^b	لاکتوز Lactose
0.117	0.072	0.111	0.030	-1.162	1.033	2.810 ^b	2.806 ^b	2.868 ^a	2.806 ^b	کل مواد جامد Total Solids
0.043	0.002	0.466	0.022	-1.867	0.417	2.046 ^b	2.032 ^b	2.079 ^a	2.016 ^b	مواد جامد بدون چربی Solid Non Fat
0.011	0.001	0.001	0.018	2.397	-2.903	3.328 ^a	3.355 ^a	3.180 ^b	3.309 ^a	ترکیب شیر (%) Milk Composition (%)
0.445	0.039	0.27	0.016	-0.899	-0.475	3.062 ^a	3.045 ^{ab}	3.058 ^{ab}	3.020 ^b	چربی Fat
0.054	0.407	0.947	0.015	-0.125	0.01	5.19	5.17	5.17	5.183	پروتئین Protein
0.633	0.896	0.349	0.032	0.045	0.33	12.18	12.17	12.20	12.225	لاکتوز Lactose
0.671	0.025	0.379	0.022	-0.379	-0.153	8.851 ^a	8.811 ^{ab}	8.831 ^{ab}	8.804 ^b	کل مواد جامد Total Solids
0.439	0.074	0.422	0.011	-1.198	0.507	1.278	1.278	1.300	1.278	مواد جامد بدون چربی Solid Non Fat
0.687	0.926	0.090	0.009	0.438	-0.870	1.147	1.153	1.138	1.142	بازده خوراک Feed efficiency
0.952	0.611	0.153	0.009	-0.322	-0.884	1.248	1.243	1.236	1.232	شیر خام بر ماده خشک مصرفی Raw milk per DMI
										شیر تصحیح شده (۴٪ چربی) بر ماده خشک مصرفی Corrected milk (4%fat) per DMI
										شیر تصحیح شده (برای انرژی) بر ماده خشک مصرفی Corrected milk (for Energy) per DMI

a,b,c میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در یک ردیف دارای اختلاف معنی دارند (P<0.05).

علوفه-کنسانتره به شکل بلوک خوراک کامل، طول هر وعده غذایی را ۱۸/۴۲ درصد افزایش داد (جدول ۴). تاثیر اندازه قطعات علوفه بر نرخ خوردن (کیلوگرم ماده خشک بر دقیقه) معنی دار بود ($P=0/001$) اما تاثیر شکل فیزیکی خوراک بر این فراسنجه معنی دار نبود ($P=0/73$). کاهش اندازه قطعات علوفه موجب افزایش نرخ خوردن خوراک در گاوهای شیرده تحت مطالعه به میزان ۲۰ درصد شد.

تاثیر اندازه قطعات علوفه و اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر تعداد وعده‌های نشخوار در هر روز، تمایل به معنی دار شدن داشت ($P=0/06$). بلوک خوراکیحاوی علوفه با اندازه قطعات بلند، تعداد وعده‌های نشخوار در هر روز را افزایش داد ($P<0/05$). تاثیر متغیرهای مورد مطالعه بر طول هر وعده نشخوار و فاصله زمانی بین پایان مصرف خوراک و شروع نشخوار معنی دار نبود، هر چند بلوک، تمایل به کاهش فاصله زمانی بین پایان مصرف خوراک و شروع نشخوار داشت ($P=0/07$ ، جدول ۴). نرخ مصرف خوراک در آخور از طریق اندازه‌گیری مقادیر خوراک باقی‌مانده در آخور از ابتدای هر وعده غذایی تا انتهای آن در فواصل زمانی نیم ساعت نیز بدست آمد. اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر نرخ مصرف خوراک در فواصل زمانی نیم ساعت ابتدا تا انتهای دوره و نیز کل وعده غذایی، معنی دار نبود (جدول ۵). اما در نیم ساعت اول مصرف خوراک، تاثیر اندازه قطعات علوفه بر نرخ مصرف خوراک معنی دار بود ($P=0/005$) در حالی که تاثیر شکل فیزیکی خوراک در این مدت معنی دار نبود ($P=0/16$). لذا در نیم ساعت اول، نرخ مصرف خوراک در بلوک یا خوراک مش حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند، ۹/۳۲ درصد کم‌تر از بلوک یا خوراک مش حاوی علوفه با اندازه قطعات کوتاهی است.

بنابراین، عدم پاسخ چربی شیر به تغییر اندازه قطعات علوفه ممکن است به این دلیل باشد که جیره‌ها بر اساس توصیه‌های انجمن تحقیقات ملی تنظیم شده‌اند و این توصیه‌ها قادر بوده که در عمل احتیاجات این گاوها را در هر دو نوع جیره مش با اندازه قطعات کوتاه و بلند به فیبر موثر تامین نماید. از طرف دیگر کاهش مقدار و درصد چربی شیر در گاوهای تعلیف شده با بلوک حاوی علوفه کوتاه ممکن است به دلیل کم‌تر بودن فعالیت جویدن در این گروه از گاوها در مقایسه با سایر گروه‌ها باشد. گاوهایی که با بلوک حاوی علوفه کوتاه تغذیه شدند، به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی کم‌ترین زمان را صرف خوردن، نشخوار و کل زمان جویدن نمودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل افزایش چگالی (تراکم) جیره، فعالیت جویدن و نشخوار کاهش یافت که این امر موجب کاهش ترشح بزاق و به نوبه خود کاهش pH شکمبه و کاهش تولید چربی شیر شد (۲۳).

