Research on Animal Production, Vol. 16, Issue 2, 2025 p: 172-182

Research Paper

Investigation of the Interaction between Season and Forage Particle Size on Feed Intake Patterns, Nutrient Digestibility, and Fecal Parameters in High-Producing Holstein Cows

Fatemeh Ahmadi[1], Farhang Fatehi[2], Seyed Amir Hosseini Rad[3]

1- M.Sc. in Animal Nutrition, Department of Animal Sciences, College of Agricultural & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Associate Professor, Department of Animal Sciences, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, (Corresponding author: fatehif@ut.ac.ir)
3- M.Sc. Student of Animal Nutrition, Department of Animal Sciences, College of Agricultural & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 20 April 2024 Revised: 05 July 2024 Accepted: 20 August 2024

Extended Abstract

Background: Previous studies have shown that in dairy cow nutrition, besides having a balanced diet in terms of nutrient content, the physical form of diets, including particle size, is also an effective factor in proper rumen function and, consequently, animal production performance. On the other hand, climate change, global warming, and subsequent heat stress in various forms affect the performance and production efficiency of dairy cows. Although it has been shown that dry matter intake decreases under heat stress conditions compared to normal temperature conditions, it is not clear how feed particle size during heat stress can affect feeding behavior, performance, and blood and ruminal parameters in cows. In fact, no study has simultaneously examined the interaction between environmental temperature and forage particle size on nutrient consumption and digestibility in lactating cows. Therefore, the present study aimed to simultaneously investigate the interaction between season (spring and summer) and forage particle size (coarse and fine) on nutrient intake and digestibility in high-producing Holstein cows.

Methods: A total of 100 high-producing Holstein cows were used in two seasons, spring and summer, with 50 cows per season divided into two treatments: one containing alfalfa forage with coarse particle size (geometric mean 7.7 mm) and one containing alfalfa forage with fine particle size (geometric mean 4.2 mm). To calculate dry matter intake, the feed offered and the amount remaining the next day before offering fresh feed were weighed throughout the sampling period. To examine the feed intake pattern, the amount of feed remaining in the trough was weighed 2, 4, 8, and 24 hours after the morning feeding and then returned to the trough. Apparent nutrient digestibility was measured using acid-insoluble ash as a marker in feed and fecal samples.

Results: The results showed that dry matter intake was significantly higher in spring than in summer ($p < 0.01$). Additionally, there was a significant difference between seasons in terms of feed intake rate parameters, with the amount of feed consumed (in kg) during the first 2 hours after morning feeding being significantly higher in summer than in spring (P = 0.02), while feed intake during 2-4 hours and 4-8 hours after morning feeding was higher in spring. Overall, dairy cows during spring (normal temperature conditions) had a more uniform feed intake rate throughout the day than summer (heat stress conditions) in the present study. It should be noted that the results showed no significant differences in daily feed intake between treatments containing forage with different particle sizes (fine versus coarse). It is worth mentioning that forage particle size did not significantly affect nutrient digestibility while the digestibility of dry matter, organic matter, and crude protein were significantly higher in summer than in spring

Copyright ©2025 Ahmadi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-01-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

Conclusion: The results of the present study showed that the season variable had more tangible effects on dry matter intake, feed intake patterns, and nutrient excretion in high-producing dairy cows compared to forage particle size. Furthermore, no effect of feed particle size demonstrates the flexibility of the ruminant digestive system when confronted with different forage particle sizes. These results highlight the importance of nutritional management under different climatic conditions and indicate that animals possess complex adaptive mechanisms to maintain nutritional efficiency under challenging conditions.

Keywords: Digestibility, Feed intake pattern, Heat stress, Holstein cows, Particle size

How to Cite This Article: Ahmadi, F., Fatehi, F., & Hosseini Rad, S, A. (2025). Investigation of the Interaction between Season and Forage Particle Size on Feed Intake Patterns, Nutrient Digestibility, and Fecal Parameters in High-Producing Holstein Cows. *Res Anim Prod,* 16(2), 172-182. DOI: 10.61882/rap.2024.1244

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-01-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

مقاله پژوهشی

بررسی اثر متقابل فصل و اندازه ذرات علوفه بر نرخ مصرف خوراک، گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های مدفوع گاوهای هلشتاین پرتولید

فاطمه احمدی[۱]، فرهنگ فاتحی[۲] و سید امیر حسینی راد[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: fatehif@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰
صفحه ۱۷۲ تا ۱۸۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: مطالعات گذشته نشان داده‌اند که در تغذیه گاوهای شیری، علاوه بر این‌که جیره باید از نظر میزان مواد مغذی متوازن باشد، شکل فیزیکی جیره‌ها ازجمله اندازه ذرات آن‌ها نیز عامل مؤثری بر عملکرد صحیح شکمبه و درنتیجه عملکرد تولیدی دام است. از طرف دیگر، تغییرات اقلیمی و پدیده گرمایش زمین و متعاقبا تنش حرارتی به شکل‌های مختلف، عملکرد و راندمان تولیدی گاوهای شیری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اگرچه نشان داده شده است که مقدار ماده‌ی خشک مصرفی در شرایط تنش گرمایی در مقایسه با شرایط دمایی نرمال کاهش پیدا می‌کند اما این‌که اندازه ذرات خوراک در طول تنش گرمایی چگونه می‌تواند رفتار تغذیه‌ای، عملکرد و فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گاوها را تحت تاثیر قرار دهد واضح نیست. در واقع، تاکنون مطالعه‌ای که در آن به بررسی همزمان اثر متقابل دمای محیطی و اندازه ذرات علوفه بر مصرف مواد مغذی و نیز گوارش‌پذیری آن‌ها در گاوهای شیرده پرداخته باشد، گزارش نشده است. بنا بر این، هدف از مطالعه حاضر بررسی همزمان اثر متقابل فصل (بهار و تابستان) و اندازه ذرات علوفه (درشت و ریز) بر مصرف مواد مغذی و نیز گوارش‌پذیری آن‌ها در گاوهای شیرده پرتولید بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۱۰۰ رأس گاو هلشتاین پرتولید در دو فصل بهار و تابستان استفاده گردید، به‌طوری‌که در هر فصل از ۵۰ راس گاو در قالب دو تیمار حاوی علوفه یونجه با اندازه ذرات درشت (میانگین هندسی ۷/۷ میلی‌متر) و تیمار حاوی علوفه یونجه با اندازه ذرات ریز (با میانگین هندسی ۴/۲ میلی‌متر) استفاده گردید. به‌منظور محاسبه مقدار ماده‌ی خشک مصرفی، خوراک عرضه‌شده و نیز مقدار باقیمانده آن در روز بعد و قبل از عرضه خوراک تازه در طول تمامی روزهای دوره نمونه‌گیری توزین گردید. همچنین، به‌منظور بررسی نرخ مصرف خوراک طی ۲، ۴، ۸ و ۲۴ ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح مقدار خوراک باقیمانده در آخور توزین و سپس به داخل آخور برگردانده شد. اندازه‌گیری گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی با استفاده از نشانگر خاکستر نامحلول در اسید در نمونه‌های خوراک و مدفوع استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که مقدار ماده‌ی خشک مصرفی برای فصل بهار در مقایسه با فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < ۰/۰۱$). همچنین، بین فصول مختلف از لحاظ فراسنجه نرخ مصرف خوراک تفاوت معنی‌داری وجود داشت و مقدار خوراک مصرف شده (بر حسب کیلوگرم) طی دو ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی صبح برای فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل بهار بود ($P = ۰/۰۲$) در حالی که مقدار خواک مصرفی طی مدت زمان دو الی چهار ساعت و همچنین چهار الی هشت ساعت پس از خوراک‌دهی صبح برای فصل بهار بیشتر بود. به‌طور کلی در مطالعه حاضر، گاوهای شیرده طی فصل بهار (شرایط نرمال دمایی) در مقایسه با فصل تابستان (شرایط تنش حرارتی) از نرخ مصرف خوراک یکنواخت‌تری در طول شبانه‌روز برخوردار بودند. لازم به ذکر است که مقدار خوراک مصرفی روزانه بین تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات مختلف (ریز در مقابل درشت) تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌علاوه، اندازه ذرات علوفه اثر معنی‌داری بر گوارش‌پذیری مواد مغذی نداشت در حالی‌که گوارش‌پذیری ماده‌ی خشک، ماده‌ی آلی و پروتئین خام برای فصل تابستان در مقایسه با فصل بهار به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که متغیر فصل در مقایسه با اندازه ذرات علوفه اثرات ملموس‌تری بر ماده خشک مصرفی، نرخ مصرف خوراک، گوارش مواد مغذی و دفع مواد مغذی در گاوهای شیرده پرتولید داشت. همچنین عدم تأثیر اندازه ذرات خوراک نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری دستگاه گوارش نشخوارکنندگان در مواجهه با اندازه‌های مختلف ذرات علوفه است. این نتایج اهمیت مدیریت تغذیه در شرایط مختلف اقلیمی را برجسته می‌کنند و نشان می‌دهند که حیوانات مکانیسم‌های تطبیقی پیچیده‌ای برای حفظ کارایی تغذیه‌ای در شرایط چالش‌آمیز دارند.

