

تأثیر جایگزینی بخشی از یونجه با تفالۀ چغندر، کاه بدون فرآوری و فرآوری شده بر عملکرد گاوهای شیری پر تولید

محمد مهدی حاج محمودی^۱، ابراهیم قاسمی^{۲*} و محمد خورش^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۱۱)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر جایگزینی بخشی از یونجه جیره غذایی با پسماندهای جانبی پر الیاف (تفالۀ و کاه) بر عملکرد گاوهای شیره پر تولید بررسی شد. شمار هشت رأس گاو هلستاین پر تولید (54 ± 2.5 کیلوگرم شیر) در قالب طرح مربع لاتین 4×4 به چهار جیره آزمایشی اختصاص یافتند. جیره‌های آزمایشی حاوی میزان ثابتی ذرت سیلویی (سیلاژ) (19.2%) با نسبت متفاوتی از ۱) 19.2% یونجه، ۲) 3.8% یونجه، 5.8% کاه گندم و 5.8% تفالۀ چغندر (کاه-تفالۀ)، ۳) 3.8% یونجه و 8.5% کاه (کاه) و ۴) 3.8% یونجه و 10.2% کاه فرآوری شده بودند. سطح انرژی، پروتئین و الیاف (peNDF) در همه جیره‌ها یکسان بود، ولی الیاف هضم نشده (uNDF) در جیره‌های حاوی تفالۀ-کاه و کاه فرآوری شده کمتر بود. نتایج نشان داد، جایگزینی یونجه با کاه-تفالۀ یا کاه فرآوری شده منجر به افزایش گوارش پذیری شد ($P < 0.01$). همچنین، خوراک مصرفی در گاوهای تغذیه شده با منبع‌های الیافی جایگزین بیشتر از گاوهای تغذیه شده با جیره شاهد بود ($P < 0.01$). تولید شیر و ترکیب‌های شیر تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. از همین رو، کارایی تولید شیر خام با تغذیه جیره شاهد تمایل ($P = 0.08$) به افزایش داشت. کارایی تولید شیر تصحیح شده برای چربی بین تیمارهای آزمایشی اختلافی نداشت. تغذیه با منبع‌های الیافی مختلف تأثیری بر pH شکمبه، اسیدهای چرب فرار و رفتار جویدن نداشت، اما نسبت استات: پروپیونات ($P = 0.06$) را افزایش داد. جایگزینی بخشی از یونجه با کاه/تفالۀ منجر به افزایش گوارش پذیری و خوراک مصرفی شد ولی کارایی شیر خام تولیدی تمایل به کاهش داشت.

واژه‌های کلیدی: الیاف‌های هضم نشده، تفالۀ چغندر، کاه گندم، کنسانتره به علوفه.

Effect of substituting alfalfa hay with beet pulp, treated and untreated wheat straw on performance of high-producing dairy cows

Mohammad Mehdi Hajmahmoodi¹, Ebrahim Ghasemi^{2*} and Mohammad Khorvash³

1, 2, 3. M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

(Received: Oct. 28, 2017 - Accepted: Jun. 1, 2018)

ABSTRACT

In this study, the effects of partial substitution of alfalfa hay (AH) with high fiber by-products (wheat straw: WS, beet pulp: BP) were evaluated on performance of high producing dairy cows. Eight high yielding cows (54 ± 2.5 kg milk production) were used in a 4×4 Latin square design and fed 4 experimental diets. The 4 experimental diets contained constant level of corn silage (19.2%) with different proportions of 1) 19.2% alfalfa hay (CON), 2) 3.8% AH, 5.8% WS, 5.8% BP (WS-BP), 3) 3.8% AH, 8.5% WS (WS) and 4) 3.8% AH and 10.2% treated WS (TWS). Diets were similar in of NEL, CP, and NDF contents but WS-BP and TWS diets had lower undigested NDF (uNDF) level. Results indicated replacement of AH with high fiber sources increased nutrient digestibilities ($P < 0.01$). Moreover, cows received by-products substitutes showed greater dry matter intake than control cows ($P < 0.01$). Milk yield and milk composition did not differ across treatments. Therefore, this resulted in a tendency for improved milk production efficiency ($P = 0.08$) with feeding CON diet. Efficiency of 3.5% FCM was similar among different diets. Feeding different by-products diets had no effect on ruminal pH, total VFA concentration, and chewing behavior, but tended to increase acetate: propionate ratio ($P = 0.06$). Substituting wheat straw with/without beet pulp for alfalfa hay resulted in improved DM and digestibility but reduced milk production efficiency in high-producing dairy cows.

Keywords: Beet pulp, economic return, undigested fiber, wheat straw.

* Corresponding author E-mail: ghasemi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