الگوی مصرف خوراک و نشخوار: اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر فراسنجه‌های الگوی مصرف خوراک و نشخوار معنی دار نبود (جدول ۴). تاثیر شکل فیزیکی خوراک بر تعداد وعده‌های غذایی در هر روز و اندازه هر وعده غذایی (کیلوگرم ماده خشک) معنی دار بود ($P=0/01$)، اما اثر اندازه قطعات علوفه بر این فراسنجه‌ها معنی دار نبود. گاوهای تغذیه شده با بلوک خوراک کامل، ۱۶/۴۱ درصد تعداد وعده‌های غذایی کم‌تر و ۲۱/۲۱ درصد اندازه وعده غذایی (کیلوگرم ماده خشک) بیش‌تری نسبت به گاوهای تغذیه شده با خوراک کامل مش داشتند ($P=0/01$). تاثیر شکل فیزیکی خوراک و نیز اندازه قطعات علوفه بر طول هر وعده غذایی معنی دار بود (به ترتیب، $P=0/01$ و $P=0/001$). افزایش اندازه قطعات علوفه، طول هر وعده غذایی را ۲۵/۵۵ درصد و فشردگی ترکیب

جدول ۴. اثر شکل فیزیکی و اندازه قطعات علوفه بر الگوی مصرف خوراک و نشخوار
Table 4. The effect of physical form and particle size on feed intake and rumination

شکل فیزیکی × اندازه قطعات Physical form × Particle size	سطح احتمال معنی داری Probability	خطای استاندارد Standard deviation	درصد تغییرات		خوراک کامل مش		بلوک خوراک کامل		فراسنجه Parameter
			بلند نسبت به کوتاه Long toshort	بلوک نسبت به مش Block to mesh	خوراک کامل بلند Long forage	خوراک کامل کوتاه Short forage	بلوک بلند Long forage	بلوک کوتاه Short forage	
0.68	0.68	0.49	-2.52	-16.41	16.00 ^a	16.00 ^a	16.00 ^a	13.75 ^{ab}	تعداد وعده‌های غذایی در روز Number of meal per day
0.39	0.00	0.59	25.55	18.42	14.41 ^b	11.86 ^c	13.58 ^{bc}	17.35 ^a	طول وعده غذایی، دقیقه در روز Duration of meal, min/day
0.95	0.00	0.00	-20.00	0.00	0.08 ^b	0.10 ^a	0.10 ^a	0.08 ^b	نرخ خوردن، کیلوگرم ماده خشک بر دقیقه Eating rate, Kg DM/min
0.74	0.67	0.05	2.78	21.21	1.16 ^b	1.15 ^b	1.37 ^{ab}	1.43 ^a	اندازه وعده غذایی، کیلوگرم ماده خشک Meal size, Kg DM نشخوار Rumination
0.06	0.06	0.51	8.28	4.38	20.00 ^b	20.00 ^b	19.25 ^b	22.50 ^a	تعداد وعده‌های نشخوار در روز Number of rumination per day
0.98	0.24	1.11	10.92	0.53	26.01	23.50	23.57	26.20	طول هر وعده نشخوار، دقیقه در روز Duration of rumination, min/day
0.33	0.86	4.35	1.68	-16.34	89.94	81.29	74.62	68.59	فاصله مصرف خوراک و نشخوار، دقیقه Intake – rumination interval, min

a,b,c میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در یک ردیف دارای اختلاف معنی دارند (P<0.05).

جدول ۵. اثر شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر میانگین نرخ مصرف خوراک

Table 5. Effect of physical form of feed and forage particle size on average feed intake rate

نرخ مصرف خوراک* Feed intake rate				فراسنجه
کل وعده غذایی Total feed meal	نیم ساعت سوم The third half hour	نیم ساعت دوم The second half hour	نیم ساعت اول The first half hour	Parameters
				بلوک خوراک کامل Complete feed block
0.131 ^{ab}	0.040	0.110 ^a	0.148 ^b	قطعات علوفه بلند Long feed particles
0.136 ^a	0.031	0.104 ^{ab}	0.167 ^a	قطعات علوفه کوتاه Short feed particles
				خوراک کامل مش Complete feed mesh
0.119 ^c	0.043	0.093 ^{bc}	0.144 ^b	قطعات علوفه بلند Long feed particles
0.122 ^{bc}	0.037	0.090 ^c	0.155 ^{ab}	قطعات علوفه کوتاه Short feed particles
				درصد تغییرات Variations percentage
10.788	-11.250	16.940	5.351	بلوک نسبت به مش Block to Mesh
-3.101	22.059	4.639	-9.317	قطعات بلند نسبت به کوتاه Long to short particles
0.003	0.003	0.003	0.003	خطای استاندارد Standard deviation
				سطح احتمال معنی داری Probability
0.004	0.385	0.002	0.161	شکل فیزیکی Physical form
0.261	0.108	0.228	0.005	اندازه قطعات Particle size
0.924	0.728	0.734	0.447	شکل فیزیکی × اندازه قطعات Physical form × particle size

^{a, b, c} میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در یک ستون دارای اختلاف معنی دارند ($P < 0.05$).

* کیلوگرم ماده خشک بر دقیقه

خوراک معنی دار نبود. در این مدت میانگین نرخ مصرف خوراک در گاوهای تغذیه شده با بلوک خوراک کامل یا خوراک کامل مش حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند یا کوتاه، تفاوت آماری معنی داری با هم نداشتند. به نظر می‌رسد که در نیم ساعت سوم از مصرف خوراک در آخور، سرعت مصرف خوراک توسط دام‌ها به حالت تعادل رسید. در کل وعده غذایی، تاثیر شکل فیزیکی خوراک بر نرخ مصرف خوراک در آخور معنی دار بود ($P = 0.004$) اما اندازه

در نیم ساعت دوم، تاثیر شکل فیزیکی خوراک بر نرخ مصرف خوراک در آخور معنی دار بود ($P = 0.002$) اما تاثیر اندازه قطعات علوفه بر این فراسنجه، معنی دار نبود ($P = 0.228$). از این رو، در نیم ساعت دوم، نرخ مصرف خوراک در بلوک حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند یا کوتاه، ۱۶/۹۴ درصد بیش تر از خوراک مش حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند یا کوتاه بود. در نیم ساعت سوم از مصرف خوراک در آخور، تاثیر متغیرها بر نرخ مصرف

مطالعات محدودی به بررسی پراکنش روزانه فعالیت جویدن اقدام کرده‌اند. در یکی از مطالعات نشان داده شده است که بر خلاف نتیجه حاضر، گاو تمایل به فعالیت خوردن بیش‌تر در روز دارد، اما در میزان نشخوار آن در ساعات شب و روز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است (۲۰). به هر حال در مطالعه مزبور شرایط نگهداری دام‌ها از نظر نوع جایگاه، وضعیت آب و هوایی، تعداد وعده‌های غذایی و شرایط جیره از نظر نسبت علوفه به کنسانتره و نوع علوفه و غله استفاده شده متناسب با شرایط آزمایش حاضر نبود.