واژه‌های کلیدی: اندازه ذرات، تنش حرارتی، گوارش‌پذیری، نرخ مصرف خوراک، هلشتاین

مقدمه

یکی از عوامل مؤثر در سلامتی دام، ویژگی‌های فیزیکی خوراک است که همراه با خصوصیات شیمیایی خوراک رابطه‌ای بسیار قوی با سلامت دستگاه گوارش دام و رفتارهای تغذیه‌ای آن دارد. اندازه ذرات علوفه به‌عنوان یک خصوصیت فیزیکی از اهمیت به‌سزایی در سلامت شکمبه گاوهای شیرده برخوردار است، چرا که اندازه مناسب ذرات علوفه سبب تحریک نشخوار، افزایش ترشح بزاق، خنثی‌سازی اسیدهای چرب فرار موجود در شکمبه، بهبود چربی شیر و جلوگیری از ناراحتی‌های گوارشی ازجمله اسیدوز می‌شود (Nasrollahi *et al*., 2015).

مطالعات گذشته نشان داده‌اند که گاوهای شیرده تمایل بیشتری به مصرف اجزای ریز جیره (عمدتا کنسانتره) در مقایسه با اجزای درشت جیره (عمدتا خشبی) دارند (Teimouri Yansari *et al*., 2004). بنا بر این، در تغذیه گاوهای شیرده علاوه بر این‌که جیره باید از نظر میزان مواد مغذی متوازن باشد، شکل فیزیکی جیره‌ها از جمله اندازه ذرات آن‌ها نیز عامل مؤثری بر عملکرد صحیح شکمبه و در نتیجه عملکرد تولیدی حیوان خواهد بود (Miller-Cushon *et al*., 2019).

برای جلوگیری از بروز ناهنجاری‌های متابولیکی در گاوهای شیرده به‌خصوص گاوهای پرتولید و حفظ شرایط اکولوژیکی مطلوب در شکمبه، جیره باید حاوی مقادیر کافی الیاف علوفه‌ای با شکل فیزیکی و کیفیت مناسب باشد (Allen, 1997; Krause & Comb, 2003). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که افزایش سطوح الیاف و اندازه قطعات به‌طور مؤثری عمل جویدن، ترشح بزاق و pH مایع شکمبه را افزایش

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-09-08]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

می‌دهد. استفاده از جیره‌هایی که مقدار کافی الیاف علوفه‌ای با شکل فیزیکی مناسب ندارند باعث می‌شود که فرایند تخمیر در شکمبه مختل شود (Zebeli *et al*., 2008). از طرفی، الیاف طویل نیز مصرف خوراک را کاهش داده، سبب مشکلات متابولیکی و کاهش تولید، به‌خصوص در گاوهای پرتولید می‌شود (Hristov *et al*., 2022).

در مطالعات مختلف اثر طول قطعات علوفه در جیره بر فعالیت جویدن و عملکرد گاوهای شیرده بررسی شده است. کونونوف و هنریچ (Kononoff *et al*., 2002) سیلاژ یونجه با طول قطعات مختلف را در جیره گاوهای اوایل شیردهی مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که کاهش طول قطعات علوفه در جیره کاملاً مخلوط، ماده‌ی خشک مصرفی گاوها در اوایل شیردهی افزایش داد. همچنین، کاهش طول قطعات علوفه باعث کاهش فعالیت جویدن به‌ازای کیلوگرم ماده‌ی خشک مصرفی و دیواره سلولی مصرفی شد ولی اثری بر تولید و ترکیبات شیر نداشت. همچنین، یانگ و همکاران (Yang *et al*., 2001) نشان دادند که تولید شیر برای گاوهای تغذیه‌شده با علوفه با طول قطعات کوتاه‌تر، کمتر از گاوهایی بود که از علوفه‌های بلندتر استفاده کردند.

تحقیقات نشان داده‌اند که تأثیرات فصل و اقلیم به شکل‌های مختلف، عملکرد و راندمان تولیدی گاوهای شیری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌طور کلی، بیش از ۵۰ درصد از جمعیت گاوهای جهان در مناطق گرمسیر قرار دارند و نشان داده شده است که تنش گرمایی هر ساله منجر به ضررهای شدید اقتصادی در گاوداری‌های شیری دنیا می‌شود (Rhoads *et al*., 2009; Liu *et al*., 2019). محدوده آسایش دمایی که در آن گاوها در آسایش کافی هستند و بیشترین تولید را دارند بین ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. زمانی‌که دمای محیطی از ۲۶ درجه سانتی‌گراد بالاتر می‌رود گوارش‌پذیری مواد مغذی و به تبع آن تولید شیر کاهش می‌یابد و این کاهش غالباً به‌دلیل کاهش مصرف ماده‌ی خشک است (Miller-Cushon *et al*., 2019; Chen *et al*., 2024).

نشان داده شده است که اگرچه مقدار ماده‌ی خشک مصرفی در شرایط تنش گرمایی در مقایسه با شرایط دمایی نرمال کاهش پیدا می‌کند (Bernabucci *et al*., 2010)، اما گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در برخی مطالعات افزایش یافت (Colditz *et al*., 1972) و یا حتی در برخی موارد بدون تغییر بود (Olbrich *et al*., 1972). همچنین، هیرایاما و همکاران (Hirayama *et al*., 2000) نشان دادند که در دام‌هایی که تحت شرایط تنش حرارتی کنترل شده نگهداری می‌شدند تعداد انقباضات شکمبه‌ای کمتر و همچنین سرعت عبور مواد مغذی پایین‌تر و در نتیجه گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی بیشتر بود. در نهایت، اگرچه مطالعات زیادی در رابطه با اثر اندازه ذرات علوفه و نیز اثرات تنش حرارتی بر روی عملکرد و گوارش‌پذیری گاوهای شیرده به‌صورت مجزا انجام گرفته‌اند، اما تاکنون مطالعه‌ای که در آن به بررسی همزمان اثر متقابل دمای محیطی و اندازه ذرات علوفه بر مصرف مواد مغذی و نیز گوارش‌پذیری آن‌ها در گاوهای شیرده پرداخته باشد، گزارش نشده است. بنا بر این، هدف از مطالعه حاضر بررسی همزمان اثر متقابل فصل (بهار و تابستان) و اندازه ذرات علوفه (درشت و ریز) بر مصرف مواد مغذی و نیز گوارش‌پذیری آن‌ها در گاوهای شیرده پرتولید بود.

