

## بررسی تأثیر تراکم انرژی جیره و طول فضای آخور بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی مدفوع در تلیسه‌های شیری هلشتاین

حسین رشیدی<sup>۱</sup>، فرهنگ فاتحی<sup>۲\*</sup>، مهدی گنج‌خانلو<sup>۳</sup> و فرهاد پرنیان خواجه‌دیزج<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۱۷

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، کرج، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، کرج، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، کرج، ایران

<sup>۴</sup> استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

\* مسئول مکاتبات فرهنگ فاتحی: Email: [fatehif@ut.ac.ir](mailto:fatehif@ut.ac.ir)

### چکیده

**زمینه مطالعاتی:** میزان تراکم انرژی جیره و اندازه فضای آخور می‌تواند فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی را در تلیسه‌های هلشتاین تحت تأثیر قرار دهند. هدف: این آزمایش به‌منظور مطالعه اثرات متقابل تراکم انرژی جیره و فضای آخور بر روی فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی در تلیسه‌های هلشتاین در حال رشد انجام شد. روش کار: این آزمایش روی ۴۰ رأس تلیسه هلشتاین با میانگین سنی ۱۶-۱۲ ماه و میانگین وزن کنسانتره و همچنین پروتئین خام یکسانی بودند و تنها تفاوت در تراکم انرژی جیره‌ها و فضای آخور بود. تیمارهای این آزمایش شامل ۱- فضای آخور کوچک (۲۴ سانتی‌متر) با سطح انرژی پایین، ۲- فضای آخور کوچک (۲۴ سانتی‌متر) با سطح انرژی بالا، ۳- فضای آخور بزرگ (۴۸ سانتی‌متر) با سطح انرژی پایین، و ۴- فضای آخور بزرگ با سطح انرژی بالا (۴۸ سانتی‌متر) بود. نتایج: نتایج نشان داد که عامل سطح انرژی خوراک در مقایسه با عامل طول فضای آخور نقش تعیین‌کننده‌تری در غلظت نهایی اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه داشت. بطوریکه غلظت استات، پروپیونات و به تبع آن، کل اسیدهای چرب فرار برای تیمارهای دارای سطح انرژی پایین در مقایسه با تیمارهای حاوی سطح انرژی بالا بطور معنی‌داری بیشتر بود و علت آن را می‌توان به بالاتر بودن ماده خشک مصرفی و همچنین قابلیت هضم بالاتر مواد مغذی بویژه ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمارهای حاوی سطوح پایین‌تر انرژی مرتبط دانست. نتیجه‌گیری نهایی: بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، سطح انرژی پایین‌تر و فضای آخور بزرگ‌تر می‌تواند به بهبود فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خصوصیات فیزیکوشیمیایی مدفوع در تلیسه‌های در حال رشد منتج گردد.

**واژگان کلیدی:** تراکم انرژی جیره، تلیسه‌های هلشتاین، خصوصیات فیزیکوشیمیایی مدفوع، طول فضای آخور، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای

## مقدمه

برنج می‌تواند رفتارهای تغذیه‌ای، الگوی تخمیر شکمبه‌ای و نیز قابلیت هضم مواد مغذی را دستگاه گوارش تلیسه‌ها تحت تاثیر قرار دهد (محمدی و همکاران ۲۰۱۸؛ محمدی و همکاران ۲۰۱۹). در تغذیه نشخوارکنندگان، انتظار می‌رود تا هرگونه تغییر در قابلیت هضم مواد مغذی بتواند ابتدا فراسنجه‌های شکمبه‌ای و در مرحله بعد فراسنجه‌های خونی را تحت تاثیر قرار بدهد (دوریس و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعات در زمینه بررسی اثرات سطوح متفاوت انرژی در جیره تلیسه‌های جایگزین بر روی الگوی تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی اندک می‌باشد. با عنایت به مطالب بیان شده هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات همزمان تراکم انرژی خوراک و طول فضای آخور بر فراسنجه‌های خونی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای در تلیسه‌های در حال رشد می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

## مشخصات جایگاه

این مطالعه در ایستگاه آموزشی-پژوهشی گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در محمد شهر کرج انجام گرفت. طول دوره آزمایش ۱۰۰ روز بود (۱۰ روز عادت دهی و ۹۰ روز نمونه برداری). این آزمایش روی ۴۰ رأس گوساله ماده هلشتاین با میانگین سنی ۱۶-۱۲ ماه و میانگین وزن  $363/32 \pm 38/8$  کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ رأس تلیسه در هر تیمار انجام گرفت. گوساله‌ها از لحاظ سلامتی معاینه شدند، سپس جیره‌های آزمایشی در اختیار تلیسه‌های هریک از بهاربندها قرار داده شد.

## جیره‌های غذایی و خوراک دادن

یونجه خشک شده و کاه گندم با استفاده از خرمن‌کوب با قطر توری قابل تنظیم (دهانه توری ۶ سانتی‌متر) خرد شد. جیره‌ها در این آزمایش دارای میزان نسبت علوفه به کنسانتره ی یکسانی بودند و تنها تفاوت در تراکم انرژی جیره‌ها و فضای آخور بود.

امروزه بسیاری از گله‌های گاو شیری کشور، تمایل زیادی به افزایش اندازه گله خود دارند و برای نیل به این هدف، معمولاً تلیسه‌های موجود در این گله‌ها با هدف ابقاء در گله پرورش می‌یابند و با توجه به تراکم بالای تلیسه‌ها در بهاربندها، یکی از مشکلات عمده در این زمینه پایین بودن سرانه فضای آخور برای این دسته از دام‌ها می‌باشد (گریتر و همکاران ۲۰۱۱). در مطالعه‌ای (کیز و همکاران ۱۹۷۸) نشان داده شد که افزایش تراکم در بهاربندها تلیسه‌های ۱۲ ماهه و به تبع آن کاهش فضای آخور از ۸۱ به ۲۰ سانتیمتر باعث کاهش معنی دار در مدت زمان صرف شده برای خوراک خوردن گردید. همچنین مطالعات گذشته نشان داده‌اند که فضای آخور می‌تواند رفتار تغذیه‌ای تلیسه‌ها و الگوی مصرف خوراک و به تبع آن فراسنجه‌های شکمبه‌ای و قابلیت هضم مواد مغذی را تحت تاثیر قرار دهد (محمدی و همکاران ۲۰۱۸، محمدی و همکاران ۲۰۲۰). لازم به ذکر است که از نکات کلیدی در تغذیه تلیسه‌های در حال رشد پیشگیری از چاق شدن این دام‌ها می‌باشد (زانتون و هنریچ ۲۰۰۹). بررسی‌های گذشته نشان داده است که تلیسه‌ها اشتهاى زیادی برای مصرف خوراک داشته و عدم اعمال مدیریت صحیح تغذیه‌ای تلیسه‌ها می‌تواند به چاق شدن بیش از حد آنها و در نتیجه کاهش بازدهی تولیدی و تولید مثلی منتج گردد (کوبلنتز و همکاران ۲۰۱۵؛ کوبلنتز و همکاران ۲۰۱۸). راهکارهای زیادی برای پیشگیری از چاق شدن تلیسه‌ها با استفاده از مدیریت تغذیه‌ای در گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از روش‌های مرسوم، استفاده از یک جیره با تراکم مواد مغذی پایین بواسطه استفاده از مواد خوراکی با محتوای انرژی پایین مانند سبوس برنج و سبوس گندم و یا افزودن علوفه‌های حجیم از قبیل کاه به جیره تلیسه‌ها می‌باشد (هوفمن و همکاران ۱۹۹۶؛ گریتر و همکاران ۲۰۰۸؛ کوبلنتز و همکاران ۲۰۱۵). مطالعات مرتبط نشان داده‌اند که افزودن مواد خوراکی با ارزش تغذیه‌ای پایین، از قبیل کاه و یا سبوس