بیشترین هزینه مزارع پرورشی گاو شیری مربوط به تغذیه است و پایه جیره گاوهای شیری را علوفه تشکیل می‌دهد. علوفه با تأمین الیاف (NDF) مؤثر افزون بر تأمین مواد مغذی نقش مهمی در عملکرد طبیعی دستگاه گوارش، رفتار جویدن و سلامتی حیوان‌های نشخوارکننده دارد. از همین رو بیشترین تحقیقات در زمینه تغذیه روی علوفه و منبع‌های الیافی متمرکز شده است (Eastridge, 2006). سطح تولید گیاهان علوفه‌ای در کشور به علت فرارگیری ایران در محدوده جغرافیایی خشک و نیمه‌خشک (میزان بارندگی ۲۳۰ میلی‌متر، نزدیک به یک‌چهارم میانگین جهان) و اختصاص اندک زمین‌های کشاورزی (اولویت کشور در تولید غلات) به گیاهان علوفه‌ای (حدود ۸/۵٪) در حد کفایت نیست (Anonymus, 2015). میزان تولید کل گیاهان علوفه‌ای (یونجه، سیلاژ ذرت، شبدر و ...) بر پایه ۹۰ درصد ماده خشک (هوا خشک) در سال ۹۴-۱۳۹۳، کمتر از ۱۰ میلیون تن برآورد می‌شود (Anonymus, 2015). این در حالی است که حدود ۷۲ درصد زمین‌های زراعی کشور (۸/۳ میلیون هکتار) به کشت غلات اختصاص یافته است که از این سطح حدود ۱۳/۴ میلیون تن کاه (قابل برداشت) افزون بر غله تولید می‌شود. از آنجایی که تولید منبع‌های علوفه‌ای مرسوم مانند یونجه و ذرت سیلویی (سیلاژ) نیاز به آب و زمین‌های فراوانی دارد و با توجه به تداوم گرم شدن جهانی و خشکسالی‌های اخیر در کشور، استفاده بهینه از محصول‌های جانبی تولیدی پرالیاف مانند کاه غلات در جیره گاوهای شیری یک ضرورت اساسی دارد. از نظر شیمیایی کاه غلات به‌طور عمده از ترکیب‌های الیافی (مانند سلولز، لیگنین) تشکیل شده است و مصرف آن به دلیل نرخ گوارش‌پذیری پائین سبب رقیق شدن جیره، پری شکمبه (Rumen fill) و کاهش مصرف خوراک و البته بهبود رفتارهای غذایی مانند نشخوار می‌شود (Shaver & Hoffman, 2010). از محصول‌های جانبی پرالیاف دیگر تفالۀ چغندرقد است. چغندرقد یکی از پر تولیدترین محصول‌های کشاورزی است (Evans & Messerschmidt, 2017). میزان تولید چغندرقد در کشور حدود ۴/۷ میلیون

تن (۴۸ تن در هکتار در ایران) بر پایه وزن تر (ماده خشک حدود ۲۱٪) گزارش شده است (Anonymus, 2015). تفالۀ چغندر به دلیل میزان لیگنین کم و گوارش‌پذیری زیاد (۷۶٪ در ۲۴ ساعت) افزون بر تأمین الیاف سهل هضم می‌تواند به‌عنوان یک منبع الیافی پرنرژی در جیره‌های گاوهای شیرده مصرف شود (Evans & Messerschmidt, 2017). هرچند الیاف تفالۀ چغندرقد از نظر فیزیکی چندان مؤثر نیست اما تفالۀ چغندر ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد (McBurney *et al.*, 1983) و با توجه به ترکیب کربوهیدرات‌های غیرالیافی (پکتین بالا) این منبع الیافی به‌احتمال می‌تواند در حفظ pH شکمبه اهمیت داشته باشد (Evans & Messerschmidt, 2017).

تعیین سطح الیاف (NDF) و الیاف علوفه‌ای (FNDF) از نخستین شاخص‌ها برای تأمین نیازهای الیافی در مدل‌های تغذیه‌ای و مقایسه منبع‌های الیافی برای گاوهای شیری بوده است. مصرف کاه در مقایسه با جیره‌های بدون کاه (یونجه و ذرت سیلویی) به دلیل کاهش گوارش‌پذیری مواد مغذی منجر به افت تولید شیر، بازده تولید خوراک ولی افزایش pH شکمبه و درصد چربی شیر شد (Ghasemi *et al.*, 2016). Poore *et al.* (1991) دریافتند استفاده از کاه به‌جای یونجه تا سطح ۲۰ درصد جیره در جیره‌های حاوی ۳۰ درصد الیاف شوینده خنثی تأثیر منفی بر خوراک مصرفی و تولید گاوهای شیرده نداشت، اما سطح‌های بالاتر باعث افت چربی شیر و تولید شد. (Naderi *et al.*, 2016) نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، استفاده از تفالۀ چغندر به‌جای ذرت سیلویی، عملکرد تولیدی گاوهای شیری در شرایط تنش گرمایی را تحت تأثیر قرار نداد، اما با افزایش سطح تفالۀ در جیره pH شکمبه تمایل به کاهش داشت. Voelker & Allen (2003) نیز در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، با افزایش سطح تفالۀ چغندر بجای دانۀ ذرت، میزان جویدن حتی با افزایش NDF جیره (۲۴ به ۳۲٪) تحت تأثیر قرار نگرفت. با توجه به تفاوت در ویژگی‌های الیافی منبع‌های مختلف خوراکی، فرضیه الیاف‌های مؤثر فیزیکی (peNDF) تلاشی برای درک بهتر ویژگی‌های الیاف (در اصل اندازه ذرات) در نظر گرفته شد که بر فعالیت نشخوار، ترشح