جدول ۱- توزیع اندازه ذرات، میانگین هندسی اندازه ذرات و الیاف موثر فیزیکی علوفه یونجه مورد استفاده در پژوهش حاضر

Table 1. Particle size distribution, geometric mean of particles, and physical effective fiber for a total mixed ration and alfalfa used in the current study

[2]PeNDF (% of DM)	NDF (% of DM)	Geometric Mean, mm	Pan[1]	1.18 mm Sieve[1]	8 mm Sieve[1]	19 mm Sieve[1]	
19.8	51.6	4.2	29	32	25	13	یونجه، ریز خردشده (Fine Choped alfalfa hay)
28.9	51.6	7.7	19	25	17	39	یونجه، درشت خردشده (Coarse Chopped alflalfa hay)
16.4	30.9	6.9	10	38	41	12	خوراک درشت بهار (Coarse TMR of Spring)
10.8	30.9	4.3	24	41	26	9	خوراک ریز بهار (Fine TMR of Spring)
16.3	30.9	6.1	17	30	41	12	خوراک درشت تابستان (Coarse TMR of Summer)
10.8	30.9	4.2	22	44	30	5	خوراک ریز تابستان (Fine TMR of Summer)

- مقادیر باقیمانده بر الک‌ها بر حسب درصدی ازکل خوراک الک شده. ۲- الیاف موثر فیزیکی با استفاده از مجموع ارقام دو غربال بالایی الک پنسیلوانیا (شماره ۱۹ و ۸ میلی‌متر) ضرب در غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی یونجه و خوراک محاسبه گردید.

1. Residual values on the sieves as a percentage of the total sieved feed. 2. Physical effective fiber was calculated using the sum of the numbers of the top two sieves of the Pennsylvania sieve (numbers 19 and 8 mm) multiplied by the concentration of NDF of the alfalfa and feed.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر طی فصل بهار (از ۲۱ فروردین ماه ۱۳۹۷ الی ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۷) و تابستان (از ۲۸ تیرماه ۱۳۹۷ الی ۲۷ مردادماه ۱۳۹۷) در مزرعه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی دانشگاه تهران انجام گرفت. در این آزمایش، از ۱۰۰ رأس گاو هلشتاین پرتولید در دو فصل بهار (شرایط طبیعی دمایی با میانگین شاخص حرارتی-رطوبتی ۶۰) و تابستان (شرایط تنش حرارتی با میانگین شاخص حرارتی-رطوبتی ۷۵) استفاده گردید، به‌طوری‌که که در هر فصل ۵۰ راس گاو در قالب دو تیمار حاوی علوفه یونجه با اندازه ذرات درشت (میانگین هندسی ۷/۷ میلی‌متر) و تیمار حاوی علوفه یونجه با اندازه ذرات ریز (با میانگین هندسی ۴/۲ میلی‌متر) مورد پژوهش قرار گرفتند (جدول ۱).

لازم به ذکر است که در طی فصل بهار، گاوهای مورد استفاده در آزمایش دارای میانگین تولید شیر ۱/۵±۳۸ لیتر، تعداد روزهای شیردهی ۱۵±۹۵ روز و میانگین تعداد زایش ۰/۱ ± ۲/۴ و در فصل تابستان نیز گاوهای مورد استفاده در آزمایش دارای میانگین تولید شیر ۱/۷±۳۶ لیتر، تعداد روزهای شیردهی ۱۲±۱۰۱ و میانگین تعداد زایش ۰/۱ ± ۲/۵ بودند. همچنین، طول هر دوره آزمایشی در هر فصل ۳۰ روز بود (۲۰ روز عادت‌دهی و ۱۰ روز نمونه‌گیری). جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار NRC 2001 متعادل گردیدند و اقلام خوراکی تشکیل دهنده جیره آزمایشی و ترکیبات شیمیایی آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده‌اند. در مطالعه حاضر، گاوها در حد اشتها تغذیه گردیدند و روزانه در حد ۵ درصد از کل خوراک عرضه شده به‌عنوان باقی‌مانده خوراک از آخور جمع‌آوری گردید. لازم

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-09-08]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

به ذکر است که تنها تفاوت موجود بین تیمارهای آزمایشی در هر فصل مربوط به اندازه ذرات علوفه یونجه خشک‌شده بود به‌طوری‌که در تیمار حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز، علوفه یونجه قبل از افزودن به فیدر با یونجه خردکن دارای توری ۶ سانتی‌متر خرد می‌شد و در تیمار حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت، علوفه یونجه قبل از افزودن به فیدر با یونجه خردکن بدون توری خرد می‌شد. همچنین، نحوه افزودن خوراک به‌گونه‌ای بود که یونجه، کنسانتره، ذرت سیلوشده و تفاله چغندر قند به‌ترتیب و بدون وقفه زمانی به فیدر–میکسر اضافه شدند و فاضله زمانی مابین ریختن آخرین جزء خوراک (تفاله چغندرقند) و ریختن خوراک به درون آخور ۱۵ دقیقه به‌طول انجامید.

برای اندازه‌گیری قابلیت گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در ۳ روز پایانی آزمایش از خوراک و باقی‌مانده‌ی آن و نیز مدفوع هر گاو (دو مرتبه در روز شامل صبح و عصر و سه روز متوالی انجام‌گرفت) نمونه‌هایی جمع‌آوری و سپس در دمای منفی ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد فریز شدند. در پایان آزمایش و پس از یخ‌گشایی، نمونه‌های هر گاو باهم ترکیب و یک نمونه از آن برای تعیین گوارش‌پذیری برداشته شد. نشانگر استفاده شده در این آزمایش خاکستر نامحلول در اسید بود که برطبق روش ون کولن و یانگ (Van Keulen, & Young, 1997) تعیین گردید. نمونه‌های مدفوع و خوراک به‌منظور تعیین مقادیر ماده‌ی خشک، ماده‌ی آلی، پروتئین خام و چربی خام براساس روش AOAC (۱۹۹۰)[1] و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)[2] براساس روش ون سوست[3] (Van Soest, *et al.*, 1991) تجزیه شدند. برای اندازه‌گیری چربی خام از دستگاه مدل Soxtec 1043 و برای الیاف خام از دستگاه Fibertec مدل ۱۰۱۰ و برای پروتئین خام از دستگاه ۱۰۱۳ KjeltecAuto استفاده شد.

در پژوهش حاضر، خوراک روزانه طی دو وعده در ساعات ۰۷:۰۰ و ۱۶:۰۰ به گاوها ارائه گردید. برای اندازه‌گیری شاخص حرارتی–رطوبتی مقدار میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه با استفاده از دستگاه دیجیتال در طول روزهای نمونه‌گیری اندازه‌گیری شد و با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید.