برخی محققین نشان دادند که مصرف خوراک در زمان خوراک‌دهی در هر وعده غذایی و شیردوشی به بالاترین حد خود می‌رسد (۲۶). مطالعه حاضر نتایج این محققین را در این خصوص تایید می‌کند. در مطالعه‌ای که در گاوهای اواسط شیردهی و با تغذیه جیره‌های با کنسانتره بالا به انجام رسید به این نتیجه رسیدند که گاوها تمرکز فعالیت خوردن را در ساعات روز و نشخوار را در ساعات شب داشتند. در رابطه با علت این الگوی رفتاری مطالعه مشخصی صورت نگرفته است (۲۴، ۲۶). در مطالعه حاضر خوراک‌دهی دام‌ها در دو وعده با فاصله زمانی ۱۲ ساعت بود. مطالعه رفتار تغذیه‌ای نشان داد که تقریباً همه گاوها با وجود این که در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شدند، اما رفتار تغذیه‌ای تقریباً مشابه و سازگار یافته‌ای با این فاصله زمانی ۱۲ ساعته توزیع خوراک داشتند.

بلوک‌های حاوی علوفه کوتاه یا بلند، موجب کاهش تعداد وعده‌های غذایی و افزایش مقدار خوراک مصرف‌شده در هر وعده غذایی شدند. با توجه به این که مقدار ملاس مورد استفاده در جیره‌ها با هم برابر بود، بنابر این می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً فشرده‌سازی با مشخصات مورد استفاده در این آزمایش برای دام‌های تحت تیمار از درجه

قطعات علوفه تاثیر معنی‌داری بر نرخ مصرف خوراک نداشت. در نهایت نرخ مصرف خوراک از ابتدا تا انتهای مصرف خوراک در آخور، در بلوک حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند یا کوتاه ۱۰/۷۹ درصد بیش‌تر از خوراک مش حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند یا کوتاه بود (جدول ۵).

خوراک در دو وعده، بعد از شیردوشی صبح و شب در اختیار گاوها قرار گرفت. فعالیت خوردن دام‌ها از ابتدای خوراک‌دهی بعد از شیردوشی وعده‌های صبح و شب شروع شد و تا ۹۱/۰۵ الی ۱۱۴/۰۵ دقیقه در هر وعده ادامه پیدا کرد. به طوری که تا این مدت حدود ۹۰ درصد خوراک ریخته شده در آخور مصرف شد. لذا عامل عمده در اوج‌گیری مصرف خوراک در طول روز یا شب، زمان‌های خوراک‌دهی پس از شیردوشی بود. پس از فعالیت خوردن و البته در میان یا به دنبال آن نوشیدن آب (معمولاً ۲ تا ۴ بار در هر وعده غذایی)، زمان استراحت دام‌ها (معمولاً در حال نشسته) و در امتداد آن نشخوار دام‌ها نیز شروع شد. با پیش‌رفت زمان تا رسیدن به زمان شیردوشی بعدی نسبت فعالیت نشخوار به فعالیت خوردن بیش‌تر شد. الگوی مصرف خوراک و نشخوار در این دام‌ها تقریباً هیچ تاثیرپذیری از ساعات روز و شب نداشت. حتی بر اساس نتایج پژوهش حاضر شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه تاثیری بر فاصله زمانی بین پایان مصرف خوراک و شروع نشخوار نداشت و همه گاوها در طول شبانه روز به طور متوسط ۷۸/۶۱ دقیقه پس از مصرف خوراک، شروع به فعالیت نشخوار نمودند (جدول ۴). اما بر خلاف این نتیجه، محققین گزارش کردند که صرف نظر از اندازه قطعات علوفه یونجه و نوع دانه غلات مورد استفاده در جیره، فعالیت نشخوار در گاوهای شیرده، شش ساعت بعد از مصرف خوراک مشاهده شد (۲۴).

طریق اندازه‌گیری مقادیر خوراک باقی‌مانده در هر آخور در فواصل زمانی نیم ساعته (جدول ۵)، تا حدودی متفاوت است. این تفاوت ممکن است ناشی از تفاوت در روش اندازه‌گیری زمان جویدن توسط دام‌ها باشد. در روش اول، همان طوری که در بخش مواد و روش‌ها بیان شد، برای تخمین نرخ خوردن، در یک دوره زمانی ۴۸ ساعته از رکوردبرداری توسط دوربین‌ها، طول مدت زمانی (دقیقه) که حیوان مشغول جویدن خوراک بوده بر مقدار ماده خشک مصرفی آن دام در هر دوره زمانی ۴۸ ساعته، به عنوان یکی از متغیرهای نرخ خوردن مورد ارزیابی قرار گرفت. در حقیقت در این روش زمان صرف شده برای جویدن خوراک (نرخ جویدن خوراک) محاسبه شد. اما در روش دوم (جدول ۵) به صورت عملی میزان مقادیر مصرف خوراک در آخور را در هر فاصله زمانی نیم ساعته و نیز زمان صرف شده برای مصرف خوراک در هر وعده در آخور از ابتدا تا انتها محاسبه شد. به نظر می‌رسد که مقادیر حاصل از این تخمین می‌تواند به عنوان نرخ خوردن در نظر گرفته شود. تغییر نرخ مصرف خوراک طی دو ساعت اول بعد از خوراک‌ریزی در وعده صبح در جدول ۵ نشان داده شده است. عمده تمرکز مصرف خوراک در یک ساعت اول خوراک‌دهی بود. بالاترین نرخ مصرف خوراک در نیم ساعت اول خوراک‌دهی ۰/۱۶۷ کیلوگرم ماده خشک در دقیقه بود که مربوط به گاوهای تغذیه شده با خوراک به شکل مش حاوی علوفه با اندازه قطعات کوتاه بود ($P < 0/05$)، اما این مقدار در نیم ساعت دوم و سوم به ترتیب به ۰/۱۱۰ و ۰/۰۴۰ کیلوگرم ماده خشک در دقیقه رسید که مربوط به گاوهای تغذیه شده با بلوک کامل خوراکی حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند بود ($P < 0/05$). این تغییر شدید نشان داد که گاوها میل به مصرف خوراک در ساعت اولیه بعد از خوراک‌ریزی دارند. در تأیید این نتایج، برخی از محققین گزارش کردند که مصرف