**Table 1. Diet ingredients and composition of the basal diets of experiment**

	Energy	
	Low	High
Diet ingredients, % of DM		
Alfalfa hay	18.23	18.32
Corn silage	37.89	38.17
Wheat straw	18.02	18.12
Corn grain ground	1.25	7.26
Barley grain ground	1.00	6.76
Wheat bran	1.01	2.53
Rice hulls	12.03	1.31
Soybean meal	2.30	1.77
Canola meal	6.31	3.80
Vitamin and mineral premix <sup>1</sup>	0.56	0.56
Salt	0.28	0.28
CaCO <sub>3</sub>	0.28	0.28
Zeolite	0.79	0.79
Toxin binder	0.06	0.06
Diet composition		
NEm, Mcal/kg DM	1.20	1.32
NEg, Mcal/kg DM	0.60	0.75
TDN, % of DM	54.3	60.5
Crude protein, % of DM	11.11	11.13
Rumen degradable protein, % of CP	63.96	66.39
Acid detergent fiber, % of DM	34.49	29.03
Neutral detergent fiber, % of DM	52.92	46.87
PeNDF, % of DM	30.84	29.21
Non- fiber carbohydrate, % of DM	22.96	30.47
Ether extract, % of DM	2.38	2.63
Ash, % of DM	10.64	8.91
Calcium, % of DM	0.73	0.66
Phosphor, % of DM	0.29	0.31

<sup>1</sup> Provided (kg of DM): 600,000 IU of vitamin A, 200,000 IU of vitamin D<sub>3</sub>, 200 mg vitamin E, 250 mg antioxidant, 195 g of Ca, 80 g of P, 21 g of Mg, 3 g of Fe, 60 g of Na, 300 mg of Cu, 2200 mg of Mn, 300 mg of Zn, 100 mg of Co, 120 mg of I, 30 mg of Se.

۰/۷۵ مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک انرژی خالص برای نگهداری و رشد (بزرگ/بالا) بود. جیره‌های استفاده شده در این مطالعه براساس سیستم جیره‌نویسی NRC 2001 برای تامین احتیاجات گوساله‌های در حال رشد نوشته شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که مقدار انرژی مورد نیاز برای نگهداری و رشد و کل مواد مغذی قابل هضم (TDN) برای جیره‌های آزمایشی حاوی سطح انرژی بالا، دقیقاً بر اساس توصیه NRC (۲۰۰۱) بود در حالی که در جیره‌های آزمایشی حاوی سطح انرژی پایین تر (رقیق تر) مقدار انرژی مورد نیاز برای نگهداری و رشد و کل مواد مغذی قابل هضم (TDN) در حدود ۱۰ درصد پایین‌تر از

تیمارهای این آزمایش شامل ۱- تیمار با ۲۴ سانتی‌متر فضای آخور و تراکم انرژی پایین (حاوی ۱/۲۰ و ۰/۶ مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک انرژی خالص برای نگهداری و رشد (کوچک/پایین))، ۲- تیمار با فضای آخور ۲۴ سانتی‌متر و تراکم انرژی بالا (حاوی ۱/۳۲ و ۰/۷۵ مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک انرژی خالص برای نگهداری و رشد (کوچک/بالا))، ۳- تیمار با فضای آخور ۴۸ سانتی‌متر و تراکم انرژی پایین (حاوی ۱/۲۰ و ۰/۶ مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک انرژی خالص برای نگهداری و رشد (بزرگ/پایین)) و ۴- تیمار با فضای آخور ۴۸ سانتی‌متر و تراکم انرژی بالا (حاوی ۱/۳۲ و

اتوانالایزر در آزمایشگاه بیوشیمی دانشگاه علوم پزشکی تبریز آنالیز گردید.

### خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی مدفوع

در مطالعه حاضر از مدفوع هر یک از گوساله‌ها طی سه روز مختلف (روزهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰) نمونه‌برداری انجام گردید بطوریکه قبل از برداشت نمونه مدفوع، امتیازدهی مدفوع بر اساس سیستم نمره‌دهی ۱ تا ۵ انجام شد (هاجنز ۱۹۹۹). بدین ترتیب که نمره ۱ برای مدفوع بسیار سفت و نمره ۵ برای مدفوع آبکی و بسیار شل در نظر گرفته شد. در نهایت نمونه‌های مدفوع جمع آوری شده به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه خشک شد و سپس نمونه‌ها با آسیاب با توری یک میلی متر آسیاب شدند. در نمونه‌های به دست آمده، ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر خام و ماده آلی بر اساس روش‌های مرسوم آزمایشگاهی (AOAC ۱۹۹۰) و مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی بر اساس روش توصیه شده، اندازه‌گیری شدند (ون سوست و همکاران ۱۹۹۱).

### مدل آماری

برای آنالیز اثرات تیمارها برای داده‌های فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی با عنایت به اینکه تنها یکبار نمونه‌گیری انجام گرفته بود و دارای تکرار در زمان نبودند، از رویه آماری GLM نرم‌افزار SAS و بر اساس مدل زیر در قالب طرح آماری فاکتوریل ۲×۲ کامل تصادفی مورد آنالیز قرار گرفتند:

توصیه NRC (۲۰۰۱) بود. جیره‌ها روزانه به صورت مصرف آزاد (تنظیم شده برای ۵ تا ۱۰ درصد خوراک مصرفی بعنوان پس‌خور) و به صورت کاملاً مخلوط در دو نوبت (ساعت ۹:۰۰ صبح و ساعت ۱۷:۳۰ بعد از ظهر) در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت.