معادله ۱:

$$THI = (0.8 \times T) + \{(RH \div 100) + |(T - 14.4)\} + 46.4$$

در معادله ۱، T= دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد و RH= رطوبت نسبی بر حسب درصد هستند.

به‌منظور محاسبه مقدار ماده‌ی خشک مصرفی، خوراک عرضه‌شده و نیز مقدار باقی‌مانده آن در روز بعد و قبل از عرضه خوراک تازه در طول تمامی روزهای دوره نمونه‌گیری توزین گردید. همچنین، به‌منظور بررسی نرخ مصرف خوراک طی ۲، ۴، ۸ و ۲۴ ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح، مقدار خوراک باقی‌مانده در آخور توزین و سپس به داخل آخور برگردانده شد.

در نهایت، داده‌های مصرف خوراک که طی زمان‌های مکرر اندازه‌گیری شده بودند با استفاده از رویه Mixed آنالیز شدند. آنالیز این داده‌ها به‌صورت فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملا تصادفی توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و با استفاده از معادله ۲ انجام گرفت.

معادله ۲:

$$Y_{jkl} = \mu + S_j + P_k + (\mathbf{S} \times \mathbf{P})_{jk} + e_{jklm}$$

در معادله ۲، Y_{jkl} = مشاهده مربوط به j اُمین فصل و k اُمین اندازه ذرات، μ = میانگین کل، S_j = اثر فصل، P_k= اثر اندازه ذرات دانه علوفه، $(S*P)_{jk}$ = اثر متقابل فصل و اندازه ذرات علوفه و e_{jklm} = خطای آزمایش هستند. مقایسه‌های میانگین بین تیمارها با استفاده از آزمون توکی و در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام گرفت.

جدول ۲- اجزای خوراک و ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی

Table 2. Feed ingredients and chemical composition of the experimental diet

% of DM	Ingridients	% of DM	Ingridients
1.79	پودرچربی (Fat powder)	12.81	یونجه (Alflalfa hay)
4.12	پودرگوشت (Meat meal)	23.71	سیلاژ ذرت (Corn silage)
0.56	مکمل مواد معدنی و ویتامین[1] (Vit- min permix)	5.52	تفاله چغندرقند (Beet pulp)
1.00	بیکربنات سدیم (Sodium bicarbonate)	14.87	ذرت آسیاب شده (Corn ground grain)
0.25	اکسید منیزیوم (magnesium oxide)	17.09	جو آسیاب شده (Barley ground grain)
0.13	نمک (Whit salt)	1.67	سبوس گندم (Wheat bran)
0.31	کربنات کلسیم ($CaCo_3$)	6.13	کنجاله سویا (Soybean meal)
1.25	بنتونیت (Bentonite)	2.83	کنجاله کانولا (Canola meal)
0.06	توکسین بایندر (Toxin bonder)	2.88	پنبه دانه (Cotton seed)
		1.62	گلوتن ذرت (Corn gluten)
	Diet Chemical Composition (% of DM) ترکیب شیمیایی جیره		
8.76	خاکستر (Ash)[3]	1.68	انرژی ویژه شیردهی (NE_l)[2]
1.37	کلسیم (Ca)[3]	17.1	پروتئین خام (Crude Protein)[3]
0.56	فسفر (P)[3]	10.7	پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP)[3]
0.38	سدیم (Na)[3]	6.4	پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (RUP)[3]
1.07	پتاسیم (K)[3]	17.9	الیاف شوینده اسیدی (ADF)[3]
0.30	منیزیم (Mg)[3]	30.9	الیاف شوینده خنثی (NDF)[3]
0.27	کلر (Cl)[3]	40.1	کربوهیدرات غیر الیافی (NFC)[3]
		4.7	عصاره اتری (EE)[3]

[1] یک کیلوگرم ماده‌ی خشک از آن حاوی ۶۰۰،۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰،۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۲۵۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدانت، ۱۹۵ گرم کلسیم، ۸۰ گرم فسفر، ۲۱ گرم منیزیوم، ۳ گرم آهن، ۶۰ گرم سدیم، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۲۲۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۲۰ میلی‌گرم ید و ۳۰ میلی‌گرم سلنیوم است. ۲. مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک. ۳. درصد ماده‌ی خشک

1. One kilogram of dry matter contains 600,000 IU of vitamin A, 200,000 IU of vitamin D3, 200 mg of vitamin E, 250 mg of antioxidants, 195 g of calcium, 80 g of phosphorus, 21 g of magnesium, 3 g of iron, 60 g of sodium, 300 mg of copper, 2200 mg of manganese, 300 mg of zinc, 100 mg of cobalt, 120 mg of iodine, and 30 mg of selenium. 2. Megacalories per kilogram of dry matter. 3. Percentage of dry matter

[1] Official Methods of Analysis [2] Neutral Detergent Fiber (NDF) [3] Van Soest

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر، مقدار ماده‌ی خشک مصرفی روزانه بین فصل بهار و تابستان تفاوت معنی‌دار داشت (p <۰/۰۱) و مقدار ماده‌ی خشک مصرفی برای فصل بهار بیشتر از فصل تابستان بود (جدول ۳). مطالعات گذشته نیز نشان داده‌اند که کاهش ماده‌ی خشک مصرفی گاوهای شیرده در شرایط تنش حرارتی به‌عنوان یک راهکار کلیدی برای کاهش تولید حرارت متابولیکی و در راستای زنده نگهداشتن دام مطرح است (Greter *et al*., 2003). مطالعات نشان داده‌اند که حرارت تولیدی ناشی از تخمیر در شکمبه برای علوفه‌ها در مقایسه با کنسانتره‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر است. جانسون و همکاران (Johnson *et al*., 1963) نشان دادند که زمانی که گاوهای تحت تنش حرارتی علوفه و کنسانتره را به‌صورت جداگانه دریافت کردند، مقدار کمتری از علوفه و مقادیر بیشتری از کنسانتره را مصرف نمودند. همچنین، رینالد و همکاران (Reynolds *et al*., 2011) نشان دادند که میزان تولید حرارت برای جیره‌های حاوی ۷۵ درصد کنسانتره در مقایسه با جیره‌های حاوی ۷۵ درصد علوفه یونجه به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. بنابراین، استفاده از راهکارهایی همچون مصرف کنسانتره بیشتر در مقایسه با علوفه (در گله‌هایی که علوفه و کنسانتره به‌صورت جداگانه تغذیه می‌شوند) و یا جداسازی خوراک (در گله‌هایی که خوراک به‌صورت جیره کاملا مخلوط عرضه می‌شود) می‌تواند به‌عنوان یک راهکار هوشمندانه دام برای کاهش حرارت تولیدی ناشی از تخمیر مواد خوراکی در شکمبه بویژه در شرایط مواجه با تنش حرارتی مطرح باشد.