امتیاز بدنی 3 ± 0.9 در قالب طرح مربع لاتین 4×4 در جایگاه‌های انفرادی با ابعاد 4×4 متر به چهار تیمار در چهار دوره آزمایشی اختصاص یافتند. هر دوره ۲۱ روزه شامل ۱۴ روز عادت‌پذیری و ۷ روز داده‌برداری بود. جیره‌های آزمایشی حاوی ذرت سیلویی (۱۹/۲٪) و سطوح متفاوتی از یونجه، کاه گندم و تفالۀ چغندر شامل (۱) ۱۹/۲ درصد یونجه و بدون تفالۀ کاه گندم (شاهد)، (۲) ۳/۸۵ درصد یونجه، ۵/۸۱ درصد کاه گندم و ۵/۸۱ درصد تفالۀ چغندر (کاه-تفالۀ)، (۳) ۳/۸۵ درصد یونجه و ۸/۴۶ درصد کاه گندم (کاه) و (۴) ۳/۸۵ درصد یونجه و ۱۰/۲ درصد کاه فراوری‌شده (کاه فراوری‌شده) بودند. پس از خرد کردن کاه گندم با اندازه نظری ۳-۴ cm، کاه با هیدروکسید سدیم (۷ درصد وزن کاه) به صورت افشان (آب به اندازه وزن کاه) فراوری و به مدت دو روز در معرض آفتاب قرار داده شد (Omid-Mirzaee et al., 2017). با توجه به افزوده شدن سدیم با فراوری هیدروکسید سدیم، برای حذف تأثیر سدیم و جلوگیری از سطح زیاد سدیم، از افزودن بیکربنات سدیم در جیره حاوی کاه فراوری‌شده صرف نظر شد. جیره‌های آزمایشی با نرم‌افزار CNCPS (نسخه ۵,۰,۰۴) از نظر مواد مغذی متوازن شدند. جدول ۱ ترکیب شیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی و قیمت هر کیلوگرم جیره غذایی را نشان می‌دهد. نسبت علوفه به کنسانتره در جیره‌های شاهد، کاه-تفالۀ، کاه گندم و کاه فراوری‌شده به ترتیب ۳۸:۶۲، ۲۹:۷۱، ۳۲:۶۸ و ۳۳:۶۷ بود. اگرچه منبع الیاف‌های جیره و سطح علوفه به کنسانتره در جیره‌های مختلف متفاوت بود، ولی جیره‌های آزمایشی از نظر انرژی خالص شیردهی، پروتئین خام، الیاف‌های شوینده خنثی (NDF)، الیاف‌های مؤثر فیزیکی (peNDF) همسان بودند. خوراک‌دهی به صورت مخلوط دو بار در روز (۸ صبح و ۴ بعدازظهر) صورت می‌گرفت. برای تعیین میزان تجزیه‌پذیری، نرخ تجزیه‌پذیری و الیاف‌های هضم‌نشده، منبع‌های الیافی جیره (ذرت سیلویی، کاه، تفالۀ چغندر، یونجه) در زمان‌های ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۲۸۸ ساعت در شکمبه دو گاو غیرشیرده نگهداری (انکوبه) شدند. میزان الیاف‌های هضم‌نشده (uNDF) در مدت زمان ۲۸۸ ساعت

بزاز، تشکیل سقف شکمبه (ruminal mat)، حرکات شکمبه و پیشگیری از اسیدوز مؤثر بود (Mertens, 1997). Eastridge et al. (2009) با بررسی منبع‌های الیافی مختلف از جمله کاه، علف گراس، پنبه‌دانه و یونجه گزارش کردند، توازن جیره بر پایه NDF علوفه‌ای و peNDF، پاسخ عملکردی یکسانی (به جز تولید شیر خام که در جیره دارای کاه کمترین و پنبه‌دانه بالاترین بود) در پی داشت. پژوهشگران (Zebeli et al., 2012) در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، افزایش اندازه ذرات، الیاف‌های مؤثر فیزیکی، زمان نشخوار و کل جویدن را تحت تأثیر قرار داد، اما بر جوش به ازای خوراک مصرفی، تولید شیر، pH شکمبه تأثیری نداشت و عامل‌های دیگری مانند سطح خوراک مصرفی، تخمیرپذیری نشاسته، تجزیه‌پذیری و بخش هضم‌ناپذیر الیاف‌های (iNDF) نیز در این رابطه مؤثرند. این فرضیه (Mertens undigested NDF, 2016) نقش الیاف‌های هضم‌نشده (uNDF) و نرخ هضم بر پرشدگی شکمبه (rumen filling)، پاسخ جویدن و مصرف خوراک را نشان می‌دهد. (Fustini et al., 2017) در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، بهبود گوارش‌پذیری و کاهش uNDF یونجه سبب افزایش مصرف خوراک، تولید شیر و حفظ سلامت شکمبه (مصرف uNDF ۰/۴ درصد وزن بدن) در جیره با سطح بحرانی peNDF شد. هدف از این پژوهش، بررسی پاسخ جویدن، تخمیر شکمبه، مصرف خوراک و عملکرد تولیدی گاوهای شیری پرتولید به جایگزینی منبع‌های الیافی ارزان (کاه غلات و تفالۀ چغندر) به جای یونجه با توجه به سطح و ویژگی‌های الیاف‌های جیره (NDF, peNDF, uNDF) بود. همچنین تأثیر افزایش گوارش‌پذیری کاه (با فراوری) بر عملکرد گاوها بررسی شد.

مواد و روش‌ها

اجرای آزمایش، حیوان‌ها و جیره آزمایشی

این آزمایش در مزرعه آموزشی-پرورشی لورک (۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان) در تابستان سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. شمار ۸ رأس گاو هلشتاین شیرده دو یا چند بار زایش (روزهای شیردهی 78 ± 5 روز، تولید شیر $54 \pm 2/5$ کیلوگرم، وزن 684 کیلوگرم و

۱۸:۰۰ دوشیده می‌شدند و رکورد تولید شیر در هر نوبت شیردوشی به مدت ۵ روز ثبت شد. نمونه‌گیری از شیر به صورت یک روز در میان (۳ روز در هر دوره) از هر نوبت شیردوشی برای تعیین چربی، پروتئین، لاکتوز و کل مواد جامد شیر انجام می‌گرفت (134 BN Foss Electric, Hillerod, Denmark). تولید شیر تصحیح شده برای چربی $3/5\%$ (3.5% FCM) از رابطه زیر محاسبه شد (NRC, 2001).

$$3.5\%FCM = 0.432 \times \text{milk yield} + 16.23 \times \text{fat yield}$$

به‌عنوان برآوردی از الیاف‌های غیرقابل‌هضم (iNDF) نظر گرفته شد (Mertens, 2016; Fustini *et al.*, 2017). پس از پایان زمان نگهداری (انکوباسیون)، کیسه‌ها در آب سرد تا خارج شدن آب زلال شستشو داده شد و پس از آن در دمای 60°C درجهٔ سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند.

