



The effect of straw particle size in high concentrate diets on chewing activity, sorting behavior and productive performance dairy cows

Saman Rashidi¹ , Ebrahim Ghasemi^{2✉} , Masoud Alikhani³

1. Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran. E-mail: saman.rashidi6@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: ghasemi@iut.ac.ir
3. Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: alikhani@iut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	In this study, 12 dairy cows (milk =51±3kg/d) were used in a replicated 3x3 Latin square design with 3 experimental periods of 28 d (21 d for adaptation and 7 d for data collection) assigned to 3 experimental diets containing wheat straw as fine (Xgm=6.9mm, grounded by forage chopper), medium (Xgm=13.3mm, chopped by feed Mixer) and mixture (50:50) of medium (in TMR) and long (top dress) straw (Xgm=22.1mm; long). By increasing particle size of straw, sorting activity against long and in favor of fine were linearly increased. Cows fed fine straw consumed about 34% of their total diet within the first 4 hours after feeding, but cows fed medium or long straws consumed 40 and 41% of their diets, respectively. Total feed intake (24 h) was similar across the diets, but NDF intake was greater in cows fed fine straw than others. Eating time increased (from 338 to 368 min/d), but eating rate and rumination time (from 535 to 504 min/d) decreased with increasing particle size of straw. Nutrient digestibility was linearly decreased as a result of increasing particle size of straw. Milk production (47.2kg), FCM (41.2kg), milk fat (2.78%), protein (2.8%), feed efficiency (1.76) and rumen pH (6.3) did not differ across the diets. Overall, increasing particle size of straw increased initial feed consumption after delivery (within 4 hours), eating rate, sorting activity. Therefore, feeding fine straw (6.9 mm) in high concentrate diet resulted in more uniform consumption of particle and a better supply of forage fiber.
Article history: Received: 1 October 2024 Received in revised form: 20 November 2024 Accepted: 14 December 2024 Published online: Summer 2025	
Keywords: wheat straw, high-concentrate diets, particle size, feeding behavior, fiber digestibility, milk yield.	
Cite this article: Rashidi, S., Ghasemi, E. & Alikhani, M. (2025). The effect of straw particle size in high concentrate diets on chewing activity, sorting behavior and productive performance dairy cows. <i>Iranian Journal of Animal Science</i> , 56 (2), 427-446. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2024.381250.654024	



© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.381250.654024>

Extended Abstract

Introduction

Iran is located in the arid and semi-arid geographical region of the world. The proportion of pasture fodder production is limited and most of the agricultural lands is devoted to cereal grain production (about 62%, about 9.5 million hectares) as compared to the rest of the world. Therefore, it can be concluded that cereal straw is the most important fiber source available for livestock animal production. Cereal straw is a poor source of energy (ME=1.65 Mcal/kg), protein (3.7%) and also micronutrients such as minerals and vitamins, but contains high amount of neutral detergent fibers (NDF = 76.9). Therefore, cereal straw can meet the effective fiber requirement of livestock animals if the diet is balanced for energy and protein and straw is well processed (particle size and uniformity). Our research indicated that feeding straw based on undigested fiber (uNDF), as compared to conventional forage, resulted in a similar lactational performance in high-producing dairy cows (>40 kg milk/d). The physical effective NDF (peNDF) affect chewing (eating and rumination) and subsequently the secretion of saliva, rumen pH and fermentation, and milk fat. In fact, forage sources are more

expensive of nutrients (except for fiber) than grains. This issue, together with the high nutritional requirement of lactating cows, has led to the minimum feeding of forage in dairy farm industry and diet containing straw. Feeding high concentrate diets with a high eating and fermentation rate can predispose the cows to sub-acute acidosis, which reduces milk fat, feed efficiency and performance. Increasing the particle size of straw, in particular high concentrate diets, may improve chewing activity and saliva secretion and promote rumen pH and health of animal. However, cows usually sorted against long forage particles and in favor of fine particles containing concentrate components. Thus, increasing straw particle size may compromise the effect of particle size in high concentrate diets on rumen and performance. Three forms of straw are available for feeding straw as long (intact), chopped with feed mixer (medium), and ground by harvester thresher (fine). The aim of this study was to investigate the particle size of straw in high-concentrate rations on chewing activity, feeding sorting and behavior, digestibility and performance of dairy cows.

Materials and Methods

Twelve lactating Holstein cows (days in milk 114 ± 11.8 , milk production 48.7 ± 3.2 , body weight 600 ± 18 kg, and body condition score 2.64 ± 0.26) were assigned in a replicated Latin squares 3×3 with 3 experimental diets and 3 periods. Each period was consisted 28 days, with the first 21 days for adaptation and next 7 days for sampling and data collection. All experimental diets contained a forage: concentrate of 32:68 (based on DM), 10% wheat straw, 12% corn silage and 10% alfalfa hay. Wheat straw was provided in 3 particle sizes namely as short, medium and long. Fine wheat straw was chopped by a forage chopper with a pore size of 10 mm, and medium wheat straw was chopped by a commercial TMR feed mixer. In treatment 3, half of wheat straw was included in the diet as treatment 2 and the other part as long form (without chopping). The geometric mean of particle size for fine, medium and long straw was 6.90, 13.3 and 22.1 mm, respectively. Voluntary feed intake (10%orts) and daily milk production were measured and analyzed for the 7 last days of each period. The sorting index was calculated at 4 and 24 hours post feeding using Penn State Particle Separator (PSPS). Nutrient total tract digestibility, chewing time and eating patterns, blood metabolites, and rumen pH were measured once in each period.

Results and Discussion

Geometric mean particle size was 9.52, 4.36, 6.9, 13.3, and 22.1 mm for corn silage, alfalfa hay, fine straw, medium straw, and long straw, respectively. The highest proportion of TMR particles on 19 mm was for long straw (72.3%), while that of on 8 mm screens was for fine straw (53.8%). The dietary geometric mean particle size was 3.38, 3.68 and 4.29 mm for fine, medium and long diets, respectively. Milk fat: protein was 0.99, 0.96 and 0.96 for fine, medium and long diet, respectively, indicating cows suffers from milk fat depression and a sign of sub-acute ruminal acidosis. The voluntary DM intake (24 h) was the same among the treatments (27.0 kg/d), but intake, after feed delivery within 4 h, was higher for long diet (41% of total intake) than for fine diet (34% of total intake). This was likely related to higher eating rate and sorting behavior that occurred for long diet. After 4 h of feed delivery, the sorting activity of TMR particle retained on 19 mm was 107% for fine diet and 74.6% and 44.8% for medium and long diets, respectively. On the contrary, sorting activity of TMR particles <1.18 mm (pan) was 107% for fine and 114% and 123% for medium and long diets, respectively. After 24 h, sorting activity was 93, 100, 100 and 101% for particle retained on <1.18 mm, 1.18-8 mm, 8-19 mm and >19 mm for fine diet, but 83, 98, 102 and 104% for particle retained on <1.18 mm, 1.18-8 mm, 8-19 mm and >19 mm for long diet. These results indicated a more uniform intake for fine diet than long diet during the day. Eating time enhanced (from 338 to 367 min/d), but eating rate (kg/min) and ruminating time (from 535 to 504 min/d) decreased with increasing the particle size of straw in the diet. Meal's frequency and length, and total chewing were unaffected by the experimental treatments. Milk production (47.2 kg), FCM (41.2 kg), milk fat (2.78 %), protein (2.88 %), lactose (4.66%) and feed efficiency (1.76) did not differ across the diets. The level of blood urea-N increased (from 18.3 to 20.6 mg/dL) with the increasing straw particle size. The ruminal pH in cows fed fine, medium and long straw was 6.34, 6.38 and 6.19, respectively, and not affected by experimental treatments. DM and NDF digestibility was linearly reduced from 73.5 to 68.0%, and from 52.4 to 43.8%, respectively, as a result of increasing the particle size straw.

Conclusion

Due to high fiber and low palatability of straw, the inclusion of straw in the TMR diet of lactating cows may cause sorting resulting in high intake of rapidly fermentable carbohydrate and less consumption of forage fiber. This, in turn, may provoke several aspects of health and production such as disruption of rumen function, reduction of microbial activity and digestion, lameness problems, and reproductive performance. In this research, reduction of particle size of straw in the diet, from 22.1 to 6.90 mm, resulted in similar intake of all diet particles and consequently promote rumination time, nutrient digestibility and reduced BUN level, but did

not affect milk production. Thus, feeding straw chopped using threshing machine as fine could be a better choice for feeding in TMR than straw chopped by feed mixers or feeding long straw.

Author Contributions

For research articles with several authors, a short paragraph specifying their individual contributions must be provided. The following statements should be used “Conceptualization, X.X. and Y.Y.; methodology, X.X.; software, X.X.; validation, X.X., Y.Y. and Z.Z.; formal analysis, X.X.; investigation, X.X.; resources, X.X.; data curation, X.X.; writing—original draft preparation, X.X.; writing—review and editing, X.X.; visualization, X.X.; supervision, X.X.; project administration, X.X.; funding acquisition, Y.Y. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.” Please turn to the [CRediT](#) taxonomy for the term explanation. Authorship must be limited to those who have contributed substantially to the work re-reported.

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

In this section, please provide details regarding where data supporting reported results can be found, including links to publicly archived datasets analyzed or generated during the study (see [examples](#)). Data available on request from the authors.

If the study did not report any data, you might add “Not applicable” here.

Acknowledgements

The *Acknowledgments* section should be a few sentences at the end, but it is important to recognize those people (organizations and individuals) who made considerable impact on the research, provided *significant* help to the author to formulate and complete the experiment, and improved the research at any stage (from providing access to equipment or field sites to editing the manuscript). However, this is an optional section.

In this section, you can acknowledge any support given which is not covered by the author contribution or funding sections. This may include administrative and technical support, or donations in kind (e.g., materials used for experiments).

The authors would like to thank all participants of the present study.