### فراسنجه‌های شکمبه‌ای

در آخرین روز دوره آزمایش و در زمان ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی صبح از مایع شکمبه نمونه‌گیری شد. نمونه‌گیری با استفاده از لوله معده‌ای<sup>۱</sup> و پمپ خلاء و از طریق دهان جمع‌آوری و پس از استحصال بلافاصله مقدار اسیدیته نمونه‌ها اندازه‌گیری و سپس با چهار لایه پارچه کتان صاف گردید و مقدار ۲ میلی لیتر از مایع شکمبه صاف شده با استفاده از ۰/۰۴ میلی لیتر از اسید سولفوریک ۵۰ درصد، اسیدی شده و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد تا زمان آنالیز نمونه‌ها نگهداری گردید (برودریک و همکاران ۲۰۰۴). در نهایت غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از روش برودریک و کانگ (۱۹۸۰) و غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه با استفاده از روش اوتنستین و باتلر (۱۹۷۱) و دستگاه گاز کروماتوگرافی انجام گرفت.

### فراسنجه‌های خونی

در روز ۸۶ دوره آزمایش در زمان ۴ ساعت پس از مصرف خوراک، نمونه خون از سیاهرگ دمی تلیسه‌ها در لوله‌های تحت خلاء حاوی هپارین جمع‌آوری گردید. پلاسمای نمونه‌های گرفته شده از خون بعد از حدود نیم ساعت نگهداری در یخ توسط دستگاه سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ و به مدت ۲۰ دقیقه جدا شده و به قسمت‌های یک میلی‌لیتر تقسیم شده و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد تا زمان تجزیه نگهداری شد. در نهایت فراسنجه‌های خون مانند گلوکز، تری‌گلیسیرید و پروتئین کل خون با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی پارس‌آزمون و دستگاه

<sup>۱</sup> - Stomach Tube

**Table 2. Effect of different dietary energy level intakes and feed bunk spaces on rumen fermentation characteristics in Holstein dairy heifers**

Energy <sup>2</sup>	Feed bunk space <sup>1</sup>				SEM	P-value*		
	Small		Large			Energy	Space	Energy×Space
	Low	High	Low	High				
Rumen fermentation characteristics								
Ruminal pH	7.23	7.43	7.25	7.36	0.088	0.10	0.78	0.62
Ammonia, mg/dl	11.42	11.88	11.16	11.24	0.592	0.65	0.45	0.75
Total VFA, mmol/l	124.27 <sup>a</sup>	93.46 <sup>b</sup>	109.70 <sup>ab</sup>	98.22 <sup>ab</sup>	9.173	0.03	0.60	0.29
Acetate	86.02 <sup>a</sup>	61.63 <sup>b</sup>	75.27 <sup>ab</sup>	62.01 <sup>b</sup>	6.026	<0.01	0.40	0.36
Propionate	23.43 <sup>a</sup>	16.77 <sup>b</sup>	20.73 <sup>ab</sup>	17.01 <sup>b</sup>	1.905	<0.01	0.52	0.44
Iso-Butyrate	1.23	1.00	0.95	1.17	0.119	0.97	0.65	0.06
Butyrate	10.10 <sup>b</sup>	11.29 <sup>ab</sup>	10.34 <sup>b</sup>	14.36 <sup>a</sup>	1.147	0.03	0.16	0.22
Isovalerate	1.70 <sup>bc</sup>	2.03 <sup>b</sup>	1.34 <sup>c</sup>	2.90 <sup>a</sup>	0.237	<0.01	0.29	0.01
Valerate	1.78 <sup>a</sup>	0.74 <sup>b</sup>	1.07 <sup>b</sup>	0.76 <sup>b</sup>	0.119	<0.01	<0.01	<0.01
Acetate:Propionate ratio	3.74	3.75	3.66	3.67	0.108	0.903	0.48	0.97
BCVFA <sup>3</sup>	2.93 <sup>b</sup>	3.03 <sup>b</sup>	2.29 <sup>b</sup>	4.07 <sup>a</sup>	0.333	<0.01	0.55	0.02

<sup>1</sup>Small/Low: Small feed bunk space (24 cm) with low level of energy (NEM: 1.20 Mcal/kg DM, NEg: 0.60 Mcal/kg DM), Small/High: Small feed bunk space (24 cm) with high level of energy, Large/Low: feed bunk space (48 cm) with low level of energy (NEM: 1.32 Mcal/kg DM, NEg: 0.75 Mcal/kg DM), and Large/High: feed bunk space (48 cm) with high level of energy.

<sup>3</sup> BCVFA: Branched chain volatile fatty acids

\* The same letters in each column indicate no significant difference among the means at 0.05 level.

والرات را بطور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد بطوری که غلظت کل اسیدهای چرب فرار، استات، پروپیونات و والرات برای تیمارهای دارای سطح انرژی پایین در مقایسه با تیمارهای حاوی سطح انرژی بالا بطور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۲). علت بالاتر بودن غلظت استات و پروپیونات و به تبع آن کل اسیدهای چرب فرار را می‌توان به بالاتر بودن ماده خشک مصرفی در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح پایین‌تر انرژی در مقایسه با جیره‌های حاوی سطوح بالاتر انرژی (به ترتیب ۹/۱ در مقابل ۸/۴ کیلوگرم در روز) مرتبط دانست (جدول ۲). لازم به ذکر است که بالاتر بودن غلظت کل اسیدهای چرب فرار در جیره‌های حاوی سطوح پایین‌تر انرژی در افزایش وزن گوساله‌ها به خوبی نمود پیدا کرده است به طوری که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای حاوی سطوح بالا و پایین انرژی از لحاظ افزایش وزن روزانه وجود نداشت (جدول ۳).

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + B_j + (EB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

در این مدل:

$Y_{ijk}$  = مشاهده مربوط به  $i$  امین انرژی در  $j$  امین اندازه

فضای آخور

$\mu$  = میانگین کل

$E_i$  = اثر  $i$  امین سطح انرژی

$B_j$  = اثر  $j$  امین اندازه فضای آخور

$(EB)_{ij}$  = اثرات متقابل بین انرژی و اندازه فضای آخور

$\epsilon_{ijk}$  = اثر خطای آزمایشی.