مقبولیت بالاتری برخوردار بود و موجب کاهش تعداد وعده‌های غذایی، افزایش مقدار خوراک مصرف‌شده در هر وعده غذایی و افزایش نرخ مصرف خوراک در گروه‌های گاو شیرده تغذیه شده با بلوک شد.

هر چند، این نتیجه می‌تواند بیان‌گر خوش‌خوراکی بالاتر بلوک در مقایسه با خوراک مش باشد. اما باید توجه داشت که دام با فعالیت جویدن می‌تواند تولید بزاق کند که این بزاق با تولید بی‌کربنات می‌تواند تا حدی اسید تولید شده در شکمبه را تعدیل کند (۲۹).

از طرف دیگر مشخص شده است که هر چه دام خوراک خود را در وعده‌های بیش‌تر و اندازه وعده کم‌تر مصرف کند، خطر ابتلا به اسیدوز کم‌تر می‌شود (۱۰). بنابراین بلوک‌های خوراک کامل با وجود بالابردن میزان خوش‌خوراکی، به دلیل کاهش تعداد وعده‌های غذایی، افزایش مقدار خوراک مصرف شده در هر وعده غذایی، کاهش میزان pH شکمبه و ادرار و در نهایت کاهش چربی شیر، ممکن است مطلوب نباشد (۲۱). بر اساس گزارش‌های موجود افت pH شکمبه می‌تواند موجب کاهش در هضم فیبر (۳۰)، تولید چربی شیر (۳۹) و عملکرد تولید مثلی (۳۷) در گاوهای شیرده شود. بنابر گزارشی به ازای هر دقیقه نشخوار و خوردن به ترتیب ۳۰۰ و ۱۷۷ میلی‌لیتر بزاق تولید می‌شود (۹). همچنین غلظت بی‌کربنات و فسفات در بزاق به ترتیب ۱۲۵ و ۲۶ میلی‌اکی‌والان بر میلی‌لیتر گزارش شده است (۳). هرچند، در مطالعه حاضر میزان و ترکیب بزاق اندازه‌گیری نشد، اما بر اساس مطالعات ذکر شده می‌توان بیان کرد که الگوی خوردن و نشخوار می‌تواند نقش بسیار مهمی در الگوی pH شکمبه و سلامت دام داشته باشد. از طرف دیگر، کاهش اندازه قطعات علوفه موجب افزایش نرخ خوردن شد (جدول ۴)، اما بلوک کامل خوراکی تأثیر معنی‌داری بر نرخ خوردن نداشت. این نتیجه که حاصل تجزیه و تحلیل رکورد دوربین‌های فیلم‌برداری بود با نتیجه اندازه‌گیری میزان نرخ مصرف خوراک از

(۲۶). **فعالیت جویدن:** در همه فراسنجه‌های مربوط به زمان صرف شده برای جویدن و نشخوار، بین شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه، اثر متقابل معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). عدم وجود اثر متقابل بین این تیمارها به این معنی است که روند تغییرات میزان پاسخ گاوهای شیرده تحت تیمار، به مدت زمانی که برای فعالیت‌های جویدن و نشخوار خوراک صرف کرده‌اند، با ارائه دو نوع شکل فیزیکی خوراک (بلوک یا مش) با دو سطح اندازه علوفه (بلند و کوتاه) موجود در ساختمان آن‌ها، مشابه بوده است. اثر شکل فیزیکی خوراک فقط بر فراسنجه‌های زمان خوردن و کل زمان جویدن بر حسب دقیقه به ازای وعده غذایی، معنی‌دار بود (به ترتیب $P=0/01$ و $P=0/02$) اما بر سایر فراسنجه‌های مربوط به فعالیت جویدن تاثیر معنی‌داری نداشت. در حالی که به استثنای فراسنجه‌های زمان نشخوار و کل زمان جویدن بر حسب دقیقه به ازای وعده غذایی، تاثیر اندازه قطعات علوفه بر سایر فراسنجه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۶). در حقیقت تنها تاثیر معنی‌دار ($P=0/01$) فشرده‌سازی خوراک کامل بر فعالیت جویدن این بود که موجب افزایش طول زمان وعده غذایی و کاهش تعداد وعده‌های غذایی پس از خوراک‌دهی شد (جدول ۴ و ۶). بلوک‌های خوراکی، مدت زمان خوردن خوراک را $18/42$ درصد افزایش داد و افزایش میانگین هندسی اندازه علوفه از $2/68$ میلی‌متر به $4/15$ میلی‌متر، مدت زمان خوردن خوراک را $25/55$ درصد افزایش داد. این افزایش در اندازه علوفه، زمان صرف شده برای خوردن خوراک در آخور، نشخوار خوراک مصرف‌شده و کل زمان جویدن را بر حسب دقیقه در روز و نیز دقیقه به ازای کیلوگرم ماده خشک مصرفی به ترتیب $21/63$ و $20/16$ درصد، $9/32$ و $8/85$ درصد و $12/84$ و $12/07$ درصد افزایش داد (جدول ۶).