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of ABCD (Ethical code: IR.UT.RES.2024.500). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

اثرات اندازه قطعات کاه در جیره‌های پرکنسانتره بر فعالیت جویدن، انتخاب-گری خوراک و عملکرد گاوهای شیری

سامان رشیدی^۱ | ابراهیم قاسمی^۲ | مسعود علیخانی^۳

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: saman.rashidi6@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: ghasemi@iut.ac.ir
۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: alikhani@iut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	در این پژوهش، ۱۲ راس گاو شیری (۳۲ ± ۶۸۰ وزن بدن) در قالب طرح مربع لاتین ۳×۳، چهار مربع، سه دوره آزمایشی ۲۸ روزه به سه جیره آزمایشی حاوی کاه با اندازه قطعات ریز (آسیاب با علوفه کوب، ۶/۹mm = Xgm)، متوسط (آسیاب با فیدر میکسر، ۱۳/۳mm = Xgm) و مخلوط (۵۰:۵۰) و مخلوط کاه متوسط و بلند (درشت، ۲۲/۱mm = Xgm) اختصاص یافتند. کاه بلند بصورت سرک در اختیار گاوها قرار می‌گرفت. با افزایش اندازه کاه فعالیت انتخاب‌گری علیه قطعات درشت و به نفع قطعات ریز به‌طور خطی افزایش یافت. گاوهای تغذیه‌شده با کاه ریز حدود ۳۴٪ خوراک خود را طی ۴ ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی مصرف نمودند ولی گاوهای تیمار متوسط و درشت به ترتیب ۴۰ و ۴۱٪ خوراک خود را مصرف نمودند. مصرف خوراک طی ۲۴ ساعت (۲۷ کیلوگرم) بین تیمارها مشابه ولی میزان مصرف الیاف در تیمار کاه ریز بیشتر بود. زمان (دقیقه در روز) خوردن با افزایش اندازه قطعات کاه افزایش (از ۳۳۸ به ۳۶۸) ولی سرعت خوردن (از ۰/۰۸ به ۰/۰۷ کیلوگرم در دقیقه) و زمان نشخوار (از ۵۳۵ به ۵۰۴) کاهش یافت. با افزایش اندازه قطعات کاه، گوارش‌پذیری الیاف به‌صورت خطی کاهش یافت. میانگین تولید شیر (۴۷/۲kg)، شیر تصحیح شده چربی (۴۱/۲kg)، چربی (۲/۷۸٪)، پروتئین (۲/۸۸٪)، بازده خوراک (۱/۷۶) و pH شکمبه (۶/۳) در بین جیره‌ها تفاوتی نداشتند. در کل، افزایش اندازه قطعات کاه یا تغذیه سرک شرایط را برای انتخاب‌گری و بدنبال آن افزایش سرعت خوردن، کاهش نشخوار، مصرف یکباره خوراک (طی ۴ ساعت) را فراهم نمود. لذا تغذیه کاه ریز (۶/۹ میلی‌متر) در جیره‌های پرکنسانتره با کاهش فعالیت انتخاب‌گری زمینه را برای مصرف یکنواخت‌تر الیاف علوفه‌ای را فراهم نمود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۴ تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۴	
کلیدواژه‌ها: کاه گندم، جیره پرکنسانتره، اندازه علوفه، رفتار خوردن، گوارش‌پذیری الیاف، تولید شیر	

استناد: رشیدی، سامان؛ قاسمی، ابراهیم و علیخانی، مسعود (۱۴۰۴). اثرات اندازه قطعات کاه در جیره‌های پرکنسانتره بر فعالیت جویدن، انتخاب-گری خوراک و عملکرد

گاوهای شیری. نشریه علوم دامی ایران، ۵۶ (۲)، ۴۴۶-۴۲۷. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.381250.654024>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.



DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.381250.654024>

مقدمه

از حدود ۱۵/۳ میلیون هکتار اراضی کشاورزی (زراعی و باغی) ایران، حدود ۶۲٪ به کشت غلات (۹/۵ میلیون هکتار) و ۸٪ (۱ میلیون هکتار) به کشت نباتات علوفه‌ای اختصاص دارد (Agriculture Statistics of Iran, 2023). در مقایسه از کل زمین‌های کشاورزی دنیا، حدود ۴۶٪ به کشت غلات (۷۳۱ میلیون هکتار) و ۱۴٪ به نباتات علوفه‌ای اختصاص دارد (FAOSTAT, 2015). میزان تولید نباتات علوفه‌ای کشور شامل سیلاژ ذرت، یونجه، شبدر و بقیه علوفه‌ها به ترتیب ۱۸/۴، ۴/۷، ۲/۳ و ۰/۶۵ میلیون تن در سال ۱۴۰۱ گزارش شده است (Agriculture Statistics of Iran, 2023). با توجه به ماده خشک حدود ۲۵٪ برای سیلاژ ذرت و ۹۰٪ برای سایر علوفه‌ها، می‌توان انتظار داشت کل نباتات علوفه‌ای تولیدی حدود ۱۱/۵ میلیون تن علوفه بر اساس ماده خشک باشد. از منابع مهم دیگر خوراک دام علوفه مراتع می‌باشند. سهم زمین‌های مرتعی دنیا به تنهایی بیش از ۲ برابر زمین‌های کشاورزی است (Hannah & Roser, 2019). در ایران نیز حدود ۵۴٪ اراضی کشور مشابه دنیا مربوط به مراتع است؛ ولی با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک منطقه‌ای ایران، کل علوفه تولیدی از مراتع حدود ۱۰ میلیون تن گزارش شده است (Eskandari et al., 2008). آخرین منبع الیافی و خشبی مربوط به بقایای زراعی-باغی است. برای برآورد تولید کاه غلات، اساساً از نسبت غله به کاه استفاده می‌شود. در کشور، میزان کل غله تولیدی شامل گندم، جو، شلتوک و ذرت ۲۱/۲ میلیون تن گزارش شده است (Agriculture Statistics of Iran, 2023). با توجه نسبت غله به کاه حدود ۱/۳، قابلیت برداشت ۶۵٪ و ماده خشک حدود ۹۰٪ (Singh et al., 1995) می‌توان انتظار داشت حدود ۱۶/۱ میلیون تن کاه بر اساس ماده خشک تولید شود. بدین جهت کاه غلات بیشترین سهم علوفه خشبی را در کشور از نظر کمی (۴۰٪) بیشتر از نباتات علوفه‌ای و ۶۰٪ بیشتر از مراتع به خود اختصاص می‌دهد. این نسبت تولیدی و حتی قیمت در مقایسه با منابع علوفه‌ای با اکثر مناطق دنیا تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد. بعنوان نمونه در آمریکا، قیمت یونجه (ضعیف، متوسط، خوب و عالی) و کاه به ترتیب متوسط ۲۸۰ (بسته به کیفیت ۴۰۰-۲۰۰ دلار) و ۲۰۰ دلار در تن اعلام شده است (Hay Market Report, 2022; Natzke, 2022). این در حالی است که عموماً اختلاف قیمت بیشتری بین کاه (ارزان‌تر) با سایر منابع علوفه‌ای در ایران وجود دارد. با توجه به مستندات فوق پرواضح است که بهینه‌سازی استفاده از کاه غلات در جیره از لحاظ مختلف می‌تواند اهمیت به‌سزایی در این زمینه داشته باشد. در این راستا و در ادامه پژوهش‌های گذشته (Ghasemi et al., 2013; Ghasemi et al., 2014; Ghasemi et al., 2016; Omid-Mirzaee et al., 2017; Hajmahmoodi et al., 2018; Kahyani et al., 2019a, b) هدف از این پژوهش، بهینه‌سازی اندازه قطعات کاه با توجه به اثرات آن بر رفتار خوردن و انتخاب‌گری در جیره‌های پرکنسانتره بر عملکرد گاوهای شیری بود.

پیشینه پژوهشی

کاه غلات منبع فقیری از انرژی ($ME = 1/65 \text{ Mcal/kg}$)، پروتئین (۳/۷٪) و سایر مواد مغذی کم‌نیاز مانند عناصر معدنی و ویتامینی است. در واقع، بخش عمده کاه را دیواره سلولی حاوی الیاف شوینده خنثی ($NDF = 76/9$) تشکیل می‌دهد. با این وجود، میزان لیگنین اندازه‌گیری شده به روش شوینده اسیدی (ADL) کاه (۸/۱۹٪) مشابه و یا گاهی کمتر نسبت به علوفه یونجه (۹/۵۳٪) بسته به نوع گزارش شده است (Ghasemi et al., 2013; Omid-Mirzaee et al., 2017; NASEM, 2021). بدین جهت، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مشابهی برای الیاف شوینده خنثی طی انکوباسیون ۲۴ ساعت برای کاه و علوفه یونجه (۲۴/۹٪) در مقایسه با ۲۶/۰٪ گزارش شده است (Ghasemi et al., 2013). با این حال جایگزینی کاه بر مبنای علوفه در جیره ممکن است منجر به افت گوارش‌پذیری و عملکرد شیردهی گاوهای شیری شود (Ghasemi et al., 2016). البته تغذیه کاه فرآوری شده یا جایگزینی کاه بر اساس الیاف هضم نشده ($Undigested \text{ NDF}$, $uNDF$) منجر به کاهش هزینه خوراک بدون پاسخ منفی بر عملکرد گاوهای شیری نسبت به سایر منابع علوفه‌ای شد (Cameron et al., 1990; Omid-Mirzaee et al., 2017; Hajmahmoodi et al., 2018; Kahyani et al., 2019a, b). حیوانی الیاف کمتر از سایر منابع کربوهیدراتی نظیر نشاسته، الیاف محلول (م: پکتین) و یا قندهای محلول است (NASEM, 2021).

2021). گوارش‌پذیری الیاف به عوامل متعددی نظیر کیفیت علوفه (میزان لیگنین)، شرایط شکمبه (سطح کنسانتره و کربوهیدرات تخمیرپذیر، پروتئین محلول و تجزیه‌پذیر، خصوصیات فیزیکی مانند اندازه قطعات) و میزان ماندگاری خوراک و همچنین فعالیت انتخاب گاو متغیر است (Allen, 2000; NASEM, 2021). از این‌رو لزوم توجه به خصوصیات جیره هنگام تغذیه کاه در مقایسه با سایر منابع علوفه‌ای برای دستیابی به پاسخ بهینه ضروری است.