در مطالعه‌ای که توسط محمدی و همکاران (Mohamadi *et al*., 2018) و با هدف بررسی اثرات متقابل فضای آخور و اندازه ذرات علوفه بر عملکرد و شدت مصرف خوراک در تلیسه‌های هلشتاین انجام‌گرفت نتایج نشان دادند که ماده‌ی خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز در مقایسه با تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. محققین مذکور علت را در مدت‌زمان ماندگاری بیشتر خوراک در شکمبه در تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت (به ویژه بخش علوفه‌ای) و همچنین القاء سیری در گوساله‌های مصرف‌کننده جیره‌های حاوی علوفه درشت به‌دلیل ایجاد پرشدگی فیزیکی شکمبه نسبت دادند. همچنین گائو و همکاران (Gao *et al*., 2017) و گریتر و همکاران (Greter *et al*., 2008) نشان دادند که میزان ماده‌ی خشک مصرفی با افزایش اندازه ذرات علوفه در جیره کاهش یافت. در حالی که یانگ و همکاران (Yang *et al*., 2001) با بررسی تاثیر اندازه ذرات مختلف علوفه (۱، ۳، ۵، و ۷ سانتی‌متر) بر روی رفتار تغذیه‌ای و رشد گوساله‌های هلشتاین در حال رشد جایگزین ۸ تا ۱۰ ماه به این نتیجه رسیدند که افزایش اندازه ذرات علوفه تاثیر معنی‌داری بر ماده‌ی خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه نداشت.

در مطالعه حاضر نرخ مصرف خوراک تحت تاثیر متغیر فصل بود و مقدار خوراک مصرف‌شده (بر حسب کیلوگرم) طی دو ساعت اولیه پس از خوراکدهی صبح برای فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل بهار بود (P = ۰/۰۲) (جدول ۳). در حالی‌که مقدار ماده‌ی خشک مصرفی طی مدت‌زمان دو الی چهار ساعت و همچنین چهار الی هشت ساعت پس از خوراک‌دهی صبح برای فصل بهار بیشتر از فصل تابستان بود (جدول ۳). همچنین، نرخ مصرف خوراک برحسب درصد از نرخی مشابه مقدار ماده‌ی خشک مصرفی برحسب کیلوگرم تبعیت نمود و دام‌ها در فصل تابستان طی دو ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی صبح ۳۱ درصد از کل ماده‌ی خشک مصرفی روزانه را مصرف نمودند در حالی‌که این میزان برای فصل بهار تنها ۲۳ درصد بود.

جدول ۳- اثر متقابل فصل و اندازه ذرات علوفه برروی ماده‌ی خشک مصرفی و نرخ مصرف خوراک طی ساعات پس از خوراک‌دهی
Table 3. Interaction effects of the season and dietary forage particle size on dry matter intake and feed intake kinetics within hours after morning feeding

اندازه ذرات (Particle size)	Season فصل				SEM میانگین خطای استاندارد	P-value[۲]		
	Spring بهار		Summer تابستان					
	Coarse درشت	Fine ریز	Coarse درشت	Fine ریز		S اثر فصل	PS اثر اندازه ذرات	S * PS اثر متقابل فصل و اندازه ذرات
	مقدار ماده‌ی خشک مصرفی[۱] (Dry matter intake, kg/day)							
۰-۲ ساعت (0-2 h)	5.12[b]	6.08[ab]	7.83[a]	6.71[ab]	0.624	0.02	0.09	0.12
۲-۴ ساعت (2-4 h)	2.93[a]	1.18[ab]	0.46[c]	1.28[bc]	0.373	<0.01	0.68	0.02
۴-۸ ساعت (4-8 h)	3.51	3.36	2.35	2.19	0.551	0.06	0.77	0.98
۸-۲۴ ساعت (8-24 h)	12.47	12.86	12.50	12.73	0.577	0.93	0.60	0.89
۰-۲۴ ساعت (0-24 h)	24.03 [a]	24.10 [a]	23.15[ab]	22.92 [b]	0.354	<0.01	0.82	0.66
	نرخ مصرف خوراک[۱] (Feed intake pattern, %)							
۰-۲ ساعت (0-2 h)	21.25[c]	25.16b[c]	33.63[a]	29.21[ab]	1.924	<0.01	0.89	0.05
۲-۴ ساعت (2-4 h)	12.00[a]	7.50[b]	2.08[c]	5.64[bc]	1.408	<0.01	0.74	0.01
۴-۸ ساعت (4-8 h)	14.23	13.90	10.03	9.45	1.883	0.04	0.81	0.94
۸-۲۴ ساعت (8-24 h)	52.51	53.44	54.25	55.71	3.329	0.56	0.73	0.94

۱- برحسب کیلوگرم در روز ۲. میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار هستند (p < ۰/۰۵).
1. kg/day; 2. Means shown in each row with different Latin letters have significant differences (p < 0.05).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-09-04]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

همچنین، مقدار ماده‌ی خشک مصرفی (بر حسب درصد) برای مدت زمان ۲ الی ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی صبح برای تابستان تنها ۳/۵ درصد و برای فصل بهار ۱۰ درصد بود و متعاقبا مقدار ماده‌ی خشک مصرفی (بر حسب درصد) برای مدت زمان ۴ الی ۸ ساعت پس از خوراک‌دهی صبح برای تابستان ۱۰ درصد و برای بهار ۱۴ درصد بود. نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که صرف‌نظر از اندازه ذرات علوفه، گاوهای آزمایشی طی فصل بهار از نرخ مصرف خوراک یکنواخت‌تری در طول شبانه‌روز برخوردار بودند در حالی‌که این الگو در فصل تابستان به‌گونه‌ای بود که گاوها به‌منظور اجتناب از تنش حرارتی (به‌عنوان یک پاسخ فیزیولوژیک و رفتاری به شرایط محیطی) ترجیح می‌دهند که بخش عمده ماده‌ی خشک مصرفی را طی ساعات اولیه صبح (به‌دلیل خنک بودن هوا) و ساعات انتهایی روز (عصر) که مجددا هوا خنک می‌شود، مصرف کنند (Rhoads *et al*., 2009, Cook *et al*., 2007). بنابراین، نتایج این مطالعه نشان دادند که تنش حرارتی نه‌تنها به کاهش در مصرف ماده‌ی خشک مصرفی روزانه منتج می‌گردد، بلکه نرخ مصرف خوراک را نیز به‌گونه‌ای تغییر داد که طی ساعات گرم روز حداقل مقدار ماده‌ی خشک مصرفی را دریافت کردند در حالی‌که در طی ساعات خنک مقدار ماده‌ی خشک مصرفی بیشتری را دریافت نمودند. نشان داده شده است که بی‌نظمی در نرخ مصرف خوراک در طول شبانه‌روز می‌تواند به افزایش خطر بروز اسیدوز در گاوهای شیرده منتج گردد (Greter *et al*., 2008; Rhoads *et al*., 2009).

در مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای حاوی علوفه‌های با اندازه ذرات مختلف (درشت در مقابل ریز) از لحاظ مقدار خوراک مصرف شده بر حسب کیلوگرم و یا بر حسب درصد طی ساعات متوالی پس از خوراک‌دهی صبح وجود نداشت (جدول ۳). همچنین، در مطالعه‌ای که توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2018) با هدف بررسی اثرات متقابل فضای آخور و اندازه ذرات علوفه روی عملکرد و شدت مصرف خوراک در گوساله‌های ماده‌ی هلشتاین انجام گرفت، نتایج نشان دادند که ۴۵ الی ۵۰ درصد کل خوراک روزانه در طی ۲ ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی وعده صبح مصرف می‌گردد و بیان گردید که این یافته‌ها تاییدی بر وجود همزمانی در مصرف خوراک در گوساله‌های ماده‌ی هلشتاین در حال رشد بودند. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، گریتر و همکاران (Greter *et al*., 2008) با اضافه کردن کاه به جیره در دو سطح ۱۰ و ۲۰ درصد برای تلیسه‌های در حال رشد نشان دادند که بیشترین مصرف خوراک مربوط به ۹ تا ۱۲ ساعت پس از عرضه خوراک بود. همچنین در مطالعه مذکور، مقدار ۸۰ تا ۹۰ درصد ماده‌ی خشک مصرفی روزانه طی ۸ ساعت اولیه پس از خوراک‌دهی صبح اتفاق افتاد به‌طوری‌که برای تیمار حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز میزان ۸۰ درصد و برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت ۹۰ درصد بود. همچنین کونونوف و هنریچ (Kononoff & Heinrichs, 2003) و تیموری یانسری و همکاران (Teimouri Yansari *et al*., 2004) نشان دادند که با افزایش طول قطعات علوفه، مصرف خوراک کاهش یافت.