### نتایج و بحث

#### فراسنجه‌های شکمبه‌ای

رشد و متابولیسم گاوها تا حد زیادی به تولید متابولیت‌ها در شکمبه بستگی دارد، یک تجزیه و تحلیل جامع از ترکیب مایع شکمبه می‌تواند تصویر بهتری از اثر جیره خوراکی مورد آزمایش به دست بدهد (زبلی و همکاران ۲۰۰۸؛ زانتون و همکاران ۲۰۰۹). در مطالعه حاضر سطح انرژی جیره، فراسنجه‌هایی مانند غلظت کل اسیدهای چرب فرار، استات، پروپیونات، بوتیرات، ایزو والرات و

**Table 3. Effect of different dietary energy level intakes and feed bunk spaces on performance and nutrient digestibility in Holstein dairy heifers**

Dietary energy <sup>2</sup>	Feed bunk space <sup>1</sup>				SEM	P-value*		
	Small		Large			Energy	Space	Energy×Space
Dry matter Intake (kg/d)	8.82 <sup>ab</sup>	8.74 <sup>b</sup>	9.37 <sup>a</sup>	8.13 <sup>c</sup>	0.201	<0.01	0.88	<0.01
NDF Intake (kg/d)	4.30 <sup>ab</sup>	4.13 <sup>b</sup>	4.56 <sup>a</sup>	3.84 <sup>c</sup>	0.096	<0.01	0.92	<0.01
Average daily gain (g/d)	781 <sup>ab</sup>	746 <sup>b</sup>	849 <sup>a</sup>	847 <sup>a</sup>	35.1	0.60	0.02	0.64
Dry matter Digestibility (%)	63.15 <sup>a</sup>	59.56 <sup>b</sup>	62.72 <sup>a</sup>	59.23 <sup>b</sup>	0.981	<0.01	0.70	0.96
NDF Digestibility (%)	57.51 <sup>a</sup>	55.07 <sup>a</sup>	57.10 <sup>a</sup>	53.88 <sup>a</sup>	1.377	0.04	0.56	0.78

<sup>1</sup>Small/Low: Small feed bunk space (24 cm) with low level of energy (NEm: 1.20 Mcal/kg DM, NEg: 0.60 Mcal/kg DM), Small/High: Small feed bunk space (24 cm) with high level of energy, Large/Low: feed bunk space (48 cm) with low level of energy (NEm: 1.32 Mcal/kg DM, NEg: 0.75 Mcal/kg DM), and Large/High: feed bunk space (48 cm) with high level of energy.

\* The same letters in each column indicate no significant difference among the means at 0.05 level.

میلی گرم بر دسی لیتر بوده است (جدول ۲). ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای بر روی تلیسه‌های ۸ الی ۱۲ ماه و درصد‌های کنسانتره ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ (بر اساس درصدی از ماده خشک) گزارش کردند که pH مایع شکمبه، پروپیونات، نیتروژن آمونیاکی، بوتیرات و نسبت استات به پروپیونات بطور خطی با افزایش مقدار کنسانتره در جیره‌ها کاهش یافت. همچنین لاسکانو و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با هدف بررسی دو سطح انرژی (۲/۶۴ و ۲/۴۲ به ترتیب سطح انرژی بالا و پایین) بر روی تلیسه‌های هلشتاین، تفاوتی در غلظت اسیدهای چرب فرار در بین تیمارها گزارش نکردند. در این مطالعه، عامل فضای آخور باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری در میزان فراسنجه والرات شد، بطوری که تیمارهای دارای فضای آخور کوچکتر دارای مقدار والرات بیشتری در مقایسه با تیمارهای دارای فضای آخور بزرگتر بودند. در مطالعه حاضر اثرات متقابل فضای آخور و سطح انرژی جیره دارای اثرات معنی‌داری بر غلظت والرات و ایزووالرات بود. بطوری که مقدار والرات در تیمار دارای فضای آخور کوچک و سطح انرژی پایین بیشترین و برای تیمار با فضای آخور کوچک و سطح انرژی بالا کمترین بود و برای تیمار دارای فضای آخور بزرگ (اعم از سطح انرژی پایین و بالا) حالت بینابینی داشت همچنین مقدار فراسنجه‌ی ایزو والرت در تیمار دارای فضای آخور بزرگ و سطح انرژی بالا بیشترین و برای تیمار

در مطالعه حاضر بخشی از بالاتر بودن استات در تیمارهای حاوی سطوح پایین تر انرژی را می‌توان به وجود سبوس برنج (به عنوان منبعی از الیاف نامحلول در شوینده خنثی و دارای قابلیت هضم بالا) در این تیمارها نسبت داد. به‌طوری‌که لانگن بیچ و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که تلیسه‌هایی که از جیره‌ی با سطح انرژی پایین استفاده کرده بودند، دارای میزان استات بیشتری بودند، که احتمالاً به دلیل وجود مقدار زیاد الیاف نامحلول در شوینده خنثی با قابلیت هضم بالا بوده است (جدول ۳). در مجموع، غلظت استات، پروپیونات و به تبع آن، کل اسیدهای چرب فرار برای تیمارهای دارای سطح انرژی پایین در مقایسه با تیمارهای حاوی سطح انرژی بالا بطور معنی‌داری بیشتر بود و علت آن را می‌توان به بالاتر بودن ماده خشک مصرفی و همچنین قابلیت هضم بالاتر مواد مغذی بویژه ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمارهای حاوی سطوح پایین تر انرژی مرتبط دانست (جدول ۳). در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف انرژی از لحاظ غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه وجود نداشت. لازم به ذکر است که ساتر و استایلر (۱۹۷۴) خاطرنشان کردند که حداقل غلظت لازم برای نیتروژن آمونیاکی در مایع شکمبه برای رشد مناسب باکتریهای شکمبه‌ای، ۵ میلی گرم در دسی لیتر می‌باشد در حالی‌که در مطالعه حاضر میانگین غلظت نیتروژن آمونیاکی در مطالعه حاضر ۱۱/۴

پس از جذب از شکمبه به کبد انتقال یافته و پس از طی مسیر گلوکونئوز به گلوکز تبدیل می‌گردد و سپس وارد جریان خون گردد (دنیل و ریسنده جونور ۲۰۱۲). در مطالعه حاضر، نتایج نشان داده است که هرچقدر حیوانات جیره‌های حاوی کربوهیدرات‌های غیر ساختاری (شامل نشاسته از منبع دانه غلات) بالاتری دریافت کرده باشند، غلظت گلوکز در خون آنها بیشتر می‌باشد زیرا با توجه به اینکه در نشخوارکنندگان پروپیونات پیش ساز اصلی گلوکز می‌باشد بنابراین افزایش گلوکز به دلیل افزایش تولید پروپیونات در شکمبه در نتیجه تخمیر نشاسته دانه غلات است (دنیل و ریسنده جونور ۲۰۱۲). بنابراین در مطالعه حاضر بالا بودن غلظت گلوکز در جیره‌های حاوی تراکم انرژی بالا در مقایسه با جیره‌های حاوی تراکم انرژی پایین را می‌توان به بالاتر بودن غلظت کربوهیدرات‌های غیرالیافی مرتبط دانست (۳۱ در مقابل ۲۳ درصد بر اساس ماده خشک).

دارای فضای آخور بزرگ و سطح انرژی پایین کمترین بود و برای تیمارهای دارای فضای آخور کوچک (اعم از سطح انرژی پایین و بالا) حالت بینابینی داشت. از آنجا که اسیدهای چرب فرار شاخه‌ای (از جمله ایزوبوتیرات و ایزوالرات) عمدتاً از تخریب اسیدهای آمینه والین، ایزولوسین، لوسین و پرولین در شکمبه ساخته می‌شوند (برتیامه ۲۰۱۰) بنابراین تغییر در نسبت‌های آنها ممکن است به دلیل عدم تعادل پروتئین قابل تجزیه در شکمبه باشد.