نظریه Mertens در سال ۱۹۹۷ در ارتباط بین الیاف موثر و پاسخ جویدن حیوان به‌عنوان پایه احتیاجات الیاف نشخوارکنندگان به بنا شد (Grant, 2023). نقش الیاف موثر فیزیکی (peNDF) تحریک جویدن (خوردن و نشخوار) و به‌دنبال آن ترشح بزاق، حفظ pH شکمبه و نهایتاً بهبود الگوی تخمیر شکمبه، متابولیسم حیوان و چربی شیر است (Mertens, 1997). نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهند افزایش اندازه قطعات علوفه منجر به بهبود pH شکمبه (Li *et al.*, 2020)، یا گاهی کاهش pH شکمبه (Bhandari *et al.*, 2007)، افزایش مصرف خوراک و چربی شیر و یا حتی عملکرد شیردهی در جیره‌های کم‌کنسانتره (۲۰٪) شد (Haselmann *et al.*, 2019). Beachemin *et al.*, (1994) نشان دادند افزایش قطعات سیلاژ یونجه در جیره‌های کم‌علوفه (۳۵٪) منجر به بهبود عملکرد شیردهی شد اما در جیره‌های پرعلوفه (۶۵٪) عملکرد شیردهی را کاهش داد. اگرچه الیاف علوفه‌ای بلند فعالیت جویدن، تشکیل لایه‌بندی و مت شکمبه و جذب اسیدهای چرب فرار را می‌تواند بهبود دهد و معمولاً گاوها به‌ویژه در زمانی که در معرض اسیدوز قرار دارند مصرف علوفه بلند را افزایش می‌دهند (Maulfair *et al.*, 2013)، پاسخ جویدن، الگوی تخمیر و اسیدوز تحت تأثیر عامل دیگری موسوم به فعالیت انتخاب‌گری حیوان نیز قرار دارد. به عبارت دیگر در کنار خصوصیات جیره، پاسخ به جیره فرموله شده می‌تواند تحت تأثیر مدیریت تغذیه و فعالیت انتخاب‌گری قرار گیرد (DeVries *et al.*, 2013). Maulfair *et al.*, 2013 دریافتند که افزایش اندازه قطعات گراس در جیره تأثیر شایانی بر پاسخ عملکردی و شرایط شکمبه ندارد زیرا گاوها بر اساس فعالیت انتخاب‌گری نهایتاً جیره یکسانی از نظر میانگین هندسی ذرات ($X_{gm} = 5/1-4/4 \text{ mm}$) مصرف می‌کنند. گاوها اصولاً تمایل به مصرف کمتر قطعات درشت، NDF و peNDF داشته و برعکس قطعات ریز را که شامل اجزای کنسانتره می‌شود ترجیح می‌دهند (Leonardi & Armentano, 2003). انتخاب کنسانتره حاوی کربوهیدرات با تخمیرپذیری و سرعت خوردن زیاد زمینه اختلال در تخمیر شکمبه و اسیدوز تحت حاد را فراهم می‌کند (Plaizier *et al.*, 2008). به‌طور کلی، منابع علوفه‌ای از لحاظ مواد مغذی (انرژی و پروتئین) نسبت به غلات یا منابع کنسانتره‌ای گرانتر هستند (Mertens, 2002). علاوه بر این، احتیاجات زیاد مواد مغذی در گاوهایی شیری پرتولید باعث می‌شود که از حداقل نسبت علوفه به کنسانتره استفاده شود (Mertens, 2002). این موضوع هنگام تغذیه جیره‌های برپایه علوفه‌های کم کیفیت مانند کاه به‌دلیل کمبود انرژی و پروتئین بیشتر شدیدتر می‌شود زیرا نیاز به کنسانتره بیشتری نسبت به جیره‌های بر پایه علوفه‌های معمول وجود دارد (Poore *et al.*, 1991; Estridge *et al.*, 2017; Hajmahmoodi *et al.*, 2021). Poore *et al.*, 1991 دریافتند که جایگزینی کامل یونجه با کاه به‌دلیل افزایش نسبت نشاسته به الیاف علوفه‌ای اثر سوئی بر تخمیر (کاهش نسبت استات به پروپیونات)، بازده خوراک، چربی شیر و گوارش‌پذیری دارد. تغذیه کافی الیاف موثر در جیره‌های کم‌علوفه که گاوها سرعت خوردن بالایی و فعالیت انتخاب‌گری بیشتر دارند ممکن است زمینه را برای اثرات سوء بر سلامت و عملکرد گاو بیشتر نماید (DeVries *et al.*, 2007). بنابراین اگرچه افزایش اندازه قطعات ممکن است فعالیت جویدن را افزایش دهد اما از سوی دیگر به‌دلیل فعالیت انتخاب‌گری گاو علیه قطعات درشت می‌تواند زمینه‌ساز اسیدوز تحت حاد، سندروم افت چربی و کاهش بازده به‌ویژه در جیره‌های با نشاسته بالا یا الیاف علوفه‌ای کم باشد (Li *et al.*, 2020). در ایران، کاه به ۳ شکل در دامداری‌ها مصرف می‌شود؛ شکل اول کاه بلند یا کلش بسته بندی شده است که معمولاً به صورت سرک در اختیار دام بویژه هنگام تغذیه جیره‌های پرکنسانتره قرار می‌گیرد. نوع دوم کاه با اندازه قطعات متوسط است که در جیره‌های کاملاً مخلوط (Total mixed ration, TMR) توسط فیدر-میکسرها خرد می‌شود و عموماً در تغذیه گاو پرشیر از این شکل استفاده می‌شود. شکل سوم کاه ریز خرد شده با خرمکوب یا علوفه‌کوب می‌باشد. هدف از این مطالعه، تعیین اندازه قطعات بهینه کاه (اندازه‌ای که منجر به

نشخوار و تحریک فعالیت جویدن شود اما انتخاب گری علیه قطعات درشت آن صورت نگیرد) با توجه به رفتار تغذیه ای و عملکرد گاوهای شیری در جیره های پرکنسانتره بود.

روش شناسی پژوهش

محل انجام آزمایش و حیوانات آزمایشی

این آزمایش در مزرعه آموزشی - پرورشی لورک (۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان) و بر اساس دستورالعمل کمیته پژوهشی گروه علوم دامی دانشگاه صنعتی اصفهان صورت پذیرفت. دوازده راس گاو هلشتاین شیرده (روزهای شیردهی $114 \pm 11/8$ ، تولید شیر $3/2 \pm 48/7$ و وزن 18 ± 600 کیلوگرم و نمره وضعیت بدنی $0/26 \pm 2/64$) در طرح مربع لاتین 3×3 مورد استفاده قرار گرفتند. گاوها بر اساس تولید شیر، شکم زایش و روزهای شیردهی به طور متوازن بین تیمارهای آزمایشی توزیع شدند. در این طرح، ۳ جیره آزمایشی (تیمار) در ۳ دوره مورد بررسی قرار گرفتند. طول هر دوره آزمایشی ۲۸ روز بود که ۲۱ روز نخست جهت عادت پذیری گاوهای به جیره های آزمایشی و ۷ روز آخر جهت نمونه گیری و داده برداری در نظر گرفته شد. همه جیره های آزمایشی حاوی نسبت علوفه به کنسانتره ۳۲ به ۶۸ (بر اساس ماده خشک) بودند. منبع علوفه ای جیره سیلاژ ذرت، یونجه خشک و کاه گندم بودند و به نسبت ثابت در جیره ها استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱. اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره آزمایشی

مورد	درصد
مواد خوراکی	
سیلاژ ذرت	۱۲/۸
کاه گندم	۱۰/۰
یونجه خشک	۹/۲
کنسانتره ^۱	۶۸/۰
ماده خشک و ترکیب شیمیایی	
ماده خشک، درصد از طبیعی	۶۷/۶
انرژی خالص شیردهی، مگا کالری در کیلوگرم	۱/۶۴
پروتئین خام، درصد از ماده خشک	۱۵/۲
عصاره اتری، درصد از ماده خشک	۴/۰
خاکستر، درصد از ماده خشک	۸/۴
الیاف شوینده ی خنثی، درصد از ماده خشک	۳۲/۲
کربوهیدرات های غیرالیافی، درصد از ماده خشک	۴۱/۶
نشاسته، درصد از ماده خشک	۳۱/۷
کربوهیدرات های محلول، درصد از ماده خشک	۳/۷
الیاف شوینده خنثی علوفه ای، درصد از ماده خشک	۱۹/۲
نسبت نشاسته به الیاف شوینده خنثی علوفه ای	۱/۶۵

^۱ کنسانتره حاوی (بر اساس ماده خشک): ۴۶/۱٪ دانه ذرت آسیاب شده، ۱۵/۵٪ دانه جو آسیاب شده، ۲۲/۵٪ کنجاله سویا، ۳/۱٪ دانه سویا اکسترو شده، ۳/۱٪ پنبه دانه، ۳/۱٪ سبوس برنج، ۱/۲٪ پودر چربی (مالزی، Erafed, Extima 100، ۹۹/۵٪ عصاره اتری، ۳٪ - میریستیک، ۸۰٪ پالمیتیک، ۱۰-۵ استئاریک، ۱۲-۸ اولئیک)، ۰/۹۹٪ کلسیم کربنات، ۰/۳۵٪ منیزیم اکسید، ۰/۴۴٪ سدیم کلرید، ۱/۲٪ سدیم بیکربنات، ۰/۷۳٪ پری میکس معدنی (هر کیلوگرم حاوی ۲۴۵ گرم کلسیم، ۵۵ گرم منیزیم، ۱۸ گرم روی، ۱۳/۵ گرم منگنز، ۴/۵ گرم مس، ۰/۲ گرم ید، ۰/۱ گرم کبالت و ۰/۰۷۲ گرم سلنیوم) و ۰/۷۳٪ پیش مخلوط ویتامینی (هر کیلوگرم حاوی ۱۵۰۰۰۰ IU ویتامین A، ۲۵۰۰۰۰ IU ویتامین D، ۱۵۰۰۰ IU ویتامین E، ۲ گرم روی آلی، ۱/۵ گرم منگنز آلی، ۰/۵ گرم مس آلی، ۰/۰۰۸ گرم سلنیوم آلی، ۳ گرم مونسین و ۰/۲ گرم بیوتین)

گاه گندم حدود یک سوم بخش علوفه‌ای جیره (۱۰٪ کل جیره) را تشکیل می‌داد و به سه صورت ریز، متوسط و درشت به‌عنوان ۳ تیمار آزمایشی در اختیار گاوها قرار می‌گرفت. در تیمار سوم (درشت)، نیمی از گاه به‌صورت متوسط و به‌شکل کاملاً مخلوط در جیره استفاده می‌شد و نیم دیگر گاه بلند به‌صورت سرک در اختیار گاوها قرار می‌گرفت. گاه گندم در تیمار ریز توسط علوفه‌کوب با اندازه منافذ ۱۰ میلی‌متر و گاه گندم متوسط توسط فیدر-میکسر خرد شد. یونجه توسط علوفه‌کوب با اندازه منافذ ۱۵ میلی‌متر خرد شد. میانگین هندسی قطعات آسیاب شده گاه ریز، متوسط و درشت به ترتیب ۶/۹۰، ۱۳/۳ و ۲۲/۱ میلی‌متر و برای یونجه و سیلاژ ذرت به ترتیب ۴/۳۶ و ۹/۵۲ میلی‌متر بود (جدول ۲). جیره‌ها به‌صورت کاملاً مخلوط (TMR) تهیه می‌شدند و در حد اشتها (۱۰٪ پس‌آخور) در دو وعده صبح (۰۹:۳۰) و عصر (۱۷:۳۰) در اختیار گاوها قرار می‌گرفت. توزان جیره از نظر مواد مغذی بر مبنای تولید ۴۸ کیلوگرم شیر و ماده خشک مصرفی ۲۵ کیلوگرم با استفاده از نرم افزار CNCPS صورت گرفت (نسخه ۵،۰،۰۴).

داده برداری و نمونه‌گیری

گاوها ۳ بار در روز (۰۹:۰۰، ۱۷:۰۰، ۰۱:۰۰) دوشیده می‌شدند و تولید شیر روزانه طی ۷ روز آخر هر دوره اندازه‌گیری می‌شد. در طی این ۷ روز در هر دوره، ۳ روز از وعده‌های صبح، عصر و شب نمونه‌گیری شیری به‌عمل می‌آمد و میزان چربی، پروتئین، لاکتوز و کل مواد جامد توسط دستگاه میلکواسکن (Mil-scan 3510-093701 FUNKE GERBER) تعیین می‌گردید. وزن بدن و ضخامت چربی پشت گاوها با استفاده از دستگاه اولتراسونوگرافی (BCF, Sono Vet Technology Ltd., WestLothian EH 549J, Scotland, UK) در ابتدا و انتهای هر دوره توسط دامپزشک مزرعه تعیین می‌شد.