در مطالعه حاضر، اثر فصل بر فراسنجه‌هایی هم‌چون گوارش‌پذیری ظاهری ماده‌ی خشک، ماده‌ی آلی و پروتئین خام معنی‌دار بود (جدول ۴) و گوارش‌پذیری ظاهری فراسنجه‌های مذکور برای فصل تابستان در مقایسه با فصل بهار بیشتر بود. مطالعات گذشته نشان داده‌اند که اگرچه مقدار ماده‌ی خشک مصرفی در شرایط تنش گرمایی در مقایسه با شرایط دمایی نرمال کاهش پیدا می‌کند (Bernabucci *et al*., 2010)، اما گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در برخی مطالعات افزایش یافت (Colditz *et al*., 1972) و یا حتی در برخی موارد بدون تغییر بود (Olbrich *et al*., 1972).

در مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌داری بین فصول تابستان و بهار برای گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی وجود نداشت. بر خلاف یافته‌های مطالعه حاضر، هیرایاما و همکاران (Hirayama *et al*., 2000) نشان دادند که میزان گوارش‌پذیری ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای دام‌هایی که تحت تنش حرارتی بودند در مقایسه با دام‌هایی که تحت شرایط دمایی نرمال نگهداری می‌شدند بیشتر بود. همچنین گائو و همکاران (Gao *et al*., 2017) نشان دادند که گوارش‌پذیری ظاهری ماده‌ی خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی برای گاوهای تحت تنش حرارتی در مقایسه با گاوهای تحت شرایط نرمال دمایی به‌ترتیب ۱۷/۶، ۲۹/۹ و ۴۲/۹ درصد بیشتر بودند.

مطالعاتی نیز وجود دارند که در آن‌ها گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای گاوهای تحت تنش حرارتی در مقایسه با شرایط نرمال دمایی، پایین‌تر گزارش شده است و علت آن را با نامطلوب بودن شرایط محیط شکمبه جهت رشد و تکثیر باکتری‌های تخمیرکننده الیاف (سلولولایتیک) در گاوهای تحت تنش حرارتی مرتبط دانسته‌اند. این مطالعات نشان داده‌اند که به‌دلیل کاهش جریان خون به قسمت‌های عمقی بدن که ناشی از تبادلات حرارتی در شرایط تنش حرارتی می‌باشد، میزان جذب اسیدهای چرب فرار تولیدی در شکمبه کاهش یافته، همین امر به افزایش تجمع این اسیدها در شکمبه و در نتیجه افت pH مایع شکمبه و نامطلوب شدن شرایط برای رشد باکتری‌های تخمیرکننده دیواره سلولی منتج شده است (Chen *et al*., 2024).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

جدول ۴- اثر متقابل فصل و اندازه ذرات علوفه بر روی مصرف و گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی

Table 4. Interaction effects of season and dietary forage particle size on nutrient intake and apparent nutrient digestibility

P-value[۲]			SEM میانگین خطای استاندارد	Season فصل				اندازه ذرات (Particle Size)
				Summer تابستان		Spring بهار		
S * PS اثر متقابل فصل و اندازه ذرات	PS اثر اندازه ذرات	S اثر فصل		Fine ریز	Coarse درشت	Fine ریز	Coarse درشت	
0.66	0.82	<0.01	0.354	22.92[b]	23.15[ab]	24.10a	24.03[a]	مادهٔ خشک مصرف‌شده[۱] (Dry Matter Intake, kg/day)
0.77	0.40	0.01	0.533	16.59[a]	16.29[a]	15.38[ab]	14.77[b]	مقدار مادهٔ خشک هضم‌شده[۱] (Digested Dry Matter, kg/day)
0.98	0.31	<0.01	2.205	72.55[a]	70.30[a]	63.90[b]	61.57[b]	درصد گوارش‌پذیری ظاهری مادهٔ خشک (Apparent Dry Matter Digestibility, %)
0.63	0.88	0.18	0.324	20.99	21.19	21.58	21.48	مادهٔ آلی مصرف‌شده[۱] (Organic Matter Intake, kg/day)
0.66	0.39	<0.01	0.485	15.68[a]	15.47[a]	14.31[ab]	13.68[b]	مقدار مادهٔ آلی هضم شده[۱] (Digested Organic Matter, kg/day)
0.89	0.32	<0.01	2.190	74.87[a]	72.95[a]	66.36[b]	63.82[b]	درصد گوارش‌پذیری ظاهری مادهٔ آلی (Apparent Organic Matter Digestibility, %)
0.41	<0.01	<0.01	0.050	3.19[c]	3.37[b]	3.50[ab]	3.59[a]	پروتئین خام مصرف‌شده[۱] (Crude Protein Intake, kg/day)
0.76	0.54	0.70	0.079	2.27	2.35	2.27	2.29	مقدار پروتئین خام هضم‌شده[۱] (Digested Crude Protein, kg)
0.85	0.54	0.01	2.293	71.37[a]	69.53[ab]	64.81[b]	63.84[b]	درصد گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام (Apparent Crude Protein Digestibility, %)
<0.01	0.37	<0.01	0.126	8.04[b]	7.56[c]	9.08[a]	9.33[a]	NDF مصرف‌شده[۱] (NDF Intake, kg/day)
0.37	0.06	<0.01	0.226	5.02[ab]	4.38[b]	5.42[a]	5.19[a]	NDF هضم‌شده[۱] (Digested NDF, kg/day)
0.91	0.10	0.36	2.694	62.63	57.90	59.81	55.73	درصد گوارش‌پذیری ظاهری NDF (Apparent NDF Digestibility, %)

۱- بر حسب کیلوگرم در روز ۲. میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($p < ۰/۰۵$).

1. kg/day; 2. Means shown in each row with different Latin letters have significant differences ($p < 0.05$).

در رابطه با اثرات اندازه ذرات علوفه بر فراسنجه‌های گوارش‌پذیری مواد مغذی، نتایج نشان دادند که فراسنجه‌های گوارش‌پذیری ظاهری و نیز مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی هضم‌شده (برحسب کیلوگرم در روز) برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز در مقایسه با تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت تمایل به افزایش داشتند ($P = ۰/۰۶$) (جدول ۴). در حالی‌که تفاوت معنی‌داری بین گوارش‌پذیری ظاهری مادهٔ خشک، مادهٔ آلی و پروتئین خام بین تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز و درشت وجود نداشت. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2020) نشان دادند که گوارش‌پذیری ظاهری مادهٔ خشک، مادهٔ آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تلیسه‌های تغذیه شده با تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت نسبت به تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز بیشتر بود و علت آن را به تشکیل لایه الیافی ضخیم در تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت و در نتیجه نشخوار بیشتر، ترشح بزاق بیشتر و محیط شکمبه‌ای متعادل‌تر در کنار ماندگاری بیشتر مواد خوراکی در شکمبه نسبت دادند. همچنین، کونونوف و هنریچ (Kononoff & Heinrichs, 2003) در مطالعه‌ای که با هدف تأثیر اندازه ذرات سیلاژ یونجه با رطوبت پایین (میانگین هندسی اندازه ذرات کوتاه ۴/۱، نسبتاً کوتاه ۴/۸، نسبتاً بلند ۵/۷ و بلند ۶/۸ میلی‌متر) بر گوارش‌پذیری ظاهری مادهٔ خشک و پروتئین خام در گاوهای اوایل شیردهی انجام‌گرفت، نشان دادند که گوارش‌پذیری ظاهری مادهٔ خشک و پروتئین خام با افزایش اندازه ذرات کاهش یافتند.