داده‌برداری، نمونه‌برداری و تجزیهٔ شیمیایی

گاوها سه بار در روز در ساعت ۰۲:۰۰، ۱۰:۰۰ و

جدول ۱. اجزاء، ترکیب‌های شیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی و قیمت جیره‌های آزمایشی
Table 1. Ingredients, chemical composition, physical characteristics and cost of experimental diets

Item	Diets ¹			
	AH	BP+WS	WS	TWS
Feed ingredients, % of DM				
Corn silage	19.2	19.2	19.2	19.2
Alfalfa hay	19.2	3.85	3.85	3.85
Wheat straw	-	5.81	8.46	-
Treated wheat straw	-	-	-	10.2
Beet pulp	-	5.81	-	-
Corn grain	19.2	19.2	21.7	20.8
Barley grain	22.1	22.1	22.1	22.1
Soybean meal	8.85	12.3	12.9	12.9
Canola meal	2.23	2.23	2.23	2.23
Fish meal	1.35	1.35	1.35	1.35
Soybean whole, roasted	3.85	3.85	3.85	3.85
Fat powder	1.15	1.15	1.15	1.15
Carbonate calcium	0.69	1.00	1.08	1.08
Magnesium oxide	0.19	0.19	0.19	0.19
White salt	0.35	0.35	0.35	0.35
Mineral-vitamin premix ²	0.77	0.77	0.77	0.77
Sodium bicarbonate	0.77	0.77	0.77	-
Chemical composition % of DM, unless otherwise stated				
Dry matter, % of as-fed	57.0	57.0	57.0	54.0
Crude protein	16.9	16.9	16.9	16.9
NE _L , Mcal/kg	1.65	1.65	1.63	1.62
Ether extract	4.80	4.50	4.60	4.60
Neutral detergent fiber	30.2	30.5	30.7	30.9
Non fibrous carbohydrate ³	41.4	41.0	40.7	40.4
Calcium	0.80	0.80	0.77	0.77
Phosphorous	0.41	0.40	0.41	0.41
Physical characteristics (Particle size)				
19 mm	9.76	8.80	8.78	8.92
8 mm	21.1	20.1	20.8	20.2
1.18 mm	35.6	38.6	36.0	36.6
Pan	33.5	32.5	34.4	34.2
Xgm, ⁴ mm	3.53	3.47	3.40	3.40
Sgm, ⁵ mm	3.38	3.26	3.33	3.32
pf	0.66	0.68	0.66	0.66
peNDF ⁶	20.1	20.6	20.1	20.3
Undigested NDF	7.1	6.4	6.8	6.1
Feed cost, Rials/kg DM ⁷	11,307	10,673	10,665	11,181

۱. جیره‌های آزمایشی علوفهٔ یونجه داشتند که با منابع‌های الیافی (۱) بدون محصول جانبی (شاهد)، (۲) کاه + تفالۀ، (۳) کاه، (۴) کاه فرآوری‌شده جایگزین شده بود.
 ۲. در هر کیلوگرم پیش مخلوط: ۱۳۰۰۰۰ واحد بین مللی ویتامین آ، ۳۶۰۰۰۰ واحد ویتامین دی، ۱۲۰۰ واحد ویتامین ای، ۱۶ گرم روی، ۱۰ گرم منگنز، ۰/۸ گرم آهن، ۰/۱۲ گرم کبالت، ۰/۱۵ گرم ید، و ۰/۰۸ گرم سلنیوم.
 ۳. کریوهدرات‌های غیر الیافی = (خاکستر+عصارهٔ اتری+الیاف‌های شویندهٔ خنثی+پروتئین خام)-۱۰۰
 ۴. میانگین هندسی ذرات مطابق (ASAE, S424, 2001)
 ۵. انحراف معیار هندسی مطابق (ASAE, S424, 2001)
 ۶. حاصل ضرب NDF جیره در ذرات بالاتر از ۱/۱۸ (Mertens, 19997)
 ۷. هزینهٔ خوراکی‌ها بر پایهٔ قیمت معمول مواد خوراکی بر پایهٔ فروردین سال ۱۳۹۷ (ریال/کیلوگرم به‌صورت طبیعی) بیان شده است: یونجه ۱۴۰۰۰، کاه گندم ۵۰۰۰، کاه گندم فرآوری‌شده ۶۷۵۰ (فرآوری+کال)، تفالۀ چغندر ۹۰۰۰، دانهٔ ذرت ۱۰۶۰۰، کنجالهٔ سویا ۲۳۱۰۰ و بیگرنات سدیم ۲۴۵۰۰ و کرینات کلسیم ۶۵۰ (تنها قلم‌های متفاوت در جیره بیان شده است).
 1. Experimental diets containing alfalfa hay that were replaced by 1) no by-products (control), 2) beet pulp+ wheat straw, 3) wheat straw and 4) treated wheat straw.
 were diet beet pulp (BP) substituted for corn silage as:
 2. Contained per kilogram of supplement: 1,300,000 IU of vitamin A, 360,000 IU of vitamin D, 1,200 IU of vitamin E, 16 g of Zn, 10 g of Mn, 0.8 g of Fe, 0.12 g of Co, 0.15 g of I, and 0.08 g of Se.
 3. NFC = Nonfiber carbohydrate calculated by difference $100 - (\%NDF + \%CP + \%Fat + \%ASH)$.
 4. Xgm = Geometric mean length as calculated by the ASAE (S424), 2001.
 5. Sgm = Geometric standard deviation as calculated by ASAE (S424), 2001.
 6. peNDF = Ration NDF multiplied by amount of DM >1.18 mm.
 7. Cost of feeds (Rial/kg as-fed): Alfalfa hay 14000, wheat straw 5000, treated wheat straw 6750, beet pulp 9000, corn grain 10600, soybean meal 23100, sodium bicarbonate 24500, calcium carbonate 650.