مصرف خوراک روزانه در طول دوره آزمایشی اندازه‌گیری شد و از مصرف خوراک ۷ روز پایانی هر دوره برای تجزیه آماری استفاده شد. نمونه‌برداری از خوراک، علوفه و پس‌آخور در ۵ روز از هر دوره آزمایشی صورت گرفته و مصرف خوراک بر اساس پس‌آخور تصحیح می‌شد. توزیع اندازه قطعات علوفه، جیره‌ها و پس‌آخور با استفاده از ۳ غربال پنسیلوانیا (الک ۱۹، ۸، ۱/۱۸ میلی‌متر) و یک سینی مطابق روش معیار (Kononoff et al., 2003) تعیین شد. میزان الیاف موثر فیزیکی < ۸ میلی‌متر (peNDF $>_{۸mm}$) و $< ۱/۱۸$ میلی‌متر (peNDF $>_{۱/۱۸mm}$) با توجه به میزان باقیمانده روی الک و الیاف جیره محاسبه شد. شاخص انتخاب به صورت نسبت مصرف واقعی خوراک در ۴ و ۲۴ ساعت پس از خوراک‌دهی به مصرف مورد انتظار قطعات باقیمانده روی هر الک پنسیلوانیا محاسبه شد (Leonardi & Armentano, 2003). برای این منظور، کل خوراک باقیمانده پس از ۴ ساعت خوردن، وزن، نمونه‌برداری و دوباره به آخور بازگردانده شد. در حالیکه مصرف باقیمانده پس از ۲۴ ساعت به‌عنوان پس‌آخور در نظر گرفته شد. برای تعیین مصرف مورد انتظار برای هر الک از خوراک داده شده و برای تعیین مصرف خوراک واقعی از خوراک عرضه شده و تصحیح برای پس‌آخور استفاده شد.

نمونه‌گیری از مدفوع طی ۳ روز (روزهای ۲۳، ۲۴ و ۲۵) در هر دوره به فاصله زمانی هر ۹ ساعت یک‌بار صورت می‌گرفت (۸ نمونه برای هر گاو). نمونه‌ها تا انجام تجزیه آزمایشگاهی در دمای ۲۰- درجه فریز می‌شدند. پس از یخ‌گشایی، ماده خشک نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد. از خاکستر نامحلول در اسید به‌عنوان نشانگر داخلی جهت تعیین گوارش‌پذیری ظاهری کل دستگاه گوارش استفاده شد (Van Keulen & Young, 1997).

در روز ۲۷ از هر دوره آزمایشی فعالیت‌های خوردن، نشخوار، استراحت در طول ۲۴ ساعت هر ۵ دقیقه یک‌بار ثبت می‌شد. فرض بر این بود که هر کدام از فعالیت‌ها به مدت ۵ دقیقه ادامه پیدا می‌کند (Colenbrander et al., 1991). زمان صرف شده برای خوردن و نشخوار به ازای خوراک مصرفی همان روز محاسبه شدند.

نمونه‌گیری از خون در روز ۲۵ هر دوره آزمایشی ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی صبح از ورید دمی گاوها صورت می‌گرفت. پس از سانتریفیوژ (۳۰۰ دور در دقیقه و ۱۵ دقیقه) نمونه‌ها در فریزر تا انجام تجزیه نگهداری می‌شدند. میزان گلوکز و نیتروژن اوره‌ای خون به‌وسیله دستگاه اتوآنالایزر (Abbott Alycon 300, USA) با استفاده از کیت‌های پارس آزمون (Pars Azmun)

تعیین شد. نمونه گیری از مایع شکمبه در روز آخر هر دوره آزمایشی ۴ ساعت پس از خوراک دهی صبح با روش رومنوستسیس صورت می گرفت و pH شکمبه نمونه بلافاصله تعیین می شد.

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی و اندازه قطعات منابع علوفه ای جیره شامل یونجه، سیلاژ ذرت و کاه ریز، متوسط و بلند

مورد	سیلاژ ذرت	یونجه خشک	کاه گندم	ریز	متوسط	بلند
ترکیب شیمیایی، درصد از ماده خشک (در غیراینصورت بیان شده است)						
ماده خشک، درصد از طبیعی	۲۳/۵	۹۴/۳	۹۷/۱	۹۷/۱	۹۷/۱	۹۷/۱
پروتئین خام	۹/۰	۱۴/۵	۵/۲	۵/۲	۵/۲	۵/۲
الیاف شوینده ی خنثی	۵۴/۹	۴۷/۲	۷۶/۵	۷۶/۵	۷۶/۵	۷۶/۵
کربوهیدرات های غیرالیافی	۲۵/۶	۲۶/۰	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵
نشاسته	۲۰/۲	۲/۳	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸
خاکستر	۸/۰	۱۰/۰	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۷
NEL، مگا کالری در کیلوگرم	۱/۲۵	۱/۲۲	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸
توزیع و اندازه قطعات						
< ۱۹ میلی متر	۱۴/۶	۲/۲۶	۳/۱۶	۴۱/۵	۷۲/۳	
۸-۱۹ میلی متر	۵۶/۸	۳۲/۷	۵۳/۸	۳۵/۵	۲۱/۶	
۱/۱۸-۸ میلی متر	۲۵/۷	۴۶/۸	۳۷/۲	۲۱/۸	۵/۴۹	
> ۱/۱۸ میلی متر	۲/۸۱	۱۸/۳	۵/۸۳	۱/۲۱	۰/۱۶	
میانگین هندسی ذرات، میلی متر	۹/۵۲	۴/۳۶	۶/۹۰	۱۳/۳	۲۲/۱	
الیاف موثر فیزیکی < ۸ میلی متر	۳۹/۲	۱۶/۵	۴۳/۶	۵۹/۰	۷۲/۲	
الیاف موثر فیزیکی < ۱/۱۸ میلی متر	۵۳/۳	۳۸/۵	۷۲/۱	۷۵/۶	۷۶/۴	

(پروتئین همراه با الیاف شوینده خنثی - عصاره اتری + خاکستر + پروتئین خام + الیاف شوینده خنثی) - ۱۰۰ = کربوهیدرات های غیرالیافی (NFC)

الیاف شوینده خنثی (NDF) $\times \text{pef} > 8 = \text{peNDF}_{>8\text{mm}}$

الیاف شوینده خنثی (NDF) $\times \text{pef} > 1/18 = \text{peNDF}_{>1/18\text{mm}}$

جدول ۳. توزیع اندازه ذرات، میانگین اندازه ذرات و الیاف موثر فیزیکی جیره های حاوی ۱۰٪ کاه ریز، متوسط و درشت

مورد	ریز	متوسط	درشت/مخلوط و سرک
< ۱۹ میلی متر	۶/۳۳	۱۰/۰	۱۶/۴
۸-۱۹ میلی متر	۲۲/۷	۲۱/۶	۱۹/۵
۱/۱۸-۸ میلی متر	۳۶/۸	۳۵/۰	۳۱/۰
> ۱/۱۸ میلی متر	۳۴/۲	۳۳/۴	۳۳/۲
میانگین هندسی ذرات، میلی متر	۳/۳۸	۳/۶۸	۴/۲۹
الیاف موثر فیزیکی < ۸ میلی متر (peNDF _{8mm})	۹/۵۶	۱۰/۴	۱۱/۸
الیاف موثر فیزیکی < ۱۹ میلی متر (peNDF _{1/18mm})	۲۱/۷	۲۱/۹	۲۲/۰

الیاف شوینده خنثی (NDF) $\times \text{pef} > 8 = \text{peNDF}_{>8\text{mm}}$

الیاف شوینده خنثی (NDF) $\times \text{pef} > 1/18 = \text{peNDF}_{>1/18\text{mm}}$

تجزیه آماری داده ها

این آزمایش در قالب طرح پایه مربع لاتین 3×3 تکرار شده با ۳ دوره و ۳ تیمار اجرا شد. برای جلوگیری از اثرات جانبی تیمارهای آزمایشی قبل دوره عادت پذیری ۲۱ روز در نظر گرفته شد. داده های جمع آوری شده برای تولید شیر، مصرف خوراک و فعالیت انتخاب در هر دوره تجمیع شدند. با استفاده از رویه مختلط نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (SAS, 2002). داده های آماری مطابق مدل آماری زیر تجزیه و تحلیل شدند:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + S_j + C(S)_{kj} + T_l + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} متغیر وابسته، μ میانگین متغیر، P_i اثر ثابت دوره، S_j اثر ثابت مربع، $C(S)_{kj}$ اثر تصادفی گاو در مربع، T_l اثر ثابت تیمار و e_{ijkl} خطای تصادفی باقیمانده در نظر گرفته شدند. از روش مقایسات مستقل چند جمله ای برای تعیین سطح معنی داری به صورت خطی و درجه ۲ تیمار استفاده شد. سطح معنی داری > 0.05 به عنوان معنی دار و بین 0.05 تا 0.1 به عنوان تمایل به معنی داری در نظر گرفته شد.

یافته های پژوهش

ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی منابع علوفه ای و جیره ها

جدول ۱ ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی را نشان می دهد. بر اساس طرح و احتیاجات دام، نسبت علوفه به کنسانتره ۳۲ به ۶۸ در جیره های آزمایشی بود. در نتیجه، سطح کربوهیدرات های غیرالیافی ($41/6$ درصد)، نشاسته ($31/7$ درصد) و نسبت نشاسته به الیاف شونده خنثی علوفه ای ($1/65$) بود. ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی علوفه ها در جدول ۲ نشان داده شده است. از نظر اندازه قطعات، کمترین مقدار باقیمانده روی الک های درشت (19 و 8 میلی متر) برای علوفه یونجه مشاهده شد. میانگین هندسی اندازه قطعات در سیلاژ ذرت بیش از ۲ برابر علوفه یونجه ($9/52$ و $4/36$ میلی متر) بود. این مورد به همراه الیاف شونده خنثی کمتر در علوفه یونجه باعث شد که کمترین میزان الیاف موثر فیزیکی بزرگتر از 8 میلی متر ($16/5\%$) $peNDF_{>8mm}$ مربوط به علوفه یونجه باشد. کاه گندم حتی به شکل ریز، میزان الیاف موثر فیزیکی ($peNDF_{>8mm}$) و $peNDF_{>118mm}$ بیشتری نسبت به هر دو علوفه داشت. میانگین هندسی اندازه قطعات برای کاه ریز، متوسط و درشت به ترتیب $6/90$ ، $13/3$ و $22/1$ میلی متر بود. با افزایش اندازه قطعات کاه، میزان قطعات باقیمانده روی الک 19 میلی متر به طور خطی افزایش و برعکس میزان قطعات بین $8-19$ میلی متر به طور خطی کاهش یافت. به عبارت دیگر، بیشترین میزان قطعات باقیمانده روی الک 19 میلی متر و 8 میلی متر به ترتیب مربوط به کاه درشت و کاه ریز بود. جیره های آزمایشی همگی از نظر خصوصیات شیمیایی و $peNDF_{>118mm}$ یکسان بودند (جدول ۱ و ۳) ولی از نظر توزیع اندازه قطعات، میانگین هندسی اندازه قطعات و $peNDF_{>8mm}$ متفاوت بودند. میانگین هندسی اندازه های قطعات جیره های حاوی کاه ریز، متوسط و درشت به ترتیب $3/38$ ، $3/68$ به $4/29$ میلی متر بود.