در مطالعه دیگری، اثر الیاف مؤثر فیزیکی بر رفتار تغذیه‌ای و گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در تلیسه‌های جایگزین هلشتاین هشت تا ۱۰ ماهه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که گوارش‌پذیری ظاهری مادهٔ خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه قطعات سه و پنج سانتی‌متر در مقایسه با تیمارهای حاوی علوفه با اندازه قطعات هفت سانتی‌متر بیشتر بودند (Wang *et al*., 2017). مطالعه‌ای بر روی اثر اندازه ذرات یونجه (۳۱، ۶۳ و ۱۰۰ میلی‌متر) بر مصرف و گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در گاوهای شیری انجام‌گرفت، و نشان داده شد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ گوارش‌پذیری ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی وجود نداشت هر چند که گوارش‌پذیری مادهٔ خشک و پروتئین خام با افزایش اندازه ذرات علوفه کاهش یافت (Belyea *et al*., 1989).

در مطالعه حاضر، نتایج نشان داد که درصد مادهٔ خشک مدفوع برای فصل بهار به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل تابستان بود (جدول ۵)، در حالی‌که درصد پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مدفوع برای فصل بهار به‌طور معنی‌داری کمتر از فصل تابستان بود. مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و پروتئین خام دفع‌شده از طریق مدفوع (بر حسب کیلوگرم در روز) برای فصل بهار بیشتر بود (جدول ۵). در کل، نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار دفع مواد مغذی در فصل تابستان هستند و این کاهش دفع مواد مغذی در

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-09-08]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

تابستان در نتیجه دو عامل کاهش مصرف خوراک به‌دلیل تنش حرارتی و افزایش کارایی گوارش‌پذیری است. در مطالعه حاضر مقدار ماده خشک مصرفی برای تابستان در مقایسه با فصل بهار به‌طور معنی‌داری پایین تر بود (۴ الی ۵ درصد کمتر) و مطالعات گذشته نیز نشان داده‌اند که در شرایط تنش حرارتی، گاوها برای کاهش تولید حرارت متابولیکی، مصرف خوراک را کاهش می‌دهند. این کاهش مصرف مستقیماً منجر به کاهش مقدار مواد ورودی و در نتیجه کاهش مواد دفعی می‌شود (Wheelock *et al*., 2010; Das *et al*., 2016). از طرف دیگر، در مطالعه حاضر، گوارش‌پذیری ماده خشک در فصل تابستان ۸ الی ۱۴ درصد در مقایسه با فصل بهار بیشتر بود و بیانگر افزایش کارایی گوارش‌پذیری طی تابستان است که منجر به کاهش مواد غیرقابل هضم باقی‌مانده در مدفوع شده است. در خصوص افزایش کارایی گوارشی در تابستان، چندین مکانیسم شامل کاهش نرخ عبور مواد مغذی و زمان بیشتر برای هضم، تغییر در فعالیت میکروبی باکتری‌های شکمبه‌ای و تنظیمات هورمونی پیشنهاد شده‌اند (Liu *et al*., 2019; Rhoads *et al*., 2009).

نتایج نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ غلظت مواد مغذی دفع‌شده از طریق مدفوع (برحسب درصد) وجود نداشت (جدول ۵). در همین راستا، در مطالعه‌ای که توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2020) با هدف بررسی اثرات متقابل اندازه خوراک و فضای آخور در تلیسه‌های در حال رشد انجام گرفت، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ غلظت نشاسته، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مدفوع مشاهده نگردید، در حالی‌که اسکور مدفوع و ماده‌ی خشک مدفوع برای تیمار حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز در مقایسه تیمار حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت پایین‌تر بود.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهند که اندازه ذرات علوفه تأثیر معنی‌داری بر مقدار مواد مغذی دفع‌شده (کیلوگرم در روز) نداشت ($p > ۰/۰۵$). این یافته را می‌توان از چند منظر تحلیل کرد: الف) مصرف خوراک مشابه: بر اساس جدول ۴، اندازه ذرات تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک نداشت ($P = ۰/۸۲$)، یعنی که حیوانات در هر دو تیمار ذرات درشت و ریز مقادیر مشابهی خوراک مصرف کردند، که منجر به ورودی مشابه مواد مغذی به دستگاه گوارش شد. ب) گوارش‌پذیری نسبتاً مشابه: اگرچه اندازه ذرات تأثیری بر گوارش‌پذیری ظاهری ماده خشک، ماده آلی و NDF نداشت ($p > ۰/۰۵$) ، اما این عدم تأثیر منجر شد که مقدار مواد غیر قابل هضم باقی‌مانده نیز تفاوت معنی‌داری نداشته باشد. ج) تعادل فیزیولوژیکی: احتمالاً دستگاه گوارش گاوهای مورد مطالعه توانسته است با تنظیمات فیزیولوژیکی (مانند زمان نگهداری خوراک در شکمبه، فعالیت میکروبی، و الگوی جویدن) با اندازه‌های مختلف ذرات سازگار شود (Tajima *et al*., 2007; Bernabucci *et al*., 2010).

جدول ۵- اثرات فصل و اندازه ذرات علوفه بر دفع مواد مغذی از طریق مدفوع

Table 5. Interaction effects of season and dietary forage particle size on fecal nutrient excretion

اندازه ذرات (Particle Size)	Season فصل				SEM میانگین خطای استاندارد	P-value*		
	Spring بهار		Summer تابستان					
	Coarse درشت	Fine ریز	Coarse درشت	Fine ریز		S اثر فصل	PS اثر اندازه ذرات	S * PS اثر متقابل فصل و اندازه ذرات
درصد ماده‌ی خشک مدفوع (Fecal Dry Matter Percentage)	15.74[a]	15.72[a]	14.45[b]	15.23[a]	0.276	< 0.01	0.16	0.14
مقدار ماده‌ی خشک دفع‌شده[۲] (Fecal Dry Matter Excretion, kg/day)	9.26[a]	8.72[a]	6.86[b]	6.33[b]	0.549	< 0.01	0.33	0.99
درصد پروتئین خام مدفوع (Fecal Crude Protein Percentage)	14.07[b]	14.08[b]	14.93[a]	14.52[ab]	0.182	< 0.01	0.27	0.25
مقدار پروتئین خام دفع‌شده[۲] (Fecal Crude Protein Excretion, kg/day)	1.30[a]	1.23[ab]	1.02[bc]	0.92[c]	0.082	< 0.01	0.29	0.84
درصد NDF مدفوع (Fecal NDF Percentage)	44.96[b]	41.89[c]	46.39[ab]	47.80[a]	0.664	< 0.01	0.22	< 0.01
مقدار NDF دفع‌شده[۲] (Fecal NDF Excretion, kg/day)	4.14[a]	3.66[ab]	3.17[b]	3.02[b]	0.240	< 0.01	0.20	0.49

۱- بر حسب کیلوگرم در روز ۲. میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($p < ۰/۰۵$).