زمان بندی شده تا دمای 195°C افزایش یافت. تزریق گر (اینجکتور) و شناساگر در دمای 250°C تنظیم شدند. از کرتونیک اسید به عنوان استاندارد درونی استفاده شد. در روز بیستم هر دوره، فعالیت های شبانه روزی شامل استراحت، خوردن و نشخوار کردن برای همه گاوها به صورت مشاهده مستقیم هر ۵ دقیقه یکبار ثبت شد. فعالیت انتخاب گاو (sorting activity) در پنج روز متوالی در هر دوره بر پایه تجزیه الک خوراک و پس آخور با روش Leonard & Armentano (2003) تعیین شد.

تجزیه آماری

تجزیه آماری داده های مربوط به شکمبه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با در نظر گرفتن اثر گاو به عنوان بلوک با رویه مدل خطی عمومی (GLM) نرم افزار آماری SAS (SAS Institute, 2003) صورت گرفت. داده های به دست آمده از عملکرد حیوان با رویه مختلط (Mixed) در قالب طرح مربع لاتین 4×4 با مدل آماری زیر تجزیه و تحلیل شدند.

$$Y_{ij(k)m} = \mu + S_m + P(S)_{im} + C(S)_{jm} + T_k + e_{ij(k)m}$$

که $Y_{ij(k)m}$ متغیر وابسته، μ میانگین کلی، S_m اثر ثابت مربع m ، $P(S)_{im}$ اثر ثابت دوره i در دوره m ، $C(S)_{jm}$ اثر تصادفی گاو j درون مربع m ، T_k اثر ثابت تیمارهای آزمایشی k و $e_{ij(k)m}$ خطای باقی مانده بود. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از روش توکی-کرامر انجام شد. سطح ۵ درصد معنی دار و سطح ۱۰ درصد به عنوان تمایل به معنی داری در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی منبع های الیافی

جدول ۲ نتایج مربوط به ویژگی های فیزیکوشیمیایی و تجزیه پذیری منبع های مختلف پرایلیاف جیره را نشان می دهد. منبع های الیافی جیره اختلاف اساسی در محتوای الیافها، تجزیه پذیری الیافها، الیاف های مؤثر و الیاف های هضم نشده داشتند. بیشینه میزان الیافها (NDF) و الیاف های مؤثر (peNDF) در گاه گندم و کمینه آن در تفاله چغندر بود که در راستای میزان

وزن کشی گاوها در آغاز آزمایش و در روز آخر هر دوره صورت می گرفت. در طول آزمایش ماده خشک مصرفی دامها (۱۰-۵٪ پس آخور) اندازه گیری می شد. نمونه برداری از خوراک و پس آخور در ۵ روز آخر هر دوره انجام می گرفت. نمونه برداری از مدفوع در فاصله زمانی هر ۹ ساعت یکبار طی سه روز متوالی در هر دوره برای تعیین گوارش پذیری ظاهری صورت می گرفت. نمونه ها تا پیش از تجزیه شیمیایی در فریزر در دمای 10°C نگهداری می شد. ماده خشک نمونه های خوراک و مدفوع در دمای 60°C به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت تعیین شد. پروتئین خام با روش کلدال (AOAC, 2000)، خاکستر در دمای 600°C به مدت ۸ ساعت (AOAC, 2000) و الیاف های شوینده خنثی با استفاده از دستگاه آنکوم (Ankom^{200/220} Fiber Analyzer: Ankom Technology) (Corp. Fairport, NY) اندازه گیری شدند. برای تعیین گوارش پذیری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش از روش خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر درونی استفاده شد (Van Keulen & Young, 1997). توزیع اندازه ذرات و میانگین هندسی جیره های آزمایشی و پس آخور با روش توصیه شده (Kononoff & Heinrichs, 2012) با استفاده از سه الک با اندازه روزه های ۱۹ (ذرات درشت)، ۸ (ذرات متوسط) و $1/18$ (ذرات ریز) میلی متر و یک سینی کف (ذرات پودر) پنسیلوانیا (Penn State Particle Separator) اندازه گیری شد. در روز ۲۰ هر دوره آزمایشی، چهار ساعت پس از تغذیه صبح با روش لوله معدی^۴ حدود ۲۰۰ میلی لیتر شیرابه شکمبه گرفته شد. بی درنگ پس از نمونه گیری، pH ثبت شد. نمونه های شیرابه با چهار لایه پارچه متقال صاف (افزودن ۲ میلی لیتر متاسفریک به ۱۰ میلی لیتر مایع شکمبه) و نمونه ها در فریزر (دمای 10°C) نگهداری شدند. اسیدهای چرب فرار توسط دستگاه فامنگار گازی (گاز کروماتوگرافی، CP-9002; Chrompack، Middelburg, The Netherlands) با ستون مویرگی سیلیکا به طول ۳۰ متر (CP-Wax Chrompack) و گاز هلیوم به عنوان حامل و شناساگر (دتکتور) یونیزه کردن شعله ای (flame ionization) اندازه گیری شد. دمای آون در آغاز 50°C بود و پس از آن بنابر برنامه