مصرف خوراک، فعالیت انتخاب گری و گوارش پذیری

مصرف خوراک ۴ و ۲۴ ساعت پس از خوراک دهی روزانه در جدول ۴ گزارش شده است. میانگین خوراک مصرفی روزانه (24 ساعت) در تمام تیمارهای آزمایشی (حدود 27 کیلوگرم در روز) یکسان بود ($P > 0.05$). هرچند، مصرف خوراک در ساعات اولیه پس از خوراک دهی (4 ساعت) به طور خطی ($P = 0.01$) با افزایش اندازه قطعات کاه افزایش یافت. البته میزان الیاف شونده خنثی مصرفی در گاوهای تغذیه شده با کاه ریز بیشتر از کاه درشت یا متوسط بود ($P < 0.01$).

فعالیت انتخاب گری گاوها طی ۴ و ۲۴ ساعت پس از خوراک دهی روند تقریباً مشابهی داشت (جدول ۵). همه گاوها در تیمارهای مختلف علیه قطعات بلند و به نفع قطعات یا ذرات ریز انتخاب داشتند. البته، شدت انتخاب گری در ۴ ساعت پس از خوراک دهی بیشتر از ۲۴ ساعت بود. پس از ۴ ساعت خوراک دهی، در تیمار کاه ریز میانگین فعالیت انتخاب گری برای قطعات 19 میلی متر 10.7% و برای کاه متوسط و درشت به ترتیب $74/6\%$ و $44/8\%$ بود ($P < 0.01$) که نشان می دهد گاوها در تیمار

حاوی کاه متوسط و درشت علیه قطعات درشت انتخاب می نمودند. میانگین فعالیت انتخابگری برای ذرات $>1/18$ میلی متر (سینی) در تیمار کاه ریز 10.7% و برای کاه متوسط و درشت به ترتیب 11.4% و 12.3% طی ۴ ساعت از خوراک دهی بود که نشان می دهد گاوهای تیمارهای حاوی کاه متوسط و درشت ذرات ریز بیشتری مصرف می نمودند ($P=0.01$). فعالیت انتخابگری برای قطعات متوسط ($8-19$ میلی متر) بین تیمارهای آزمایشی معنی دار نبود ($P>0.05$) و برای قطعات کوچک ($8-1/18$ میلی متر) در ۴ ساعت پس از خوراک دهی تمایل به معنی داری داشت ($P=0.07$). روند مشابهی برای فعالیت انتخابگری پس از ۲۴ ساعت بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد؛ بطوری که گاوهای تغذیه شده با جیره های کاه درشت فعالیت انتخاب بیشتری علیه قطعات درشت (<19 میلی متر) و به نفع قطعات ریز ($>1/18$ میلی متر) داشتند ($P<0.01$).

میانگین گوارش پذیری مواد مغذی در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود گوارش پذیری ماده خشک و به ویژه الیاف شوینده خنثی به طور خطی با افزایش اندازه قطعات کاه کاهش یافت ($P>0.01$).

جدول ۴. مصرف خوراک پس از ۴ و ۲۴ ساعت پس از خوراک دهی در گاوهای شیری تغذیه شده با جیره های حاوی کاه ریز، متوسط و درشت.

مقدار P	خطی	میانگین خطای معیار	جیره های آزمایشی			فراسنجه
			درشت/مخلوط و سرک	متوسط	ریز	
درجه دوم						
۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۷۰۲	۱۰/۹	۱۰/۷	۹/۲۸	DM مصرفی ۴ ساعت پس از خوراک دهی، کیلوگرم
۰/۸۳	۰/۲۹	۰/۶۸۰	۲۶/۷	۲۷/۰	۲۷/۲	DM مصرفی ۲۴ ساعت پس از خوراک دهی، کیلوگرم
۰/۶۱	۰/۰۰۳	۰/۲۵۱	۸/۲۹	۸/۶۲	۸/۸۳	NDF مصرفی ۲۴ ساعت پس از خوراک دهی، کیلوگرم

جدول ۵. فعالیت انتخابگری پس از ۴ و ۲۴ ساعت پس از خوراک دهی در گاوهای شیری تغذیه شده با جیره های حاوی کاه ریز، متوسط و درشت.

مقدار P	خطی	میانگین خطای معیار	جیره های آزمایشی			فراسنجه
			درشت/مخلوط و سرک	متوسط	ریز	
درجه دوم						
۰/۹۰	<0.001	۷/۵۸	۴۴/۸	۷۴/۶	۱۰۷	فعالیت انتخابگری پس از ۴ ساعت خوراک دهی، درصد
۰/۴۷	۰/۹۷	۵/۴۸	۹۲/۷	۹۷/۲	۹۲/۹	<19 میلی متر
۰/۶۴	۰/۰۷	۳/۱۲	۹۷/۶	۹۱/۶	۸۹/۰	$8-19$ میلی متر
۰/۸۰	۰/۰۱	۳/۶۹	۱۲۳	۱۱۴	۱۰۷	$1/8-18$ میلی متر
						$>1/18$ میلی متر
۰/۲۱	۰/۰۰۸	۳/۴۱	۸۳/۵	۹۱/۷	۹۲/۹	فعالیت انتخابگری پس از ۲۴ ساعت خوراک دهی، درصد
۰/۲۶	۰/۲۷	۱/۰۹۳	۹۸/۳	۱۰۰	۹۹/۷	<19 میلی متر
۰/۱۴	>0.001	۰/۵۲۱	۱۰۰۲	۱۰۰	۹۹/۷	$8-19$ میلی متر
۰/۴۴	>0.001	۰/۷۳۲	۱۰۴	۱۰۳	۱۰۱	$1/8-18$ میلی متر
						$>1/18$ میلی متر

جدول ۶. گوارش پذیری جیره های حاوی کاه ریز، متوسط و درشت.

مقدار P	خطی	میانگین خطای معیار	جیره های آزمایشی			فراسنجه
			درشت/مخلوط و سرک	متوسط	ریز	
درجه دوم						
۰/۵۱	۰/۰۰۳	۱/۲۵	۶۸/۰	۷۰/۱	۷۳/۵	گوارش پذیری، %
۰/۳۳	۰/۰۰۲	۲/۰۹	۴۳/۸	۴۶/۲	۵۲/۴	DM
						NDF

تولید و ترکیبات شیر و بازده استفاده از خوراک

داده‌های مربوط به تولید و ترکیبات شیر، بازده غذایی، تغییرات وزن بدن و متابولیت‌های خونی در جدول ۷ گزارش شده است. متوسط میزان تولید شیر (۴۷/۱ کیلوگرم در روز)، تولید شیر تصحیح شده بر اساس چربی (۴۱/۳ کیلوگرم در روز)، چربی شیر (۲/۷۷٪)، پروتئین شیر (۲/۸۸٪)، لاکتوز (۴/۶۶٪) و نسبت چربی به پروتئین شیر (۰/۹۷) تحت تاثیر تیمارهای خوراکی قرار نگرفتند ($P>0.05$). همچنین میزان بازده شیر تولیدی (۱/۷۶) بین تیمارهای آزمایشی یکسان بود ($P>0.05$). متابولیت‌های خونی گلوکز (۷۳/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) و آسپاراتات آمینوترانسفراز (۸۶/۰ U/L) تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P>0.05$). نیتروژن اورهای خون در جیره‌های حاوی کاه ریز، متوسط و درشت به ترتیب ۱۸/۳، ۲۰/۱ و ۲۰/۶ میلی‌لیتر در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود و به‌طور خطی با افزایش اندازه قطعات کاه افزایش یافت ($P=0.01$). میانگین pH شکمبه در گاوهای تغذیه شده با کاه ریز، متوسط و درشت به ترتیب ۶/۳۴، ۶/۳۸ و ۶/۱۹ بود و تفاوتی بین تیمارهای آزمایشی نداشت ($P>0.05$).

جدول ۷. تولید و ترکیبات شیر و بازده خوراک در گاوهای شیری تغذیه شده با جیره های حاوی کاه ریز، متوسط و درشت.

مقدار-P	خطی	میانگین خطای معیار	جیره‌های آزمایشی			فراسنجه
			درشت/مخلوط و سرک	متوسط	ریز	
درجه دوم						
						تولید، کیلوگرم در روز
۰/۶۳	۰/۵۸	۱/۱۴	۴۷/۱	۴۷/۰	۴۷/۴	شیر
۰/۹۸	۰/۸۰	۱/۲۹	۴۱/۰	۴۱/۳	۴۱/۵	شیر تصحیح شده برای چربی
۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۰۶۰	۱/۳۱	۱/۲۸	۱/۳۵	چربی
۰/۲۷	۰/۴۹	۰/۰۳۰	۱/۳۵	۱/۳۴	۱/۳۷	پروتئین
۰/۱۴	۰/۶۷	۰/۰۵۰	۲/۲۱	۲/۱۶	۲/۲۲	لاکتوز
						ترکیب شیر، درصد
۰/۴۲	۰/۳۰	۰/۱۲	۲/۷۶	۲/۷۵	۲/۸۴	چربی
۰/۰۰۸	۰/۳۸	۰/۰۲۰	۲/۸۹	۲/۸۷	۲/۸۸	پروتئین
۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۰۴۰	۴/۷۰	۴/۶۲	۴/۶۷	لاکتوز
۰/۰۲	۰/۳۴	۰/۰۴۰	۷/۳۲	۷/۲۷	۷/۳۰	ماده خشک بدون چربی
۰/۶۳	۰/۳۹	۰/۰۴	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۹	نسبت چربی به پروتئین
						بازده تولید شیر
۰/۵۱	۰/۷۸	۰/۰۴۰	۱/۷۷	۱/۷۵	۱/۷۶	شیر به ماده خشک مصرفی
						وزن بدن
۰/۹۹	۳۷۰	۱۳/۹	۶۱۴	۶۱۵	۶۱۷	وزن بدن، کیلوگرم
	۰/۸۴	۰/۹۴	۶/۲۵	۷/۸۲	۶/۷۷	تغییر وزن، کیلوگرم
۰/۹۲	۰/۷۵	۱/۰۲	۲۷/۵	۲۷/۴	۲۷/۱	ضخامت لایه چربی، میلی‌متر
۰/۹۹	۰/۶۹	۱/۲۲	۰/۲۵	-۰/۰۸	-۰/۴۶	تغییرات ضخامت لایه چربی، میلی‌متر
						متابولیت‌های خون
۰/۰۹	۰/۹۱	۱/۶۶	۶۸/۹	۷۲/۱	۶۹/۱	گلوکز، میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر
۰/۳۷	۰/۰۱	۱/۱۴	۲۰/۶	۲۰/۱	۱۸/۳	نیتروژن اورهای خون، میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر
۰/۶۶	۰/۳۷	۰/۹۱۲	۸۵/۶	۸۷/۲	۸۵/۲	آسپاراتات آمینوترانسفراز، واحد در لیتر
						شکمبه
۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۱۳۱	۶/۱۹	۶/۳۸	۶/۳۴	pH

فعالیت جویدن و الگوی مصرف خوراک

داده‌های مربوط به رفتار جویدن و الگوی خوراک مصرفی در جدول ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان کل زمان خوردن با افزایش اندازه قطعات کاه در جیره به‌طور خطی (از ۳۳۸ به ۳۶۷ دقیقه در روز) افزایش یافت ($P=0/02$). به همین شیوه سرعت خوردن گاوها با افزایش اندازه قطعات کاه به‌طور خطی کاهش یافت ($P<0/01$). تعداد وعده خوردن و متوسط زمان هر وعده تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P>0/05$).