1. kg/day; 2. Means shown in each row with different Latin letters have significant differences ($p < 0.05$).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-01-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان دادند که مقدار ماده‌ی خشک مصرفی برای فصل بهار در مقایسه با فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین، گاوهای شیرده طی فصل بهار (شرایط نرمال دمایی) در مقایسه با فصل تابستان (شرایط تنش حرارتی) از نرخ مصرف خوراک یکنواخت‌تری در طول شبانه‌روز برخوردار بودند. علی‌رغم ماده خشک مصرفی بالاتر در طول فصل بهار، گوارش‌پذیری مواد مغذی در فصل تابستان در مقایسه با فصل بهار به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که اندازه ذرات علوفه اثر معنی‌داری بر گوارش‌پذیری مواد مغذی نداشتند. در واقع، نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که متغیر فصل در مقایسه با اندازه ذرات علوفه اثرات ملموس‌تری بر ماده خشک مصرفی، نرخ مصرف خوراک، گوارش‌پذیری مواد مغذی و دفع مواد مغذی در گاوهای شیرده پرتولید داشت. به‌طور کلی، یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهند که گاوهای شیری قادر به تطبیق مؤثر با شرایط تنش حرارتی هستند، کاهش مصرف خوراک طی تنش حرارتی با افزایش کارایی گوارشی تا حدودی جبران می‌شود. همچنین، عدم تأثیر اندازه ذرات خوراک نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری دستگاه گوارش نشخوارکنندگان در مواجهه با اندازه‌های مختلف ذرات علوفه است. این نتایج اهمیت مدیریت تغذیه در شرایط مختلف اقلیمی را برجسته می‌کنند و نشان می‌دهند که حیوانات مکانیسم‌های تطبیقی پیچیده‌ای برای حفظ کارایی تغذیه‌ای در شرایط چالش‌آمیز دارند.

References

Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in rumen and requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1447-1453.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). Official methods of analysis (15th ed.). AOAC, Arlington, VA.

Belyea, R. L., Martz, F. A., & Mbagaya, G. A. (1989). Effect of particle size of alfalfa hay on intake, digestibility, milk yield, and ruminal cell wall of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 72(4), 958-963.

Bernabucci, U., Bani, P., Ronchi, B., Lacetera, N., & Nardone, A. (2010). Effects of heat stress on nutrient digestibility and metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 93(2), 797-806.

Chen, L., Thorup, V. M., Kudahl, A. B., & Østergaard, S. (2024). Effects of heat stress on feed intake, milk yield, milk composition, and feed efficiency in dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 107(4), 3207-3218.

Colditz, P. J., & Kellaway, R. C. (1972). The effect of diet and heat stress on feed intake, growth, and nitrogen metabolism in Friesian, F1 Brahman × Friesian, and Brahman heifers. *Australian Journal of Agriculture Research*, 23(4), 717-725.

Cook, N. B., Mentink, R. L., Bennett, T. B., & Burgi, K. (2007). The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1674-1682.

Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, Kumar, R. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9, 260-268.

Gao, S. T., Guo, J., Quan, S. Y., Nan, X. M., Sanz Fernandez, M. V., Baumgard, L. H., & Bu, D. P. (2017). The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 5040-5049.

Greter, A. M., DeVries, T. J., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2008). Nutrient intake and feeding behavior of growing dairy heifers: Effects of dietary dilution. *Journal of Dairy Science*, 91(7), 2786-2795.

Hirayama, T., Oshiro, S., Katoh, K., & Ohta, M. (2000). Effects of heat exposure on the rumination and passage rate of feeds through the digestive tract of goats. *Animal Science Journal*, 71(3), J258-J263.

Hristov, A. N., Melgar, A., Wasson, D., & Arndt, C. (2022). Symposium review: Effective nutritional strategies to mitigate enteric methane in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 105(10), 8543-8557.

Johnson, H. D., Ragsdale, A. C., Berry, I. L., & Shanklin, M. D. (1963). Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle. Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin, 846, Columbia.

Kononoff, P., & Heinrichs, A. J. (2003). The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1445-1457.

Krause, K. M., & Combs, D. K. (2003). Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal pH in midlactation cows. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1382-1397.

Liu, J., Li, L., Chen, X., Lu, L., & Wang, D. (2019). Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(9), 1332-1339.

Miller-Cushon, E. K., Dayton, A. M., Horvath, K. C., Monteiro, A. P. A., Weng, X., & Tao, T. (2019). Effects of acute and chronic heat stress on feed sorting behaviour of lactating dairy cows. *Animal*, 13(9), 2044-2051.

Mohammadi, A., Fatehi, F., Zali, A., & Ganjkhanlou, M. (2018). The study of interaction effects of feed bunk space and forage particle size on feeding behaviors in female Holstein calves. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(2), 285-295.

Mohammadi, A., Fatehi, F., Zali, A., Ganjkhanlou, M., & Sarzaeem, A. (2020). The study of effects of feed bunk space and forage particle size on digestibility and fecal properties in Holstein female calves. *Journal of Animal Production*, 22(2), 259-269.

Nasrollahi, S. M., Imani, M., & Zebeli, Q. (2015). A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method on feed intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8926-8939.

National Research Council (NRC). (2001). Nutrient requirements of dairy cattle (7th rev. ed.). The National Academy of Sciences, Washington DC.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-09-08]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]

Olbrich, S. E., Martz, F. A., Johnson, H. D., Phillips, S. W., Lippincott, A. C., & Hilderbrand, E. S. (1972). Effect of constant ambient temperatures of 10°C and 31°C on ruminal responses of cold tolerant and heat tolerant cattle. *Journal of Animal Science,* 34(1), 64-69.

Reynolds, C. K., Tyrrell, H. F., & Reynolds, P. J. (2011). Effects of diet forage-to-concentrate ratio and intake on energy metabolism in growing beef heifers: Whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production. *The Journal of Nutrition,* 121(7), 994-1003.

Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A., & Baumgard, L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science,* 92(5), 1986-1997.

Tajima, K., Nonaka, I., Higuchi, K., Takusari, N., Kurihara, M., Takenaka, A., Mitsumori, M., Kajikawa, H., Aminov, R.I. (2007). Influence of high temperature and humidity on rumen bacterial diversity in Holstein heifers. *Anaerobe*, 13, 57-64.

Teimouri Yansari, A., Valizadeh, R., Naserian, A., & Christensen, D. A. (2004). Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(11), 3912-3924.

Van Keulen, J. V., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287.

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science,* 74(10), 3583-3597.

Wang, H. R., Chen, Q., Chen, L. M., Ge, R. F., Wang, M. Z., Yu, L. H., & Zhang, J. (2017). Effects of dietary physically effective neutral detergent fiber content on the feeding behavior, digestibility, and growth of 8- to 10-month-old Holstein replacement heifers. *Journal of Dairy Science,* 100(2), 1161-1169.

Wheelock, J.B., Rhoads, R.P., VanBaale, M.J., Sanders, S.R., Baumgard, L.H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 644-655.

Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., & Rode, L. A. (2001). Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2203-2216.

Zebeli, Q., Tafaj, M., Junck, B., Ölschläger, V., Ametaj, B. N., & Drochner, W. (2008). Evaluation of the response of ruminal fermentation and activities of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes to particle length of corn silage in dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 91(6), 2388-2398.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1244]