گزارش شده است (Mertens, 1997; NRC, 2001). بیشترین میزان تجزیه پذیری شکمبه‌ای الیاف به ترتیب مربوط به تفالۀ چغندر، یونجه، کاه فرآوری شده و ذرت سیلویی و کمترین در کاه گندم مشاهده شد. تجزیه پذیری مؤثر الیاف (نرخ عبور ۵٪ در ساعت) به ترتیب در تفالۀ چغندر، ذرت سیلویی، کاه فرآوری شده، یونجه و کمترین مربوط به کاه گندم بیشترین بود. با فرآوری کاه گندم تجزیه پذیری مؤثر حدود ۳۰ درصد افزایش یافت. همان طور که نتایج نشان می‌دهد، بیشترین میزان الیاف‌های هضم نشده بر پایه NDF مربوط به یونجه و پس از آن کاه گندم و بر پایه DM به ترتیب مربوط به کاه گندم، یونجه و سپس کاه فرآوری شده، ذرت سیلویی و تفالۀ چغندر مشاهده شد. این اختلاف مربوط به تفاوت‌های ساختار درونی (آناتومیکی)، ترکیب‌های شیمیایی و مرحله بلوغ بین گونه‌های مختلف به ویژه در مورد علوفه لگوم و گراس‌هاست. گوارش پذیری برگ‌های علوفه لگوم زیاد و ساقه آن کم است ولی اختلاف گوارش پذیری برگ و ساقه گراس‌ها چندان زیاد نیست (NRC, 2001; Palmonari et al., 2016). همچنین لگوم‌ها لیگنین بیشتری نسبت به گراس‌ها دارند که در اصل در بافت چوبی (زایلم) گیاه تجمع می‌یابد (Voelker Linton & Allen, 2008). در مقابل لیگنین گراس‌ها کمتر و در همه بافت‌ها به جز آبکش (فلوئم) به طور یکنواختی پخش شده‌اند. این ویژگی باعث می‌شود که بافت چوبی لگوم به کلی هضم‌ناپذیر باشد و دیگر بافت‌ها به سرعت هضم شوند. در نتیجه غلظت زیاد لیگنین و نرخ عبور بیشتر در لگوم‌ها، گوارش پذیری الیاف لگوم‌ها کمتر از گراس‌هاست (Palmonari et al., 2016). نتایج این آزمایش با یافته‌های پژوهشگران دیگر (Palmonari et al., 2016) همخوانی دارد که میزان uNDF بیشتر و تجزیه پذیری کمتری برای یونجه نسبت به ذرت سیلویی و uNDF کمتر و تجزیه پذیری بیشتری نسبت به دیگر گراس‌ها مشاهده کردند. در این بررسی، میزان uNDF بیشتری و تجزیه پذیری مؤثر الیاف‌های کمتری برای یونجه نسبت به ذرت سیلویی مشاهده شد و میزان تجزیه پذیری مؤثر الیاف‌های یونجه از کاه بدون فرآوری بیشتر و برابر با کاه فرآوری شده بود.

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و تجزیه پذیری منبع‌های الیافی در جیره‌های آزمایشی

Table 2. Chemical and fermentation characteristics of fiber sources in experimental diets

Item	Fiber sources ¹				
	CS	AH	BP	WS	TWS
Dry matter, % of as-fed	26.2	91.3	93.6	95.6	50.0
Crude protein, % of DM	9.5	16.0	10.0	3.4	3.0
Non fibrous carbohydrates, % of DM	34.4	33.1	50.0	14.4	23.3
Net energy for lactation, Mcal/kg	1.4	1.2	1.51	0.85	0.99
Fiber characteristics					
Neutral detergent fiber, % of DM	47.5	44.0	37.1	75.0	66.1
Degradable fraction of NDF (b), % of NDF	76.5	56.8	86.5	62.3	74.6
Degradation rate of NDF (c), b/h	2.30	3.22	5.06	2.25	2.63
Effective degradability of NDF ² , % of NDF	26.0	24.7	40.8	18.9	24.8
NDFd ³ , % of NDF	78.7	60.8	82.7	64.2	76.8
uNDF ⁴ , % of NDF	21.3	39.2	17.3	35.8	23.2
uNDF 288, % of DM	10.1	17.2	6.40	26.8	15.3
peNDF ⁵ , % of DM	55.0	40.0	19.0	75.0	63.0

۱. منبع‌های الیافی جیره عبارت بودند از: ۱) ذرت سیلویی، ۲) یونجه، ۳) تفالۀ چغندر، ۴) کاه، ۵) کاه فرآوری شده.

۲. تجزیه پذیری مؤثر در نرخ عبور ۵ درصد.

۳. تجزیه پذیری NDF پس از ۲۸۸ ساعت نگهداری شکمبه.

۴. الیاف هضم نشده پس از ۲۸۸ ساعت نگهداری شکمبه.

۵. حاصل ضرب NDF در ذرات بالاتر از ۱/۱۸

1. Fiber sources: 1) corn silage 2) alfalfa hay, 3) beet pulp, 4) wheat straw, and 5) treated wheat straw.

2. Effective degradability at 5% passage rate.

3. NDF degradability after 288 h of incubation.

4. Undegradable NDF after 288 h of incubation.

5. peNDF = NDF multiplied by amount of DM >1.18 mm.