#### فراسنجه‌های خونی

سطح انرژی جیره اثر معنی‌داری بر مقدار گلوکز، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین پلاسما داشت. بطوری که مقدار فراسنجه‌های ذکر شده در مطالعه حاضر برای تیمارهای دارای سطح انرژی بالا در مقایسه با تیمارهای دارای سطح انرژی پایین بطور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۴). مطالعات گذشته نشان داده‌اند که پروپیونات

**Table 4. Interaction effects of dietary energy level intake and feed bunk space on intake on plasma in Holstein dairy heifers**

Dietary energy <sup>2</sup>	Feed bunk space <sup>1</sup>				SEM	P-value*		
	Small		Large			Energy	Space	Energy×Space
	Low	High	low	High				
Glucose, mg/dl	70.60 <sup>b</sup>	73.10 <sup>b</sup>	68.20 <sup>b</sup>	81.50 <sup>a</sup>	2.736	<0.01	0.28	0.05
Total protein, g/dl	6.10 <sup>b</sup>	6.45 <sup>ab</sup>	5.99 <sup>c</sup>	6.68 <sup>a</sup>	0.155	<0.01	0.70	0.28
Albumin, g/dl	3.22 <sup>b</sup>	3.36 <sup>ab</sup>	3.16 <sup>b</sup>	3.48 <sup>a</sup>	0.079	<0.01	0.71	0.26
Globulin g/dl	2.88 <sup>ab</sup>	3.09 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>b</sup>	3.20 <sup>a</sup>	0.124	0.03	0.81	0.52
Urea mg/d	19.90	17.00	21.20	20.90	1.672	0.35	0.13	0.44
Creatinine mg/dl	0.70	0.76	0.73	0.75	0.052	0.48	0.89	0.76
Triglyceride, mg/dl	16.60	17.30	17.90	18.10	1.035	0.67	0.32	0.81
Cholesterol, mg/d	85.50	81.00	78.60	85.20	3.973	0.79	0.74	0.17

<sup>1</sup>Small/Low: Small feed bunk space (24 cm) with low level of energy (NEM: 1.20 Mcal/kg DM, NEg: 0.60 Mcal/kg DM), Small/High: Small feed bunk space (24 cm) with high level of energy, Large/Low: feed bunk space (48 cm) with low level of energy (NEM: 1.32 Mcal/kg DM, NEg: 0.75 Mcal/kg DM), and Large/High: feed bunk space (48 cm) with high level of energy.

\* The same letters in each column indicate no significant difference among the means at 0.05 level.

پروپیونات در مایع شکمبه نمی‌تواند توجیه‌گر سطح گلوکز خون باشد و بیان شده است که عوامل متعددی مانند سرعت جذب اسیدهای چرب فرار از دیواره شکمبه، وضعیت فیزیولوژیک دام و مواردی از این قبیل در تعیین سطح نهایی گلوکز خون نشخوارکنندگان دخیل می‌باشند

در مطالعه حاضر غلظت پروپیونات مایع شکمبه با سطح گلوکز خون هم‌خوانی ندارد و بعبارت دیگر بالا بودن گلوکز خون را نمی‌توان بواسطه بالاتر بودن غلظت پروپیونات شکمبه در تیمارهای مربوطه توجیه نمود. مطالعاتی در گذشته نشان داده است که الزاما غلظت

(هارمون ۲۰۴؛ هانتینگتون و همکاران ۲۰۰۶؛ هانتینگتون ۱۹۹۷). مطالعاتی نیز وجود دارد که نشان داده‌اند که نمونه‌گیری نقطه‌ای (تنها در ساعت مشخصی از روز) نمی‌تواند برآیند واقعی از غلظت و نسبت اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه در طول تمام روز باشد (کواکس و همکاران ۲۰۲۰).

بالا تر بودن غلظت پروتئین کل و نیز آلبومین و گلوبولین در تیمارهای حاوی سطوح بالای انرژی در مقایسه با تیمارهای حاوی سطوح پایین‌تر انرژی را می‌توان به عوامل مختلفی از جمله بالاتر بودن غلظت کربوهیدراتهای غیر ساختاری در شکمبه و در نتیجه تحریک سنتز پروتئین میکروبی (آبرامسون و همکاران ۲۰۰۵) و همچنین غلظت بالای گلوکز خون تلیسه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی تراکم بالای انرژی، که می‌تواند به عنوان منبع انرژی توسط سلولها مورد استفاده قرار گرفته و در نتیجه مانع از شکسته شدن اسیدهای آمینه و استفاده از آنها جهت تامین انرژی گردد و در واقع این اسیدهای آمینه می‌توانند در فرآیند تولید پروتئین‌های ساختاری و عملکردی بدن مورد استفاده قرار گیرند (راسل و همکاران ۱۹۸۶). در مطالعه حاضر نیز غلظت کربوهیدراتهای غیر الیافی برای جیره‌های حاوی سطوح انرژی پایین و بالا به ترتیب ۲۳ و ۳۱ درصد بوده است. همچنین در مطالعه‌ای که بر روی گاوهای شیرده با هدف مقایسه منابع مختلف کربوهیدراتی بر روی تولید و ترکیبات شیر انجام شد (هال و همکاران ۲۰۱۰) مشخص گردید که یکی از علل بالاتر بودن درصد و تولید پروتئین شیر، بالاتر بودن غلظت پروپیونات و نیز نسبت پیش‌سازهای گلوکوژنیک به لیپوژنیک (نسبت پروپیونات به مجموع استات و بوتیرت) در جیره‌های حاوی ساکارز و نشاسته در مقایسه با جیره‌های حاوی سلولز ربط داد. در حالیکه در مطالعه دیگری، تأثیر اعمال محدودیت خوراکی بر رشد و عملکرد تلیسه‌ها را بواسطه سه تیمار آزمایشی شامل تیمار کنترل (خوراک به‌صورت دسترسی آزاد) تیمار دارای محدودیت خوراکی ملایم (۹۰