خوراک در ساعات اولیه بعد از ارائه در بالاترین میزان خود می‌باشد (۲۶، ۲۸). در مطالعه نصراللهی و همکاران (۲۰۱۶b) عمده تمرکز مصرف خوراک در گاوهای شیرده در دو ساعت اول روز بود. نرخ مصرف خوراک در دو ساعت اول روز نزدیک به سه کیلوگرم ماده خشک در ساعت بود. اما این مقدار در دو ساعت دوم و سوم (چهار و شش ساعت بعد از تغذیه وعده صبح) به یک کیلوگرم در ساعت کاهش یافت (۲۶). در حالی که، مطالعه نیکخواه و همکاران (۲۰۰۸) که بر روی گاوهای اواسط شیردهی انجام شد، گزارش کردند که مصرف خوراک در ساعات اولیه بعد از ارائه در بالاترین میزان خود بود. در این مطالعه نشان داده شد که گاوها بیش از ۳۰ درصد خوراک مصرفی روزانه خود را در سه ساعت اولیه روز می‌خورند (۲۸). همچنین همسو با تحقیق حاضر محققین نشان دادند که بیش‌ترین میزان مصرف خوراک، در ساعات اولیه بعد از خوراک‌ریزی وعده صبح می‌باشد (۱۶). دفعات خوراک‌ریزی و زمان آن به دلیل تاثیری که بر الگوی مصرف خوراک دارد، نقش مهمی در الگوی pH شکمبه دارد (۲۱). مطالعه برخی محققین نشان داد که با پیشرفت روز و در ادامه وعده غذایی صبح pH شکمبه شروع به افت می‌کند و در دو ساعت بعد از وعده غذایی عصر به حداقل میزان خود می‌رسد (۲۰). گزارش شده است که مصرف خوراک در دو ساعت اولیه روز قوی‌ترین ارتباط را با pH شکمبه دارد. در این مطالعه نشان داده شد که به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف خوراک در دو ساعت اولیه روز، pH شکمبه حدود $0/11$ واحد افزایش پیدا می‌کند. لذا با مرور مقایسه‌ای اطلاعات مربوط به الگوی مصرف خوراک (رفتار تغذیه‌ای)، نرخ مصرف خوراک و pH شکمبه در گله‌های گاو شیرده، می‌توان اظهار کرد که مصرف خوراک در ساعات اولیه روز حاکی از سلامت شکمبه و به عبارت دیگر نشخوار در روز قبل است

جدول ۶: اثر شکل فیزیکی و اندازه قطعات علوفه بر الگوی مصرف خوراک و نشخوار
Table 6. The effect of physical form and particle size on feed intake and rumination

Physical form×Particle size	Probability	سطح احتمال معنی داری	شکل فیزیکی×اندازه قطعات	شکل فیزیکی	Standard deviation	درصد تغییرات		خوراک کامل مش		بلوک خوراک کامل		فراسنجیه Parameter
						تغییرات بلوک نسبت به کوتاه	تغییرات بلند نسبت به کوتاه	Complete feed mesh	Complete feed block	Short forage	Long forage	
0.93	0.00	0.57	0.00	0.57	6.94	21.63	-2.81	188.83 ^b	228.10 ^a	182.11 ^b	223.09 ^a	Eating time Minutes per day
0.39	0.00	0.01	0.00	0.01	0.59	25.55	18.42	11.86 ^c	14.41 ^b	13.58 ^{bc}	17.53 ^a	Minutes per meal
0.74	0.00	0.47	0.00	0.47	0.38	20.16	-3.55	10.62 ^b	12.51 ^a	10.02 ^c	12.29 ^{ab}	Minutes per DM intake
0.25	0.03	0.43	0.03	0.43	13.35	9.23	3.07	466.45 ^b	488.11 ^{ab}	459.60 ^b	524.25 ^a	Rumination Minutes per day
0.98	0.24	0.95	0.24	0.95	1.11	10.92	0.53	23.50	26.01	23.57	26.20	Minutes per meal
0.15	0.04	0.59	0.04	0.59	0.85	8.85	2.14	26.26 ^{ab}	26.96 ^{ab}	25.25 ^b	29.11 ^a	Minutes per DM intake
0.31	0.00	0.69	0.00	0.69	15.07	12.84	1.28	655.28 ^b	716.20 ^a	641.71 ^b	747.35 ^a	Total chewing time Minutes per day
0.39	0.06	0.02	0.06	0.02	2.50	17.45	23.97	41.68	46.02 ^b	48.65 ^{ab}	60.07 ^a	Minutes per meal
0.18	0.00	0.90	0.00	0.90	0.97	12.07	0.41	36.88 ^{bc}	39.47 ^{ab}	35.27 ^c	41.39 ^a	Minutes per DM intake

a,b,c میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در یک ردیف دارای اختلاف معنی دارند (P<0.05).

هم، صرف نظر از شکل فیزیکی خوراک، همان‌گونه که انتظار می‌رفت مصرف خوراک با اندازه قطعات علوفه کوتاه موجب کاهش فعالیت جویدن شد. این نتیجه با نتایج گزارش‌های قبلی مطابقت دارد (۲۵)، (۳۳). محققان نشان دادند که همبستگی مثبتی بین فعالیت نشخوار و اندازه قطعات علوفه (به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۲۳) وجود دارد (۳۳). بر خلاف مطالعه حاضر، مطالعات دیگر نشان می‌دهند که کاهش اندازه قطعات علوفه بیش‌تر بر زمان صرف شده برای نشخوار موثر بود تا زمان خوردن (۲۵، ۳۳). همچنین مطالعه حاضر مغایر با نتایج برخی محققین بود که گزارش کردند زمان مصرف خوراک، نشخوار و کل فعالیت جویدن تحت تاثیر کاهش اندازه یونجه قرار نگرفت، اما روند نزولی در مورد فعالیت نشخوار و کل فعالیت جویدن با کاهش اندازه قطعات مشاهده شد (۱).