خنثی و پروتئین خام در گاوهای تغذیه‌شده با کاه فراوری‌شده و کاه-تفاله بالاتر از گاوهای تغذیه‌شده با کاه گندم و شاهد بود. عامل‌های فیزیکی و شیمیایی کوتاه‌مدت غذایی مؤثر بر مصرف خوراک عبارت‌اند از: میزان و نرخ تجزیه‌پذیری الیاف، نرخ تخمیرپذیری نشاسته، محصول‌های تخمیری، میزان و نوع چربی و سطح پروتئین تجزیه‌پذیر (Allen, 2000). از آنجا که سطح الیاف جیره‌ها همسان بود افزایش خوراک مصرفی به احتمال در نتیجه بهبود گوارش‌پذیری مواد مغذی باشد. همچنین تفاوت مصرف خوراک در جیره‌های مختلف با تغییرپذیری‌های uNDF همخوانی داشت. از عامل‌های دخیل دیگر بر بهبود گوارش‌پذیری در تیمارهای حاوی منبع‌های الیافی می‌تواند سطح کنسانتره بیشتر (گوارش‌پذیری بهتر از منبع‌های علوفه‌ای)، بهبود شرایط رشد میکروبی (با توجه به غلظت والرات)، تخمیر (تفاوت pH شکمبه از نظر عددی) و در نهایت اختلاف در منبع‌های الیافی جایگزین باشد. در پژوهش Ferraretto *et al.* (2015)، با جایگزینی ذرت سیلویی اصلاح‌شده (BMR) به جای ذرت سیلویی معمول و کاهش uNDF (از ۹/۴٪ به ۶/۹٪) گوارش‌پذیری مواد مغذی و مصرف خوراک (۱/۷ کیلوگرم) افزایش یافت. کاهش uNDF و افزایش گوارش‌پذیری الیاف‌ها با کاهش اثر پرکنندگی شکمبه (rumen fill) و افزایش نرخ عبور منجر به افزایش مصرف خوراک در گاوهای شیری پرتولید شد. Oba & Allen (1999) پس از بررسی رابطه بین گوارش‌پذیری الیاف‌ها و عملکرد حیوان بیان کردند، یک واحد بهبود در گوارش‌پذیری الیاف‌ها سبب ۱۷۰ گرم افزایش در مصرف خوراک می‌شود. در این آزمایش، گوارش‌پذیری الیاف‌ها با جایگزینی منبع‌های الیافی در جیره‌های حاوی کاه فراوری‌شده (۶۸/۹٪) و کاه-تفاله (۶۶/۰٪) نسبت به جیره شاهد (۵۰٪) افزایش یافت و خوراک مصرفی هم در این گروه از گاوها حدود ۲/۹ و ۲/۶ کیلوگرم بیشتر از گروه شاهد بود. این رقم‌ها تا حدودی با میزان محاسبه‌شده ۳/۲ و ۲/۷ کیلوگرم از روش Oba & Allen (1999) برابر است. Fustini *et al.* (2017) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، تغذیه جیره‌های حاوی uNDF و گوارش‌پذیری زیاد نسبت به جیره‌های حاوی uNDF و تجزیه‌پذیری کم منجر به افزایش مصرف خوراک، زمان

میزان الیاف‌های هضم‌نشده (uNDF) در جیره شاهد (۷/۱٪) تا حدودی معادل جیره حاوی کاه گندم (۶/۸٪)، ولی بیشتر از جیره‌های حاوی کاه-تفاله (۶/۴٪) و کاه فراوری‌شده (۶/۱٪) بود. مقادیر الیاف‌های هضم‌نشده جیره‌ها بر پایه الیاف هضم‌نشده منبع‌های الیافی (۲۸۸ ساعت نگهداری، جدول ۲) و دیگر اجزای جیره (Fox *et al.*, 2004, ADL×۲/۴) محاسبه شد. اگرچه میزان الیاف مؤثر فیزیکی هنگام استفاده از نرم‌افزار در سطح ۲۲٪ (Mertens, 1997) تعیین شد، میزان الیاف‌های مؤثر فیزیکی واقعی جیره‌ها حدود ۲ درصد کمتر از میزان برآوردی بود. توصیه پژوهشگران (Humer *et al.*, 2018) برای توزیع ذرات خوراک به کلی مخلوط حاوی کنسانتره آردی ۳-۸ درصد برای ذرات <۱۹ میلی‌متر، ۴۰-۳۰٪ برای ذرات <۸ میلی‌متر، ۴۰-۳۰ درصد برای ذرات <۱/۱۸ میلی‌متر و کمتر از ۲۰ درصد برای ذرات >۱/۱۸ میلی‌متر است. در این آزمایش، به علت استفاده از توری‌های با روزه‌های کوچک (۳ میلی‌متر) برای آسیاب غلات (همانند شرایط بیشتر گاو‌داری‌های ایران) بیش از ۳۰ درصد جیره‌ها اندازه کمتر از ۱/۱۸ میلی‌متر داشتند و از همین رو به احتمال میزان peNDF جیره‌ها کاهش یافته است. قیمت اجزای جیره بر پایه قیمت مواد خوراکی در فروردین سال ۱۳۹۷ تعیین شد. قیمت کاه فراوری‌شده شامل هزینه‌های مربوط به ماده اولیه (کاه + هیدروکسید سدیم) و هزینه کار فرآوری (۲۵ تومان به ازای هر کیلوگرم) محاسبه شد. بنابراین، هزینه هر کیلوگرم جیره شاهد، کاه گندم، کاه-تفاله و کاه فراوری‌شده به ترتیب ۱۵۴۰۶، ۱۴۶۲۷، ۱۴۶۵۶ و ۱۴۶۴۰ ریال بود و همان‌طور که انتظار می‌رفت، هزینه هر واحد در جیره‌های حاوی منبع‌های الیافی جایگزین کمتر از جیره شاهد بود.