درصد جیره کنترل) و تیمار با محدودیت خوراکی شدید (۸۰ درصد جیره کنترل) مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که تفاوت معنی‌داری بین فراسنجه‌های خونی برای تیمارهای مختلف وجود نداشت (هافمن و همکاران ۲۰۰۷). لازم به ذکر است در مطالعه حاضر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون تحت تأثیر تراکم انرژی جیره‌ها قرار نگرفته بود (جدول ۴). مطالعات گذشته نشان داده‌اند که در صورتی که نسبت بین کربوهیدرات قابل تخمیر در شکمبه و نیز پروتئین قابل تجزیه در شکمبه متعادل نباشد، بخشی از پروتئین قابل تجزیه در شکمبه پس از تبدیل شدن به آمونیاک می‌تواند از دیواره شکمبه جذب شده و در کبد تبدیل به اوره شود و متعاقباً وارد خون شده (بصورت نیتروژن اوره‌ای خون) و در مراحل بعدی بخشی از آن از طریق بزاق وارد چرخه تخمیر شکمبه‌ای شده و بخشی از آن نیز از طریق ادرار دفع گردد (برودریک و همکاران ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر نیز تفاوت معنی‌داری بین غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه (بعنوان پیش‌ماده ساخت نیتروژن اوره‌ای خون) بین تیمارهای حاوی سطوح مختلف انرژی وجود نداشت. طی مطالعه‌ای که به مقایسه اثرات تغذیه قند و نشاسته بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای گاوهای شیرده پرداختند (سانس و همکاران ۲۰۰۲)، گزارش نمودند که غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه برای گاوهای تغذیه شده با ساکارز در مقایسه با ذرت کمتر بود. برودریک و همکاران (برودریک و همکاران ۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با هدف بررسی اثرات تدریجی جایگزینی ساکارز با نشاسته در جیره گاوهای شیری، دریافتند که با افزایش تدریجی سطوح ساکارز در جیره‌ها، غلظت نیتروژن آمونیاکی بصورت خطی کاهش یافت. لازم به ذکر است که در مطالعه حاضر هیچ یک از فراسنجه‌های خونی تحت تأثیر عامل فضای آخور قرار نگرفت. همچنین اثرات متقابل فضای آخور و سطح انرژی جیره تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های خونی نداشت.



### خصوصیات فیزیکیوشیمیایی مدفوع

نتایج نشان داد که سطح انرژی جیره فراسنجه‌های اسکور، ماده خشک، پروتئین خام، نیتروژن و الیاف نامحلول در شوینده خنثی مدفوع را تحت تأثیر قرار داد ( $P < 0.05$ ) بطوری که ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی مدفوع برای تیمارهای دارای سطح انرژی پایین در مقایسه با تیمارهای دارای سطح انرژی بالا بیشتر بود (جدول ۵). در مطالعه حاضر مقدار مصرف روزانه ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تیمارهای دارای تراکم انرژی پایین بطور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دارای تراکم انرژی بالا بود (به ترتیب ۹/۱ در مقابل ۸/۴ کیلوگرم و ۴/۴ در مقابل ۳/۹ کیلوگرم) و با وجود قابلیت هضم بیشتر مواد مغذی مذکور برای تیمارهای دارای تراکم انرژی پایین در مقایسه با تیمارهای دارای تراکم انرژی بالا (۶۲/۹ در مقابل ۵۹/۴ درصد و ۵۷/۳ در مقابل ۵۴/۵ درصد)، بالاتر بودن غلظت ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مدفوع گوساله‌های تغذیه شده با تیمارهای حاوی سطوح انرژی پایین دور از انتظار نمی‌باشد. همچنین باناکار و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که ماده خشک مدفوع در جیره‌های حاوی الیاف نامحلول در شوینده خنثی بالا بیشتر از جیره‌های حاوی الیاف نامحلول در شوینده خنثی پایین بود. در مطالعه‌ای که توسط ژانگ و همکاران (ژانگ و همکاران ۲۰۱۷) انجام گرفت نشان داده شد که با افزایش مقادیر کنسانتره در جیره، میزان ماده خشک مدفوع و محتوای ماده آلی و نیز الیاف نامحلول در شوینده خنثی آن بطور خطی کاهش یافت ( $P < 0.01$ )، در حالی که غلظت پروتئین خام و نشاسته در مدفوع به صورت خطی افزایش یافت. مطالعات گذشته نشان داده است که اسکور مدفوع تابعی از ماده خشک مدفوع می‌باشد بدین معنی که چنانچه مدفوع ماده خشک بیشتری داشته باشد از اسکور بالاتری نیز برخوردار می‌باشد (محمدی و همکاران

۲۰۲۰). لازم به ذکر است بیشترین سهم از ماده خشک مدفوع در نشخوارکنندگان را الیاف نامحلول در شوینده خنثی تشکیل می‌دهد (محمدی و همکاران ۲۰۱۸؛ محمدی و همکاران ۲۰۲۰). بنابراین در مطالعه حاضر بالاتر بودن اسکور مدفوع در تیمارهای حاوی سطوح پایین انرژی در مقایسه با تیمارهای حاوی سطوح بالای انرژی را می‌توان به بالاتر بودن الیاف نامحلول در شوینده خنثی و به تبع آن ماده خشک مدفوع مرتبط دانست (جدول ۳). در مطالعه حاضر ماده خشک مدفوع تحت تأثیر اثرات متقابل سطح انرژی جیره و فضای آخور قرار گرفته بود بطوری که ماده خشک مدفوع برای تیمار دارای فضای آخور بزرگ و سطح انرژی جیره پایین، بیشترین و برای تیمار دارای فضای آخور بزرگ و سطح انرژی جیره بالا کمترین و برای دو تیمار دیگر حالت بینابینی داشت.

**Table 3. Effect of different dietary energy level intakes and feed bunk spaces on fecal physicochemical properties in Holstein dairy heifers**

Dietary energy <sup>2</sup>	Feed bunk space <sup>1</sup>				SEM	<i>P-value</i> <sup>*</sup>		
	Small		Large			Energy	Space	Energy×Space
	Low	High	Low	High				
Feces chemical composition, %								
DM	15.90 <sup>ab</sup>	15.38 <sup>bc</sup>	16.69 <sup>a</sup>	14.40 <sup>c</sup>	0.421	<0.01	0.82	0.04
OM	81.49	81.99	82.61	81.96	0.352	0.83	0.13	0.11
CP	10.25 <sup>bc</sup>	11.20 <sup>a</sup>	9.82 <sup>c</sup>	11.02 <sup>ab</sup>	0.306	<0.01	0.32	0.68
NDF	56.15 <sup>a</sup>	52.49 <sup>b</sup>	55.98 <sup>a</sup>	53.56 <sup>ab</sup>	0.943	<0.01	0.64	0.51
Nutrient excretion, kg/d								
DM	3.24 <sup>a</sup>	3.53 <sup>a</sup>	3.49 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	0.102	0.62	0.95	0.03
OM	2.64 <sup>a</sup>	2.90 <sup>a</sup>	2.88 <sup>a</sup>	2.71 <sup>a</sup>	0.088	0.65	0.79	0.02
CP	0.33 <sup>b</sup>	0.39 <sup>a</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	0.017	0.03	0.47	0.28
NDF	1.82	1.85	1.95	1.77	0.068	0.25	0.71	0.12
Fecal Score (1-5)	4.05 <sup>a</sup>	3.86 <sup>ab</sup>	3.98 <sup>a</sup>	3.60 <sup>b</sup>	0.099	<0.01	0.11	0.32

<sup>1</sup>Small/Low: Small feed bunk space (24 cm) with low level of energy (NEm: 1.20 Mcal/kg DM, NEg: 0.60 Mcal/kg DM), Small/High: Small feed bunk space (24 cm) with high level of energy, Large/Low: feed bunk space (48 cm) with low level of energy (NEm: 1.32 Mcal/kg DM, NEg: 0.75 Mcal/kg DM), and Large/High: feed bunk space (48 cm) with high level of energy.