میزان نشخوار وابسته به اندازه ذرات اولیه، محتوای الیاف جیره و گوارش پذیری آن است (۱۷). علاوه بر این شاخص‌هایی مثل چگالی توده‌ای، چگالی لحظه‌ای، نرخ آب‌گیری و ظرفیت آب‌گیری هم می‌توانند رخدادهای فیزیکی شکمبه را تحت تاثیر قرار دهند (۳۴). برخی محققین تاثیر سه جیره با اندازه قطعات علوفه ریز، متوسط و درشت را که به ترتیب دارای میانگین هندسی ۴/۶، ۵/۴ و ۶/۷ میلی‌متر بودند بر رفتار تغذیه‌ای، فعالیت جویدن و تولید شیر در گاوهای شیرده هلشتاین ایرانی مورد مطالعه قرار دادند (۱۲). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، آنها نشان دادند که فعالیت جویدن و نشخوار تحت تاثیر اندازه قطعات علوفه قرار نگرفت. در این آزمایش گاوهای تغذیه شده با جیره با اندازه قطعات علوفه ریز، متوسط و درشت به ترتیب ۳۳۷، ۳۳۳ و ۳۵۰ دقیقه در روز را صرف فعالیت‌های خوردن، ۴۶۷، ۵۰۱ و ۴۸۶ دقیقه در روز را صرف فعالیت نشخوار و ۸۰۳، ۸۳۵ و ۸۳۶ دقیقه را در روز صرف جویدن کردند. در مطالعه

تاثیر هر دو متغیر شکل فیزیکی خوراک و اندازه قطعات علوفه بر مدت زمان خوردن خوراک معنی‌دار بود (به ترتیب $P=0/01$ و $P=0/00$)، اما اثر متقابل بین آنها معنی‌دار نبود. از طرف دیگر، تاثیر شکل فیزیکی خوراک بر کل زمان جویدن خوراک (جمع زمان صرف شده برای جویدن و نشخوار) معنی‌دار بود (به ترتیب $P=0/01$ و $P=0/00$)، اما تاثیر اندازه قطعات علوفه بر آن تمایل به معنی‌داری داشت ($P=0/06$) و اثر متقابل بین آنها معنی‌دار نبود. بلوک‌های خوراکی، کل زمان جویدن خوراک را ۲۳/۹۷ درصد افزایش دادند. میانگین مقادیر زمان نشخوار در این تحقیق با یافته‌های برخی محققین (۵) که گزارش کردند گاوهای شیرده با تولید بالا در صورت عدم مشکلات گوارشی با مصرف مقادیر زیاد ماده خشک تمایل به بیش از ۳۶۰ دقیقه در روز نشخوار دارند، مطابقت داشت. این رقم به ازاء مصرف ۲۲ کیلوگرم در روز ماده خشک مصرفی که برای حداقل فعالیت نشخوار که ۱۶ دقیقه به ازای یک کیلوگرم ماده خشک مصرفی است، تخمین زده شد.

گزارش شده است که با تغییر در الیاف موثر فیزیکی خوراک زمان جویدن و نشخوار تغییر می‌کند و در نتیجه ترشح بزاق و مواد بافری افزایش می‌یابد که در نهایت باعث افزایش pH شکمبه و ادرار می‌شود (۳۱). نتایج یک مطالعه متا-آنالیز که بر روی ۴۲ مقاله و ۸۶ آزمایش نشان داد که کاهش اندازه قطعات علوفه در جیره از میانگین $10/0 \pm 4/90$ به $6/70 \pm 4/11$ میلی‌متر باعث کاهش زمان صرف شده برای خوردن، نشخوار و کل زمان جویدن به ترتیب تا ۱۹، ۲۸ و ۴۴ دقیقه در روز شد. وقتی این متغیرها بر اساس دقیقه بر کیلو گرم ماده خشک مصرفی تعریف شدند مجدداً چنین اثر مشابه‌ای مشاهده شد (۲۵). اندازه قطعات علوفه یک عامل شناخته شده موثر بر فعالیت جویدن در نشخوارکنندگان است (۲۳). بنابراین در این مطالعه

بزاق، pH، شکمبه، نسبت استات به پروپیونات و سطوح چربی بیش تر می گردد (۴). طبق نتایج مطالعه حاضر به نظر می رسد بلوک کامل خوراکی حاوی یونجه و کاه گندم با میانگین هندسی اندازه قطعات ۴/۱۵ میلی متر نسبت به ۲/۶۸ میلی متر در تحریک فعالیت جویدن و اثر مثبت بر فراسنجه‌هایی مانند چربی شیر و pH شکمبه، موثرتر باشد.

نتیجه‌گیری کلی

علی‌رغم تغییرات مشاهده شده در تولید و ترکیب شیر بین گروه‌های دریافت‌کننده بلوک خوراک کامل و خوراک مش تغییر شکل فیزیکی خوراک از حالت مش به بلوک تفاوت قابل توجهی در استفاده از آنها در تغذیه گاوهای شیری ایجاد نکرد. اما با توجه به اینکه بلوک‌های خوراکی به دلیل داشتن دانسیته بالاتر، حجم کمتری در مقایسه با خوراک مش اشغال می‌کنند، نگهداری و جابجایی آنها راحت‌تر بوده و احتمالاً هزینه کمتری داشته باشد. از طرفی فشرده‌سازی جیره موجب طولانی‌تر شدن وعده‌های غذایی و افزایش مصرف خوراک شد و به دنبال آن، مقدار ماده خشک مصرفی در هر وعده غذایی افزایش ولی تعداد وعده‌های غذایی در هر دوره خوراک‌ریزی کاهش یافت. تغییر در الگوی مصرف خوراک به سمت کاهش تعداد وعده‌های خوراک، ممکن است موجب کاهش میزان ترشح بزاق، کاهش میزان pH شکمبه و کاهش چربی شیر شود و احتمالاً زمینه را برای بروز برخی بیماری‌های متابولیکی فراهم سازد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از خدمات مدیران و پرسنل محترم ایستگاه ملی تحقیقات گاو دو منظوره گاودشت مازنداران که در اجرای این کار تحقیقاتی ما را یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاریم.