میزان نشخوار (دقیقه در روز) در تیمارهای آزمایشی حاوی کاه ریز، متوسط و درشت به ترتیب ۵۳۵، ۵۱۵ و ۵۰۴ دقیقه در روز بود و برخلاف شیوه خوردن به‌طور متمایل ($P=0/07$) به‌طور خطی با افزایش اندازه قطعات کاه در جیره کاهش یافت. میزان جویدن کل (خوردن و نشخوار کردن) به‌صورت دقیقه در روز بین تیمارهای آزمایشی یکسان بود.

جدول ۸. فعالیت جویدن و الگوی خوردن در گاوهای شیری تغذیه شده با جیره های حاوی کاه ریز، متوسط و درشت.

فراسنجه	جیره‌های آزمایشی			میانگین	مقدار P-خطی
	ریز	متوسط	درشت/مخلوط و سرک		
خوردن					
کل، دقیقه در روز	۳۳۸	۳۶۶	۳۶۷	۱۵/۰	۰/۰۲
سرعت خوردن، کیلوگرم در دقیقه	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۰۴	<۰/۰۱
وعده، در روز	۱۰/۶	۱۰/۱	۱۰/۴	۰/۵۳۰	۰/۷۶
طول هر وعده، دقیقه در هر وعده	۳۳/۸	۳۶/۶	۳۶/۴	۲/۱۹	۰/۱۶
دقیقه به کیلوگرم خوراک مصرفی	۱۲/۶	۱۳/۶	۱۳/۸	۰/۶۶	۰/۰۳
دقیقه به الیاف شوینده خنثی مصرفی	۳۸/۹	۴۲/۷	۴۴/۶	۱/۹۹	۰/۰۱
نشخوار کردن					
کل، دقیقه در روز	۵۳۵	۵۱۵	۵۰۴	۲۶/۸	۰/۰۷
وعده، در روز	۱۲/۶	۱۲/۸	۱۲/۶	۰/۳۶۰	۰/۸۶
طول وعده، دقیقه در هر وعده	۴۳/۰	۴۰/۱	۴۰/۴	۲/۲۲	۰/۱۷
دقیقه به کیلوگرم خوراک مصرفی	۲۰/۰	۱۹/۳	۱۹/۱	۱/۳۰	۰/۱۹
دقیقه به الیاف شوینده خنثی مصرفی	۶۱/۶	۶۰/۹	۶۱/۵	۴/۳۹	۰/۹۸
کل جویدن					
کل، دقیقه در روز	۸۷۳	۸۸۱	۸۷۲	۳۲/۸	۰/۹۵
دقیقه به کیلوگرم خوراک مصرفی	۳۲/۶	۳۲/۹	۳۲/۹	۱/۷۰	۰/۷۱
دقیقه به الیاف شوینده خنثی مصرفی	۱۰۰	۱۰۴	۱۰۶	۵/۶۳	۰/۰۷

بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی جیره‌ها

مصرف کافی الیاف موثر در جیره‌های پرکنسانتره برای تامین الیاف مورد نیاز جویدن، سلامتی شکمبه، حفظ چربی شیر و پیشگیری از اختلالات متابولیک مانند اسیدوز تحت حاد و لامیناییتیس (التهاب کوریوم سم) یکی از مهمترین چالش‌های تغذیه‌ای است. در این پژوهش نسبت چربی به پروتئین شیر همه گاوها کمتر از ۱ بود که ناشی از تغذیه بالای کنسانتره و احتمالاً اسیدوز تحت حاد باشد (Kleen et al., 2003). سطح پیشنهادی الیاف شونده خنثی، نشاسته، نسبت نشاسته به الیاف علوفه‌ای بسته به مقدار و نوع کنسانتره، منبع علوفه‌ای، تغذیه منابع الیافی غیرعلوفه‌ای و اندازه قطعات علوفه متفاوت است. آکادمی ملی دانش، پزشکی و مهندسی آمریکا (NASEM, 2021) کمینه‌ی سطح الیاف شونده‌ی خنثی (NDF) و الیاف شونده خنثی علوفه‌ای (FNDF) و بیشینه‌ی نشاسته جیره را به ترتیب حدود ۲۵٪، ۱۹٪ و ۳۰٪ پیشنهاد نموده است. این

مقادیر برای تغذیه جیره‌های برپایه غله ذرت، تغذیه TMR، اندازه کافی قطعات علوفه و مدیریت مناسب تغذیه (فضای آخور و ...) بیان شده است. از نظر فیزیکی، نتایج یک فراتحلیل نشان داد حداقل $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ مورد نیاز برای حفظ $\text{pH} > 5.8$ شکمبه و نشخوار کافی بایستی حدود 18.5% و برای نیل به حداکثر خوراک مصرفی بین $18.5\% - 14.9\%$ باشد (Zebeli et al., 2012). در این پژوهش، جیره‌ها حاوی سطح نشاسته (31.7%) بیشتر و مقدار الیاف شوینده خنثی علوفه‌ای (19.2%) و $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ $(9.6 - 11.8\%)$ کمتر از میزان پیشنهادی (NASEM (2021) بودند ولی الیاف شوینده خنثی جیره‌ها (32.2%) بیشتر از حد توصیه و $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ (حدود 22%) مطابق با توصیه صورت گرفته $(20 - 22\%)$ برای حفظ چربی شیر (3.4%) و pH شکمبه (6.0) توسط Mertens (1997) بود. در پژوهش Poor et al., (1991) هنگام تغذیه بیشینه‌ی کاه در جیره سطح کنسانتره و نشاسته به ترتیب به 72% و 29.9% افزایش یافت. تغذیه این جیره با کاهش pH شکمبه و اسیدوز منجر به افت نسبت چربی به پروتئین شیر از $1/14$ به 0.87 شد. Kahyani et al., (2019a) با افزایش سطح کاه از تفاله چغندر نیز جهت توازن گوارش‌پذیری الیاف در جیره استفاده نمودند. این اصلاح سبب شد تا بلعکس مطالعه قبل سطح نشاسته (از 29 به 23%) کاهش یابد و همچنین نسبت چربی به پروتئین شیر از 0.96 به $1/11$ افزایش یابد. تنها در مطالعه Hajmahmoodi et al., (2018) با افزایش سطح کاه در جیره سطح نشاسته (حدود 30%) و کربوهیدرات‌های غیرالیافی (41%) ثابت بود و نسبت چربی به پروتئین شیر (0.95) تحت تاثیر قرار نگرفت. بدین جهت، نسبت چربی به پروتئین کمتر از 1 در پژوهش حاضر می‌تواند در درجه اول به دلیل سطح نشاسته زیاد و سپس میزان $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ کم باشد. نشاسته کربوهیدرات سریع تخمیرپذیر است و در نتیجه تولید اسیدهای چرب فرار زیاد زمینه را برای افت pH شکمبه فراهم می‌نماید. اگرچه در این پژوهش سطح pH شکمبه بین تیمارهای آزمایشی یکسان (6.3) و در سطح مطلوبی قرار داشت، با توجه به نسبت کم چربی به پروتئین شیر ممکن است این داده به تولید اسیدهای چرب ترانس در شکمبه (حضور دانه سویا و پنبه‌دانه)، خطای نمونه‌برداری، زمان نمونه‌برداری، کالیبراسیون یا اندازه‌گیری مربوط باشد. در پژوهش Robinson et al., (1986) با تغذیه جیره حاوی نشاسته مشابه این آزمایش (32%) ، pH شکمبه در طول 18 ساعت کمتر از 6.2 بود. نشاسته زیاد (32%) و یا اسیدهای چرب چندغیراشباع هر دو عواملی برای کاهش چربی شیر می‌باشند (Liu et al., 2023). افزایش نشاسته جیره با تغییر میکروفلور، افت pH شکمبه و گوارش‌پذیری الیاف و افزایش اسیدهای چرب ترانس- 10 باعث کاهش چربی شیر می‌شود. Zebeli et al., (2012) نشان دادند که $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ $30 - 33$ شاخص مناسبی برای فعالیت جویدن و نشخوار است و در جیره‌های TMR حداقل $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ مورد نیاز حدود $30 - 33$ درصد برای حفظ چربی شیر و pH شکمبه است. علاوه بر سندرم کاهش چربی شیر، گاو در معرض اسیدوز تحت حاد دچار چالش‌های دیگری مانند لنگش، کاهش نمره مدفوع و افزایش برخی متابولیت‌ها مانند پروتئین‌های فاز حاد می‌شود. در این شرایط افزایش اندازه قطعات علوفه یا تغذیه علوفه سرک ممکن است با افزایش peNDF ، میزان خوردن جویدن و ترشح بزاق را افزایش دهند. کاه گندم مورد استفاده در ایران به 3 شکل تغذیه می‌شود که کاه سالم یا بلند به‌عنوان علوفه سرک، کاه با اندازه قطعات متوسط و نهایتاً کاه ریز می‌باشد. فرضیه این آزمایش این بود افزایش اندازه قطعات کاه و تغذیه کاه سرک ممکن است بتواند باعث فعالیت جویدن بیشتر و بدنبال آن ترشح بزاق و ظرفیت بافری بهتر شکمبه شود. با افزایش اندازه قطعات کاه میانگین هندسی و $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ افزایش ولی $\text{peNDF}_{>18\text{mm}}$ تغییری نکرد. با وجود اینکه در این مطالعه از اندازه منافذ کوچکتری برای تولید کاه ریز نسبت به یونجه استفاده شد اما در نهایت میانگین هندسی اندازه قطعات کاه بیشتر از یونجه بود این یافته‌ها در پژوهش‌های دیگر نیز مشاهده شده است (Kahyani et al., 2019; Hajmahmoodi et al., 2018). کاهش بیشتر اندازه یونجه عمدتاً مربوط به شکنندگی آن مربوط می‌شود زیرا محتوای لیگنین هسته‌ای در یونجه بیشتر از کاه است (Ghasemi et al., 2013). نوع لیگنین گراس‌ها عموماً غیرهسته‌ای و در کل دیواره سلولی پراکنده است (NASEM, 2021).