<sup>\*</sup>The same letters in each column indicate no significant difference among the means at 0.05 level.

### نتیجه گیری کلی

انرژی پایین در مقایسه با تیمارهای حاوی سطح انرژی بالا بطور معنی‌داری بیشتر بود و علت آن را می‌توان به بالاتر بودن ماده خشک مصرفی و همچنین قابلیت هضم بالاتر مواد مغذی بویژه ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمارهای حاوی سطوح پایین‌تر انرژی مرتبط دانست.

مطالعه حاضر نشان داد که عامل سطح انرژی خوراک در مقایسه با عامل طول فضای آخور نقش تعیین‌کننده‌تری در غلظت نهایی اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه داشت. بطوریکه غلظت استات، پروپیونات و به تبع آن، کل اسیدهای چرب فرار برای تیمارهای دارای سطح

### منابع مورد استفاده

- Abramson SM, Bruckental I, Lipshitz L, Moalem U, Zamwel S and Arieli A, 2005. Starch digestion site: influence of ruminal and abomasal starch infusion on starch digestion and utilization in dairy cows. *Animal Science* 80: 201-207
- AOAC, 1990. Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed. Association of official analytical chemists. Arlington VA, Abramson SM, Bruckental I, Lipshitz L, Moalem U, Zamwel S, and Arieli A, 2005. Starch digestion site: influence of ruminal and abomasal starch infusion on starch digestion and utilization in dairy cows. *Journal of Animal Science* 80:201-207.
- Banakar PS, Anand Kumar N and Shashank CG, 2018. Physically effective fibre in ruminant nutrition: A. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7:303-308.
- Berthiaume R, Benchaar C, Chaves AV, Tremblay GF, Castonguay Y, Bertrand A, Bélanger G, Michaud R, Lafrenière C, McAllister TA and Brito AF, 2010. Effects of nonstructural carbohydrate concentration in alfalfa on fermentation and microbial protein synthesis in continuous culture. *Journal of Dairy Science* 93:693-700.

- Broderick GA and Kang JH, 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science* 63:64–75.
- Broderick GA, Luchini ND, Reynal SM, Varga GA and Ishler VA, 2008. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91:4801–4810.
- Broderick GA, Udén PE, Murphy ML and Lapins AI, 2004. Sources of variation in rates of in vitro ruminal protein degradation. *Journal of Dairy Science* 87:1345–1359.
- Coblentz WK, Akins MS, Esser NM, Ogden RK and Gelsinger SL, 2018. Effects of straw processing and pen overstocking on the growth performance and sorting characteristics of diets offered to replacement Holstein dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 101:1074–1087.
- Coblentz WK, Esser NM, Hoffman PC and Akins MS, 2015. Growth performance and sorting characteristics of corn silage-alfalfa haylage diets with or without forage dilution offered to replacement Holstein dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 98:8018–8034.
- Daniel JL and Resende Júnior JC, 2012. Absorption and metabolism of volatile fatty acids by rumen and omasum. *Ciência e Agrotecnologia* 36:93–99.
- Greter AM, DeVries TJ and Von Keyserlingk MA, 2008. Nutrient intake and feeding behavior of growing dairy heifers: Effects of dietary dilution. *Journal of Dairy Science* 91:2786–2795.
- Greter AM, Kitts BL and DeVries TJ, 2011. Limit feeding dairy heifers: Effect of feed bunk space and provision of a low-nutritive feedstuff. *Journal of Dairy Science* 94:3124–3129.
- Hall MB, Larson CC and Wilcox CJ, 2010. Carbohydrate source and protein degradability alter lactation, ruminal, and blood measures. *Journal of Dairy Science* 93:311–322.
- Harmon DL, Yamka RM and Elam NA, 2004. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Canadian Journal of Animal Science* 84:309–318.
- Hoffman PC, Brehm NM, Price SG and Prill-Adams A, 1996. Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* 79:2024–2031.
- Hoffman PC, Simson CR and Wattiaux M, 2007. Limit feeding of gravid Holstein heifers: Effect on growth, manure nutrient excretion, and subsequent early lactation performance. *Journal of Dairy Science* 90:946–954.
- Huntington GB, 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science* 75:852–867.
- Huntington GB, Harmon DL and Richards CJ, 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science* 84(suppl\_13):E14–E24.
- Hutjens M, 1999. *Evaluating Manure on the Farm* Extension Dairy Specialist, University of Illinois, Urbana.
- Keys JE, Pearson RE and Thompson PD, 1978. Effect of feedbunk stocking density on weight gains and feeding behavior of yearling Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* 61:448–454.
- Keyserlingk MAG, 2007. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90, 5572–5579.
- Kovács L, Rózsa L, Pálffy M, Hejel P, Baumgartner W and Szenci O, 2020. Subacute ruminal acidosis in dairy cows-physiological background, risk factors and diagnostic methods. *Veterinarska stanica* 51:5–17.
- Lascano GJ, Koch LE and Heinrichs AJ, 2016. Precision-feeding dairy heifers a high rumen-degradable protein diet with different proportions of dietary fiber and forage-to-concentrate ratios. *Journal of Dairy Science* 99:7175–7190.
- Longenbach JI, Heinrichs AJ, Graves RE, 1999. Feed bunk length requirements for Holstein dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 82:99–109.
- Mohammadi A, Fatehi F, Zali A and Ganjkanlou 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* 49:285–295.