مزبور گاوها به طور متوسط ۳۴۰، ۴۹۲ و ۸۲۵ دقیقه در روز را به ترتیب صرف فعالیت‌های خوردن، نشخوار و جویدن کردند (۱۲).

عدم تاثیر خوراک‌های حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند بر میزان چربی شیر، اما افزایش معنی‌دار فعالیت جویدن در گاوهای تغذیه شده با خوراک‌های حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند در مطالعه حاضر مطابق با بسیاری از نتایج مطالعات قبلی (۱۲ و ۱۸) نیست. هرچند، برخی از این محققین هیچ افزایش معنی‌داری در فعالیت جویدن نیز مشاهده نکردند (۱۸). در حیوانی نظیر گاو شیرده، میزان مصرف ماده خشک و سایر مواد مغذی برای تامین احتیاجات نگهداری و تولید دام در مدت ۲۴ ساعت بر اساس وزن زنده دام، مقدار تولید شیر و سایر شرایط فیزیولوژیک با دقت تعیین و محدودیت‌هایی از نظر حداقل و حداکثر ماده خشک مصرفی در هر شبانه روز وجود دارد. معمولاً مقدار ماده خشک تعیین شده به اندازه‌ای است که در محدوده متعارف چگالی و اندازه ذرات خوراک‌های مورد استفاده در تغذیه دام، تقریباً همه گاوهای شیرده در شرایط طبیعی و سالم در طول ۲۴ ساعت توانایی مصرف این خوراک‌ها را داشته باشند. اما با افزایش ۱۰ درصدی به میزان احتیاجات روزانه ماده خشک مصرفی در گاوهای مورد مطالعه در آزمایش حاضر، تغییرات چگالی و اندازه قطعات علوفه به اندازه‌ای بود که میزان ماده خشک و سایر مواد مغذی مصرفی روزانه را در گروه‌های مختلف گاوها تحت تاثیر قرار داد. لذا نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تاثیر تغییرات چگالی خوراک کامل بر الگوی مصرف خوراک و نشخوار، میانگین نرخ مصرف خوراک در آخور و فعالیت جویدن بود.

مطالعات نشان می‌دهد که افزایش اندازه قطعات علوفه به طور موثری کل فعالیت جویدن حیوان را افزایش می‌دهد (۲۳). لذا باعث افزایش ترشح

منابع

1. Alijo, Y.A., Valizadeh, R., Naserian, A., Eftekharsahroodi, F., Tahmorthpour, M., and Aghel, H. 2006. The Effect of reducing the particle size of dry alfalfa on the physical effective fiber and its effect on the performance of Holstein cows in early lactation. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*. 20 (5): 239-249. (In Persian)
2. ASAE. 2001. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. ANSI/ASAE S424.
3. Bailey, C.B., and Balch, C.C. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 2. The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest. *British Journal of Nutrition*. 55: 383-402.
4. Beauchemin, K.A. 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 74: 3140-3151
5. Beauchemin, K.A., Farr, B.I., Rode, L.M., and Schaalje, G.B. 1994. Effects of alfalfa silage chop length and supplementary long hay on chewing and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 77: 1326-1339.
6. Beauchemin, K.A., Rode, L.M., and Eliason, M.J. 1997. Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dries cubes of hay or silage. *Journal of Dairy Science*, 80: 324-333.
7. Beauchemin, K.A., Yang, W.Z., and Rode, L.M. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, rumen fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 86: 630-643.
8. Belyea, R.L., Martz, F.A. and Mbagaya, G.A. 1989. Effect of particle size of alfalfa hay on intake, digestibility, milk yield, and ruminal cell wall of dairy cattle. *J. of Dairy Science*. 72: 958-963.
9. Cassida, K.A., and Stokes, M.R. 1986. Eating and resting salivation in early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 69: 1282-1292.
10. DeVries, T.J. 2013. Impact of feeding management on cow behavior, health, and productivity. *WCDS Advanced Dairy Technology*. 25: 193 – 201.
11. Dwivedi, P.N., Goyal, P.K., and Singh, K.K. 2003. Preparation and evaluation of densified complete feed blocks in growing buffaloes. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 20: 202-205.
12. Esmaeili, M., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Nasrollahi, S.M. and Saebi, M. 2016. Variation of TMR particle size and physical characteristics in commercial Iranian Holstein dairies and effects on eating behavior, chewing activity, and milk production. *Livestock Science*. 191: 22-28.
13. Forbes, J.M. 2007. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. CABI International Wallingford, UK.
14. Grant, R.J. and Cole brander, V.F. 1990. Milk fat depression in dairy cows: role of particle size of alfalfa hay. *Journal of Dairy Science*. 73: 1823-1833.
15. Hozhabri, F., and Singhal, K.K. 2006. Physical parameters of complete feed blocks based on wheat straw and sugarcane bagasse. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 23(3): 150-154.
16. Kahyani, A., Ghorbani, G.R., Khorvash, M., Nasrollahi, S.M., and Beauchemin, K.A. 2013. Effects of alfalfa hay particle size in high-concentrate diets supplemented with unsaturated fat: chewing behavior, total-tract digestibility, and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 96: 7110-7119.
17. Kennedy, P.M. 1985. Effect of rumination on reduction of particle size of rumen digesta by cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 36: 819-828.
18. Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J., and Lehman, H.A. 2003. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86: 3343-3353.