شاخص انتخاب و مصرف خوراک

مصرف خوراک در ۴ ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی با افزایش اندازه قطعات کاه افزایش یافت. هرچند، کل خوراک مصرفی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. گاوها در سامانه بسته، معمولاً بیشتر خوراک را پس از شیردوشی، خوراک‌دهی جدید و یا با فعالیت برگرداندن (پوشاپ) مصرف می‌کنند. از این بین اوج مصرف خوراک با خوراک‌دهی جدید صورت می‌پذیرد (DeVries *et al.*, 2007). در این پژوهش، تقریباً بخش اعظم خوراک (حدود ۳۸٪) تنها در ۴ ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی مصرف شد. گاوهای تغذیه شده با کاه ریز، متوسط و درشت به ترتیب ۳۴، ۳۹ و ۴۱ درصد خوراک خود را در این زمان مصرف نمودند. در واقع گاوهای تغذیه شده با کاه درشت احتمالاً به دلیل انتخاب‌گری بیشتر برای اجزای ریز یا کنسانتره توانستند خوراک بیشتری در ۴ ساعت اولیه مصرف نمایند. شدت فعالیت انتخاب‌گری پس از ۲۴ نسبت به ۴ ساعت کاهش یافت هرچند در این زمان هنوز گاوهای تغذیه شده با کاه درشت مصرف قطعات بلند کمتری نسبت به گاوهای تغذیه شده با کاه ریز داشتند (۸۳٪ مقایسه با ۹۳٪). افزایش مصرف اولیه (۴ ساعت) در گاوهای تغذیه شده با کاه درشت با شاخص‌های دیگر نظیر کاهش مصرف NDF و افزایش زمان خوردن (دقیقه در روز)، سرعت خورن (کیلوگرم در ساعت) و انتخاب‌گری شدید علیه ذرات درشت (۴۵٪) و به نفع ذرات ریز (۱۲۳٪) در ۴ ساعت اولیه مطابقت دارد. خوراک کنسانتره نسبت به علوفه، الیاف کمتر و چگالی بیشتری دارد و بنابراین نسبت به علوفه سرعت خوردن بیشتری دارد (Allen, 2000). همچنین قطعات ریز پرچگال کنسانتره سرعت عبور بیشتر از شکمبه دارند و بدین جهت می‌توانند منجر به تحریک بیشتر خوردن و مصرف شوند. Macmillan *et al.* (2017) دریافتند گاوهای در معرض اسیدوز تحت حاد ($pH < 5/8$) نسبت به شاهد زمان بیشتری صرف خوردن طی ۸ ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی (۱۸۶ دقیقه در مقایسه با ۱۵۳ دقیقه) داشته و برعکس زمان خوردن کمتری در ۸ ساعت پایانی (۱۹ دقیقه در مقایسه با ۴۳ دقیقه روز) دارند. مصرف خوراک به شکل TMR راهکاری برای مصرف متوازن الیاف و منابع کربوهیدراتی سریع‌تخمیر است. هرچند گاوها علاقه به مصرف اجزای ریز یا خوش‌خوراک کنسانتره‌ای و پس‌زدن علوفه‌های درشت دارند (Leonardi & Armentano, 2003; DeVries *et al.*, 2007). این رفتار می‌تواند وضعیت را برای جیره‌های پرکنسانتره (حداقل الیاف) وخیم سازد (Miller-Cushon & DeVries, 2017; Llonch *et al.* 2018). DeVries *et al.*, (2007) نشان دادند چربی شیر به ازای هر ۱۰٪ افزایش در فعالیت انتخاب‌گری، ۰/۱٪ کاهش می‌یابد. بدین جهت، توزیع اندازه قطعات علوفه یا مدیریت خوراک‌دهی برای پیشگیری از فعالیت انتخاب‌گری مهم می‌باشد (Leonardi & Armentano, 2003). برخی شواهد حاکی است که کاهش اندازه قطعات علوفه باعث افزایش مصرف خوراک و کاهش فعالیت انتخاب‌گری می‌شود (Kononoff *et al.*, 2003; Havekes *et al.*, 2020). بهینه سازی اندازه علوفه که بتواند باعث مصرف حداکثر الیاف و همچنین پیش‌گیری از انتخاب‌گری شود برای پیشگیری از اسیدوز و بهبود عملکرد به‌ویژه در جیره‌های پرکنسانتره حیاتی است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تغذیه کاه به شکل درشت یا متوسط سبب افزایش فعالیت انتخاب‌گری و سرعت خوردن سریع‌تر می‌شود. با این حال، میزان انتخاب‌گری در جیره‌های مطالعه حاضر زیاد بود که می‌تواند به دلیل کنسانتره بالا، حضور کاه و رطوبت کم جیره‌های برپایه کاه باشد. عامل دیگر موثر بر فعالیت انتخاب‌گری میزان دسترسی به خوراک و سطح پس‌آخور است هر چه میزان پس‌آخور بیشتر باشد انتخاب‌گری گاوها افزایش می‌یابد (DeVries *et al.*, 2008).

فعالیت جويدن

رفتار خوردن یکی از عواملی است که هم می‌تواند عملکرد تولیدی و همچنین سلامتی دام را تحت تاثیر قرار دهد و خود نیز متاثر از این فراسنجه‌ها باشد (Llonch *et al.*, 2018). Greter & DeVries (2011) دریافتند با افزایش اندازه قطعات علوفه گاوها زمان بیشتری برای انتخاب‌گری و جداسازی قطعات بلند صرف می‌کنند از این‌رو سرعت خوردن کاهش می‌یابد. این پاسخ با پژوهش حاضر همخوانی دارد، به‌طوری‌که گاوهای تغذیه شده با کاه ریز سرعت خوردن بیشتر و فعالیت انتخاب‌گری کمتری داشتند. تعداد وعده‌های غذایی و طول وعده در این آزمایش تحت تاثیر قرار نگرفت در پژوهش Havekes *et al.*, (2020) افزایش اندازه قطعات کاه در طول دوره انتقال تعداد وعده‌های مصرفی را افزایش داد زیرا گاوهای تغذیه شده با کاه

درشت میزان مصرف را طی هر وعده کاهش می‌دادند. افزایش اندازه قطعات از طریق تشدید فعالیت انتخاب‌گری دام می‌تواند طول وعده را افزایش و از طریق اثر پرکنندگی شکمبه می‌تواند عاملی برای کاهش مصرف در هر وعده باشد. عوامل مدیریتی یا خوراکی که منجر به کاهش تعداد وعده‌های غذایی یا افزایش اندازه هر وعده و سرعت خوردن شوند با افزایش وقوع اسیدوز تحت بالینی همراه هستند (Krause & Oetzel, 2006). یکنواختی اندازه قطعات خوراک انتخاب شده توسط گاو ممکن است دلیلی برای فعالیت انتخاب‌گری علیه قطعات درشت باشد. تحقیقات نشان می‌دهند که گاوهای شیری تغذیه شده با علوفه‌های سیلاژ ذرت، سیلاژ علفی، علف خشک و حتی TMR، صرف‌نظر از تفاوت اندازه قطعات اولیه از ۱۲ تا ۴۳/۵ میلی‌متر، اندازه قطعات لقمه خورده شده بین ۸/۱ تا ۱۲/۵ میلی‌متر دارند (Schadt et al., 2012). نتایج در مورد آثار اندازه قطعات علوفه بر میزان نشخوار متفاوت است؛ برخی پژوهشگران دریافتند که افزایش اندازه علوفه گراس -یونجه میزان نشخوار را افزایش داد (Beauchemin et al., 2003). در این مطالعه گاوهای تغذیه شده با کاه ریز تمایل به افزایش زمان صرف نشخوار داشتند. میزان نشخوار ارتباط بیشتری به NDF مصرفی تا خود NDF دارد (Beauchemin, 2018). (Kononoff et al., 2003b). دریافتند که کاهش اندازه قطعات علوفه باعث کاهش فعالیت انتخاب و افزایش مصرف علوفه می‌شود. در این مطالعه، میزان نشخوار بیشتر در تیمار حاوی کاه ریز با عدم فعالیت انتخاب‌گری و همچنین افزایش مصرف NDF مطابقت داشت. اگرچه با افزایش اندازه قطعات کاه میزان زمان صرف خوردن افزایش و زمان صرف نشخوار کاهش یافت، تغییری در کل زمان جویدن (خوردن و نشخوار) مشاهده نشد. شواهد دال بر این است که بین فعالیت جویدن در اثر خوردن یا نشخوار تفاوت‌هایی وجود دارد. فعالیت نشخوار ارتباط بهتری با عملکرد تولیدی دارد زیرا گاوهایی که نشخوار بیشتری دارند بیشتر در روز استراحت دارند و این گاوها معمولاً تولید بیشتری خواهند داشت. در عوض افزایش زمان خوردن زمان استراحت دام را کاهش می‌دهد و این گاوها انرژی کمتری را به تولید اختصاص می‌دهند و نهایتاً بازده تولیدی کمتری دارند (Llonch et al., 2018). (2013) Green et al. نشان دادند گاوهای با بازده تولیدی بیشتر (اندازه گیری شده با مصرف خوراک باقیمانده) زمان کمتری صرف خوردن می‌نمایند.

گوارش پذیری و عملکرد شیردهی

مصرف الیاف موثر کافی برای حفظ سلامتی دستگاه گوارش و بهبود گوارش‌پذیری ضروری است (NASEM, 2021). در این پژوهش میزان کاه ریز اثر سوء بر فعالیت جویدن، تخمیر شکمبه یا شاخص‌های مربوط به اسیدوز نداشت. علاوه بر این، مصرف کاه ریز فعالیت انتخاب‌گری را کاهش و مصرف الیاف شوینده خشی را افزایش داد. بدین جهت، گاوهای تغذیه‌شده با کاه ریز گوارش‌پذیری و نسبت چربی به پروتئین شیر (از لحاظ عددی) بهتری نسبت به گاوهای تغذیه‌شده با کاه درشت داشتند که می‌تواند مربوط به مصرف الیاف و همچنین فعالیت نشخوار بیشتر باشد. اگرچه pH شکمبه تحت تاثیر قرا نگرفت. ولی دسترسی به نشاسته (مثلاً با افزایش فعالیت انتخاب‌گری) حتی بدون کاهش pH زمان فاز تخمیری برای شروع هضم الیاف را کاهش داد (Mertens, 1997).

تولید شیر در این پژوهش تحت تاثیر تیمارهای غذایی قرار نگرفت. تولید شیر همبستگی بالایی با مصرف خوراک دارد و گاوهای تغذیه شده با کاه با اندازه قطعات مختلف خوراک مصرفی مشابهی داشتند. در همه تیمارهای آزمایشی، نسبت چربی به پروتئین شیر کمتر از یک بود. سطح چربی شیر برای گاو هلشتاین حداقل ۳/۲ درصد در نظر گرفته می‌شود. عوامل متعددی بر چربی شیر از قبیل نژاد، مرحله شیردهی، فصل، مصرف الیاف و چربی غیراشباع اثرگذارند. کاهش چربی به پروتئین شیر به کمتر از ۱/۲ و به‌ویژه کمتر از ۱ می‌تواند نشانه‌ای از اسیدوز تحت بالینی باشد (Zschiesche et al., 2020).

تیمارهای غذایی اثر بر گلوکز و AST نداشتند. هرچند، با افزایش اندازه قطعات کاه میزان نیتروژن اوردهای خون افزایش یافت. ازت اوردهای خون یا شیر می‌تواند شاخصی از وضعیت تغذیه یا جیره و همچنین شرایط شکمبه باشد (NASEM, 2020). مصرف متوازن جیره از لحاظ کربوهیدرات‌های سریع و کند تخمیر در جیره‌های حاوی کاه ریز ممکن است منجر به تخمیر

یکنواخت و جذب آمونیاک بیشتر برای تولید پروتئین میکروبی باشد. در شرایط اسیدوز تحت‌حاد میزان تولید پروتئین میکروبی تولید کاهش می‌یابد. سطح بالای نیتروژن اوره‌ای خون یا شیر با کاهش بازده تولید مثل همراه است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تغذیه جیره‌های پرکنسانتره به دلیل فعالیت انتخاب‌گری همواره با چالش مصرف کافی الیاف علوفه‌ای و به دنبال آن سلامتی و عملکرد دام روبه‌رو است. در این پژوهش با کاهش اندازه قطعات کاه تا ۶ میلی‌متر (اندازه منافذ توری ۱۰ میلی‌متر) یکنواختی جیره افزایش و فعالیت انتخاب‌گری کاهش یافت. همچنین گاوهای تغذیه شده با کاه ریز روندی بهتری در نشخوار، نسبت چربی به پروتئین، گوارش‌پذیری و سطح ازت اوره‌ای خون داشتند. اگرچه سطح تولید گاوها تحت تاثیر این فراسنجه‌ها قرار نگرفت ولی شاید در طولانی مدت به دلیل بهبود شاخص‌های سلامتی، تولید و یا تولید مثل نیز متاثر واقع شوند. بر مبنای این نتایج توصیه می‌شود کاه در جیره گاو شیری پرتولید بطور ریز استفاده شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود اثرات سطح کاه بویژه سطوح بالای کاه در طولانی مدت بر شاخص‌های سلامتی و تولیدمثلی گاوهای پرتولید بررسی شود.