- Mohammadi A, Fatehi F, Zali A, Ganjkhanlou M and Sarzaem A, 2020. The study of effects of feed bunk space and forage particle size on digestibility and fecal properties in Holstein female calves. *Animal Production*. 22:259-269.
- Mohammadi, A., Fatehi, F. Zali, A. and Ganjkhanlou. M. (2019). The investigation of interaction effects of feed bunk space and forage particle size on performance and feed consumption intensity within hours after feed delivery in Holstein female calves. *Journal of Animal Science Researches*, 28(4), 83–98. (in Persian).
- National Research Council, 2001. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, DC. National Academy of Sciences, 381.
- Ottenstein DM and Bartley DA, 1971. Improved gas chromatography separation of free acids C2-C5 in dilute solution. *Analytical Chemistry*. 43:952-955.
- Pino, B. Kumar, A.C.S. & Lakhani, N. (2018). Physically effective fibre in ruminant nutrition: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 303–308.
- Russell RW, Moss L, Schmidt SP and Young JW, 1986. Effects of body size on kinetics of glucose metabolism and on nitrogen balance in growing cattle. *The Journal of Nutrition*. 116:2229–2243.
- Sannes RA, Messman MA and Vagnoni DB, 2002. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85:900–908.
- SAS Institute, 2011. SAS/IML 9.3 user's guide. Sas Institute.
- Satter, L.D. and Slyter, L.L. (1974). Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*, 32,199–210.
- Van Soest PV, Robertson JB, and Lewis BA, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science* 74:3583–3597.
- Zanton GI and Heinrichs AJ, 2009. Limit-Feeding with Altered Forage-to-Concentrate Levels in Dairy Heifer Diets1. *The Professional Animal Scientist* 25:393–403.
- Zebeli Q, Tafaj M, Junck B, Ölschläger V, Ametaj BN and 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, 2388–2398.
- Zhang J, Shi H, Wang Y, Li S, Cao Z, Ji S, He Y and Zhang H. 2017. Effect of dietary forage to concentrate ratios on dynamic profile changes and interactions of ruminal microbiota and metabolites in Holstein heifers. *Frontiers in Microbiology*. 8:2206–2224.

## Interaction between dietary energy density and feed bunk space on ruminal and blood parameters and fecal properties in Holstein heifers

H Rashidi <sup>1</sup>, F Fatehi <sup>2\*</sup>, M Ganjkanloo <sup>3</sup> and F Parnian-khajehdizaj <sup>4</sup>

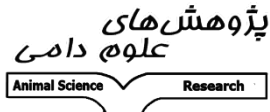

<sup>1</sup> MSc, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>4</sup> Assistant professor, Animal Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.

\* Corresponding Author: Farhang Fatehi; Email: fatehif@ut.ac.ir

 <p>پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Research</p>	Journal of Animal Science/vol.33 No.3/ 2023/pp 17-30 <a href="https://animalscience.tabrizu.ac.ir">https://animalscience.tabrizu.ac.ir</a>	 <p>OPEN ACCESS</p>
© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/</a> ) DOI: 10.22034/AS.2023.48216.1630		

**Introduction:** Interaction effect between dietary energy density and feed bunk space on ruminal and blood parameters were investigated using 40 Holstein heifers as a factorial experiment in a completely randomized design. Heifers with average age 12 to 16 months and weight  $363.4 \pm 32.8$  were received two different diet in energy level (low and high) into two different feed bunk in size (24 and 48 cm). Treatments included: 1) Small feed bunk space (24 cm) with low level of energy, 2) Small feed bunk space (24 cm) with high level of energy, 3) Large feed bunk space (48 cm) with low level of energy and 4) Large feed bunk space (48 cm) with high level of energy. Results revealed that dietary energy was an important factor affecting on total ruminal VFA concentration compared with feed bunk space. Ruminal concentrations of acetate and propionate; and also, total VFA concentration were significantly increased in heifers fed low energy levels in comparison with those fed diets contain high energy level. The main reason was attributed to higher dry matter intake and higher nutrient digestibility, especially DM and NDF, in heifers received low dietary energy than high dietary energy.

**Material and Methods:** Fourteen dairy heifers with an average age of 12-16 months and an average weight of  $363 \pm 32.8$  kg were stratified into 4 groups of 10 in a  $2 \times 2$  factorial, completely randomized design with four treatments and four stalls. The experiment period was 100 days. Two levels of energy were adjusted in formulating diets. A diet was formulated according to NRC (2001) requirements as high energy diet (1.32 Mcal/kg DM). For low energy diet, it was diluted by rice hull and wheat bran to meet 90% of NRC (2001) requirements for energy (1.20 Mcal/kg DM). The diets were isoenergetic and isonitrogenous. Treatments included: 1- Small space with low level of energy, 24 cm feed bunk space with diet including 1.20 Mcal/kg energy; 2- Small space with high level of energy, 24 cm feed bunk space with diet including 1.32 Mcal/kg energy; 3- Large space with low level of energy, 48 cm feed bunk space with diet including 1.20 Mcal/kg energy; and 4- Large space with high level of energy, 48 cm feed bunk space with diet including 1.32 Mcal/kg energy. Animals were weighed at the beginning and end of experiment. Sampling from feed andorts was carried out at 30, 45, 60 and 70

days. The dry matter intake was daily recorded. Feces samples were taken on days 30, 60 and 90 and dried at 70 ° C for 72 h. Total tract digestibility coefficients were calculated based on the relative concentrations of nutrients and AIA as an internal marker in the feed and feces. Rumen sampling was performed 4 h after morning feeding at the end day of experiment using an oral stomach tube and vacuume pompe. The ruminal pH was recorded immediately and then rumen liquor was filtered through four layers of muslin cloth and then 2 ml aliquots of filtered liquor was added into tubes containing 40 µl H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50% and stored at -20°C. Ammonia concentration was determined by Broderick and Kang (1980) and volatile fatty acids was measured using gas chromatography according to Ottensin and Batler (1971). On day 86 blood samples were taken from heifer's coccygeal vein. Plasma metabolites was measured by Pars Azmoon kits using an autoanalyser. Chemical analysis of sample done according to AOAC (1990). Data were analyzed as a complete factorial design with 2 levels of feed bunk space and 2 levels of dietary energy levels design using the GLM procedures of SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC).

**Results and discussion:** The results revealed that the dietary energy level factor had a more decisive role in the final concentration of volatile fatty acids in ruminal fluid compared to the feed bunk length factor. However, the concentration of acetate, propionate and consequently, total volatile fatty acids for treatments with low energy levels were significantly higher compared to treatments with high energy levels and the reason can be higher dry matter consumption and higher digestibility of nutrients, especially DM and NDF in treatments containing lower compared to higher energy levels. Plasma glucose, total protein, albumin and globulin were significantly higher for high energy level treatments compared to low energy level treatments (Table 4). Past studies have shown that propionate is transported from the rumen to the liver after uptake, converted to glucose during gluconeogenesis, and then enters the bloodstream (Daniel and Resende Júnior 2012). In the present study, the results showed the higher the animals' intake of unstructured carbohydrate diets (including starch from cereal grains), the higher their blood glucose concentration. The increase in glucose is due to the increased production of propionate in the rumen as a result of the fermentation of cereal starch (Daniel and Resende Júnior 2012). Therefore, in the present study, the high concentration of glucose in diets containing high energy density compared with diets containing low energy density can be related to the higher concentration of non-fiber carbohydrates.

**Conclusion:** According to the findings of the present study, lower energy levels and larger manger space can lead to improved ruminal parameters and physicochemical properties of feces in growing heifers. Finally, the finding of the current study could be used as a guide to better management of dairy heifers.

**Keywords:** Blood parameters, Diet energy density, Feces properties, Feed bunk space, Holstein heifers and Ruminal fermentation parameters