19. Kononoff, P.J., Lehman, H.A., and Heinrichs, A.J. 2002. Technical note: a comparison of method used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 85: 1801-1803.
20. Krause, K.M., Combs, D.K., and Beauchemin, K.A. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation dairy cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *Journal of Dairy Science*. 85: 1947-1957.
21. Krause, K.M., and Oetzel, G.R. 2006. Understanding and preventing sub acute ruminal acidosis in dairy herds: a review. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 126: 215-236
22. 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.
23. Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80: 1463-1481.
24. Nasrollahi, S.M., Ghorbani, G.R., Khorvash, M., and Yang, W.Z. 2014. Effects of grain source and marginal change in lucerne hay particle size on feed sorting, eating behaviour, chewing activity, and milk production in mid-lactation Holstein dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 98: 1110-1116.
25. Nasrollahi, S.M., Imani, M., and Zebeli, Q. 2016. A meta-analysis and meta-regression of the impact of particle size, level, source and preservation method of forages on chewing behavior and ruminal fermentation in dairy cows. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 219: 144-158.
26. Nasrollahi, S.M., Zali, A., Ghorbani, G.R. and Moradi Sharbabak, M. 2016b. The daily patterns of the change in chewing behavior, feed intake, rumen pH and milk composition in high producing Holstein dairy cows. *Journal of Ruminant Research*. 4 (3): 171-191. (In Persian)
27. National Research Council 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th revised edition. National Academic Science, Washington, DC.
28. Nikkhah, A., Furedi, C.J., Kennedy, A.D., Crow, G.H., and Plaizier, J.C. 2008. Effects of feed delivery time on feed intake, milk production, and blood metabolites of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91: 4249-4260.
29. Penner, G. 2009. Understanding variation in the susceptibility to ruminal acidosis. Ph.D. Thesis, University of Alberta, Alberta, Canada.
30. Russell, J.B., and Wilson, D.B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science*. 79: 1503-1509.
31. Slater, A.L, Eastridge, M.L., Firkins, J.L., and Bidinger, L.J. 2000. Effect of starch source and level of forage neutral detergent fiber on performance by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 83:313-321.
32. SPSS 2007. *Statistical Package for Social Sciences Study*. SPSS for Windows, Version 19. Chicago, SPSS Inc.
33. Tafaja, M., Zebeli, Q., Baesa, C., Steingassa, H., 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. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 138(2): 137-161.
34. Teimouri Yansari, A. and Pirmohammadi, R. 2009. Effect of particle size of alfalfa hay and reconstitution with water on intake, digestion and milk production in Holstein dairy cows. *Animal*. 3: 218-227.
35. Teimouri Yansari, A., Valizadeh, R., Naserian, A., Christensen, D.A., Yu, P., and Eftekhari Shahroodi, F. 2004. Effect of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87: 3912- 3924.

36. Van Keulen, V., and B.H. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 26: 119–135.
37. Walsh, S.W., Williams, E.J., and Evans, A.C.O. 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 123: 127– 138.
38. 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 Science*. 90: 2826-2838.
39. Yo, T., Vilarino, M., Faure, J.M., and Picard, M. 1997. Feed pecking in young chickens: new techniques of evaluation. *Journal of Physiology and Behaviour*. 61: 803– 810.



Effect of physical form of feed and hay particle size on digestibility, milk yield and nutritional behavior of Holstein lactating cows

S. Ferasati¹, *F. Hozhabri², M.M. Moeini² and H. Fazaeli³

¹Ph.D Graduated and ²Associate Prof., Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture, Razi University

³Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj

Received: 01/03/2019; Accepted: 09/06/2019

Abstract

Background and objectives: In spite of the advantages of total mixed ration compared to the traditional diet, the problem of bulking the diet has not yet been resolved. Moving, storing and transporting of low density crop residues is one of the major problems in using them in feeding animals, especially sending it to distant areas. One of the suggested ways to overcome these problems is to compress this material into a high-density complete feed block. Complete feed block with respect to its distinctive characteristics can affect the milk yield and nutritional behavior of lactating cows and alter the eating behavior of the animal. Changing the particle size of the fodder in complete feed block may also cause different performance – digestive responses in the animal.

Materials and methods: Eight Holstein lactating dairy cows (106 ± 25.5 days in milk, 23.18 ± 3.30 kg milk production and 492.66 ± 38.15 kg body weight) were randomly assigned in individual pen with 4×4 Latin square change-over design. Four experimental rations were: complete feed blocks containing forage with a geometric mean of 4.15 mm (long block) and 2.68 mm (short block), mesh complete feeds containing forage with a geometric mean of 4.15 mm (long mesh) and 2.68 mm (short mesh). The effect of two physical forms of the feed, including mixed feed in the form of block and mesh as well as the particle size of short or long on nutritional behavior, digestibility of feed and milk yield of Holstein lactating cows were investigated.

Results: Dry and organic matter intake in cows fed short CFBs were greater than cows fed short mash ($P < 0.05$), but the difference between in dry matter intake of this two groups with other groups were not significant. The reduction in particle size of forage increased the digestibility of the feed ($P < 0.05$), however, feed compression had no significant effect on this parameter. Daily yield of raw milk in cows fed short CFBs were about two percent higher than cows fed on short mash ($P < 0.05$), but were not significant difference between groups concerning corrected milk based on four percent fat or milk adjusted for energy. The use of CFBs resulted in a decrease of 2.21% in daily production of milk fat ($P = 0.006$). Complete feed block increased the duration of eating and the meal size by 18.42 and 21.21 percent, respectively, reduced the number of meals by 16.14% and increased the eating rate by 10.79% ($P < 0.05$). Increasing the particle size of forage increased the duration of eating and decreased eating rate by 25.55% and 20.2%, respectively ($P < 0.05$), but did not affect the number and size of meals. Compression of complete diet had no effect on the time spent for eating, rumination and total chewing time, but increasing the particle size of forage increased these parameters ($P < 0.05$).

*Corresponding author: hozhabri@razi.ac.ir

Conclusion: The results of this study showed that using the complete feed block in feeding of Holstein lactating cows compared to the complete feed of mash, had no significant differences in digestibility of diet. However, milk production increased and the amount of milk fat dropped. The complete feed block reduced the number of meals, increased feed intake per meal, and increased feed intake rate.

Keywords: Digestibility, Forage particle size, Holstein cows, Nutritional behavior, Physical form of feed