منابع

آمارنامه کشاورزی ایران. (۱۴۰۲). سالنامه آمارنامه کشاورزی ایران، محصولات زراعی، ۱۴۰۱. مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات (ص. ۱۱۴-۱۱۵). تهران، ایران: وزارت جهاد کشاورزی.

حاج محمودی، م. م.، قاسمی، الف. و خوروش، م. ۱۳۹۷. اثرات جایگزینی بخشی از یونجه با تفال چغندر، کاه بدون فرآوری و فرآوری شده بر عملکرد گاوهای شیری پرتولید. علوم دامی ایران. ۴۹ (۱): ۱۷۰-۱۵۹.

قاسمی، الف.، غ. ر. قربانی و م. خوروش. ۱۳۹۵. تاثیر تغذیه کاه گندم و سیلاژ کاه گندم فرآوری شده با سود، ملاس و دانه گندم بر عملکرد گاوهای شیرده. نشریه علوم دامی (پژوهش و سازندگی). ۱۱۲: ۳۳-۴۶

REFERENCES

- Agriculture Statistics of Iran. (2023). *The yearbook of agriculture statistics of Iran, Agronomy Products*, 2022. In Bureau of statistics and information technology (pp. 114 -115). Tehran, Iran: The ministry of Jihad-E-agriculture (In Persian). <http://www.maj.ir/dorsapax/userfiles/file/bagh-96.pdf>.
- Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624.
- Beauchemin, K.A., Farr, B.I., Rode, L.M. & 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(5), 1326-1339.
- Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., & 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.
- Bhandari, S.K., Ominski, K.H., Wittenberg, K.M., & Plaizier, J.C. (2007). Effects of chop length of alfalfa and corn silage on milk production and rumen fermentation of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2355-2366.
- Beauchemin, K. A. (2018). Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 4762-4784.
- Cameron, M.G., Fahey Jr, G.C., Clark, J.H., Merchen, N.R., & Berger, L.L. (1990). Effects of feeding alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw-based diets on digestion and production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 73(12), 3544-3554.
- Colenbrander V. F., Noller, C.H., & Grant, R.J. (1991). Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. *Journal of Dairy Science*, 74(8), 2681-2690.
- DeVries, T.J., Beauchemin, K.A., & Von Keyserlingk, M.A.G. (2007). Dietary forage concentration

- affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (12), 5572-5579.
- DeVries, T.J. (2013). Impact of feeding management on cow behaviour, health productivity. *WCDS Advanced Dairy Technology* 25, 193–201.
- Eastridge, M.L., Starkey, R.A., Gott, P.N., Oelker, E.R., Sewell, A.R., Mathew, B., & Firkins, J.L. (2017). Dairy cows fed equivalent concentrations of forage neutral detergent fiber from corn silage, alfalfa hay, wheat straw, and corn stover had similar milk yield and total tract digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 81-86.
- Eskandari, N., Alizadeh, A., & Mahdavi, F. (2008). *Rangeland policies in Iran. Ministry of Jihad Agriculture, organization of forests, rangelands and watershed management of the country*, vice president of arid and semi-arid areas, rangeland technical office.
- FAOSTAT. (2015). *Data on land use Archived 2016-09-01 at the Wayback Machine*, retrieved December 4, 2015
- Ghasemi, E., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Emami, M.R., & Karimi, K. (2013). Dry chemical processing and ensiling of rice straw to improve its quality for use as ruminant feed. *Tropical animal health and production*, 45, 1215-1221.
- Ghasemi, E., Ghorbani, G.R., Khorvash, M. & Emami, M.R. (2014). Adjustment of pH and enzymatic treatment of barley straw by dry processing method. *Journal of Applied Animal Research*, 42(4), 400-405.
- Ghasemi, E., Ghorbani, G. R., & Khorvash, M. (2016). Effect of feeding untreated wheat straw or ensiled wheat straw treated with NaOH, molasses and wheat grain on performance of lactating dairy cows. *Animal Sciences Journal*, 29(112), 33-46. (In Persian).
- Grant, R.J. (2023). Symposium review: Physical characterization of feeds and development of the physically effective fiber system. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4454-4463.
- Green, T.C., Jago J.G., Macdonald, K.A., & Waghorn G.C. (2013). Relationships between residual feed intake, average daily gain, and feeding behavior in growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 96, 3098–107.
- Hajmahmoodi, M. M., Ghasemi, E., & Khorvash, M. (2018). Effect of substituting alfalfa hay with beet pulp, treated and untreated wheat straw on performance of high-producing dairy cows. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(1), 159-170. (In Persian).
- Hannah, R., & Roser, M. (2019). *Half of the world's habitable land is used for agriculture*” Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/global-land-for-agriculture' [Online Resource]
- Haselmann, A., Zehetgruber, K., Fuerst-Waltl, B., Zollitsch, W., Knaus, W., & Zebeli, Q. (2019). Feeding forages with reduced particle size in a total mixed ration improves feed intake, total-tract digestibility, and performance of organic dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8839-8849.
- Hay Market Report. (2022). *Hay market demand and price report for the upper Midwest – for June 13, 2022*. <https://cropsandsoils.extension.wisc.edu/hay-market-demand-and-price-report-for-the-upper-midwest-for-june-13-2022/>.
- Havekes, C.D., Duffield, T.F., Carpenter, A.J., & DeVries, T.J. (2020). Effects of wheat straw chop length in high-straw dry cow diets on intake, health, and performance of dairy cows across the transition period. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 254-271.
- Kahyani, A., Ghorbani, G.R., Alikhani, M., Ghasemi, E., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Nasrollahi, S.M. (2019a). Adjusting for 30-hour undigested neutral detergent fiber in substitution of wheat straw and beet pulp for alfalfa hay and corn silage in the diet of high-producing cows. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 7026-7037.
- Kahyani, A., Ghorbani, G.R., Alikhani, M., Ghasemi, E., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Beauchemin, K.A., & Nasrollahi, S.M. (2019b). Performance of dairy cows fed diets with similar proportions of undigested neutral detergent fiber with wheat straw substituted for alfalfa hay, corn silage, or both. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 10903-10915.

- Kale-Mosalmani, A.S., Ghasemi, E., & Khorvash, M. (2021). Feeding low-quality date leaves as a substitute to conventional forages in dairy cows diet: effects on digestibility, feeding behavior, milk yield, and feed efficiency. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-10.
- Kleen, J.L., Hooijer, G.A., Rehage, J., & Noordhuizen, J.P.T.M. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 50(8), 406-414.
- Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J., & Buckmaster, D.R. (2003a). 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(5), 1858-1863.
- Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., & Lehman, H. A. (2003b). The effect of corn silage particle size on eating behaviour, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86, 3343-3353.
- Leonardi, C., & Armentano, L.E. (2003). Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 557-564.
- Li, C., Beauchemin, K.A., & Yang, W. (2020). Feeding diets varying in forage proportion and particle length to lactating dairy cows: I. Effects on ruminal pH and fermentation, microbial protein synthesis, digestibility, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4340-4354.
- Liu, S., Wei, Z., Deng, M., Xian, Z., Liu, D., Liu, G., Li, Y., Sun, B., & Guo, Y. (2023). Effect of a high-starch or a high-fat diet on the milk performance, apparent nutrient digestibility, hindgut fermentation parameters and microbiota of lactating cows. *Animals*, 13(15), 2508.
- Llonch, P., Mainau, E., Ipharraguerre, I.R., Bargo, F., Tedó, G., Blanch, M., & Manteca, X. (2018). Chicken or the egg: the reciprocal association between feeding behavior and animal welfare and their impact on productivity in dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 305.
- Macmillan, K., Gao, X., & Oba, M. (2017). Increased feeding frequency increased milk fat yield and may reduce the severity of subacute ruminal acidosis in higher-risk cows. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 1045-1054.
- Maulfair, D.D., McIntyre, K.K., & Heinrichs, A.J. (2013). Subacute ruminal acidosis and total mixed ration preference in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6610-6620.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 1463-1481.
- Mertens, D.R. (2002). *Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets*. In Proc. Plains Nutr. Cncl. Spring Conf. San Antonio, TX (pp. 40-66).
- Eastridge, M. (2016). *Feeding Low Forage Diets to Dairy Cows*. Ohio State University Extension. https://dairy.osu.edu/sites/dairy/files/imce/DIBS/DIBS33-16_Feeding_Low_Forage_Diets_to_Dairy_Cows.pdf
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. The National Academies Press, Washington DC.
- Natzke, D. (2022). *Forage Market Insights: There's hay in the manger*. Progressive Forage. [https://www.agproud.com/articles/56606-forage-market-insights-theres-hay-in-the-manger#:~:text=At%20%24180%20per%20ton%2C%20the,%20and%20Oregon%20\(%2B%2410\).](https://www.agproud.com/articles/56606-forage-market-insights-theres-hay-in-the-manger#:~:text=At%20%24180%20per%20ton%2C%20the,%20and%20Oregon%20(%2B%2410).)
- Omidi-Mirzaee, H., Ghorbani, G.R., & Khorvash, M. (2017). Chewing activity, metabolic profile and performance of high-producing dairy cows fed conventional forages, wheat straw or rice straw. *South African Journal of Animal Science*, 47(3), 342-351.
- Poore, M. H., Moore, J. A., Swingle, R. S., Eck, T. P., & Brown, W. H. (1991). Wheat straw or alfalfa hay in diets with 30% neutral detergent fiber for lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 74(9), 3152-3159.
- Robinson, P. H., Tamminga, S., & van Vuuren, A. M. (1986). Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen fermentation in dairy cows. *Livestock Production Science*, 15:173-189.
- Singh, R.B., Saha, R.C., Singh, M., Chandra, D., Shukla, S.G., Walli, T.K., Pradhan, P.K., & Kessels,

- H.P.P. (1995). *Rice straw, its production and utilization in India*. In Handbook for straw feeding systems in livestock production (325-339). ICAR.
- Van Keulen, V., & Young, B. H. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 26, 119–135.
- Zebeli, Q., Aschenbach, J.R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B.N., & 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(3), 1041-1056.
- Zschiesche, M., Mensching, A., Sharifi, A.R., & Hummel, J. (2020). The milk fat-to-protein ratio as indicator for ruminal pH parameters in dairy cows: a meta-analysis. *Dairy*, 1(3), 259-268.