مصرف خوراک و گوارش‌پذیری ظاهری

میانگین ماده خشک مصرفی و گوارش‌پذیری مواد مغذی در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود جایگزینی یونجه با دیگر منبع‌های الیافی افزایش ماده خشک مصرفی را در پی داشت ($P < 0.01$). همچنین، گوارش‌پذیری ماده خشک، الیاف‌های شوینده

است. Duffield *et al.* (2004) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، اگرچه pH مایع شکمبه در روش لوله‌ معدی به‌دلیل آلودگی با بزاق کمتر (۰/۳۵-۰/۴۴) از روش رومنوسنتسیس است، ولی همبستگی بالایی بین دو روش لوله‌ معدی و رومنوسنتسیس وجود دارد (Shen *et al.*, 2012). با کسر عدد ۰/۴ از pH شکمبه در این آزمایش pH همه‌ گاوها کمتر از ۶ خواهد شد که احتمال دارد به‌خاطر مصرف خوراک و سطح کنسانتره بالا (۷۱-۶۲٪) باشد. برخی محققان (Fustini *et al.*, 2010) در نتایج بررسی‌های خود پیشنهاد می‌کنند، میزان کمینه‌ای کاه (۵-۱۰٪) در جیره‌های حاوی سطح بحرانی (بسیار کم) الیاف مؤثر فیزیکی منجر به بهبود فعالیت نشخوار و افزایش pH شکمبه (<۵/۵) می‌شود.

غلظت کل اسیدهای چرب فرآر و درصد مولار استات و بوتیرات مایع شکمبه گاوها تحت تأثیر تیمارهای غذایی قرار نگرفت ($P > 0.05$). هرچند، تغذیه گاوها با جیره شاهد، درصد مولار پروپیونات را تمایل به افزایش ($P = 0.09$) و والرآت ($P = 0.03$) و ایزووالرات را کاهش ($P = 0.06$) داد. همبستگی مثبت بین نرخ استفاده از والرآت و تولید پروتئین میکروبی وجود دارد (Cline *et al.*, 1958)، لذا کاهش والرآت در گاوهای مصرف‌کننده جیره‌های حاوی منبع‌های الیافی جایگزین می‌تواند بیانگر شرایط رشد میکروبی بهتر به‌موجب بهبود مصرف خوراک و گوارش‌پذیری باشد. با توجه به افزایش عددی درصد مولار استات و کاهش متمایل به معنی‌داری پروپیونات در جیره‌های حاوی منبع‌های الیافی جایگزین، نسبت استات به پروپیونات ($P = 0.06$) در این تیمارها افزایش یافت. تغییرپذیری‌های مربوط به نوع تخمیر در گاوهای تغذیه‌شده با جیره شاهد با میزان pH شکمبه و گوارش‌پذیری الیاف کمتر همخوانی داشت. Yang & Beauchemin (2007) در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، با افزایش الیاف‌های مؤثر فیزیکی جیره نسبت استات به پروپیونات و درصد چربی شیر افزایش یافت. وجود الیاف‌های مؤثر فیزیکی همسان در بین جیره‌های مختلف بیان می‌کند، اختلاف در تخمیر احتمال دارد در نتیجه تفاوت در ویژگی‌های دیگر NDF از جمله میزان uNDF و تجزیه‌پذیری آن ناشی شده باشد.

جویدن و pH شکمبه شد. این پژوهشگران در نتایج بررسی‌های خود بیان کردند، تجزیه‌پذیری NDF و نرخ عبور بیش از سطح uNDF بر مصرف خوراک روزانه مؤثر است. در مجموع، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی الیاف‌ها از جمله سطح uNDF، نرخ تجزیه‌پذیری الیاف‌ها و تفاوت در نرخ عبور الیاف‌های هضم‌نشده (uNDF) می‌توانند در سطح دستگاه گوارش بر پرشدگی شکمبه، نرخ عبور و درنهایت مصرف خوراک تأثیرگذار باشند (Ferraretto *et al.*, 2015).

جدول ۳. مصرف خوراک و گوارش‌پذیری مواد مغذی

گاوهای شیرده با تغذیه منبع‌های الیافی مختلف

Table 3. Intake and nutrients digestibilities in lactating cows fed different fiber sources

	Diets ¹				SEM ²	P-value
	AH	BP+WS	WS	TWS		
	Intake, kg/d					
DM	24.4 ^b	26.6 ^a	27.0 ^a	27.3 ^a	0.938	<0.01
	Total tract digestibility, %					
DM	62.1 ^b	71.8 ^a	64.8 ^b	73.8 ^a	1.54	<0.01
NDF	50.0 ^b	66.0 ^a	55.8 ^b	68.9 ^a	2.31	<0.01
CP	59.6 ^b	68.1 ^a	62.1 ^b	71.2 ^a	2.29	<0.01

۱. جیره‌های آزمایشی علوفه یونجه داشتند که با منبع‌های الیافی (۱) بدون محصول جانبی (شاهد)، (۲) کاه + تفالۀ، (۳) کاه، (۴) کاه فرآوری‌شده جایگزین شده بودند.

۲. اشتباه معیار میانگین

1. Experimental diets containing alfalfa hay that were replaced by 1) no by-products (control), 2) beet pulp+ wheat straw, 3) wheat straw and 4) treated wheat straw.

2. Standard error of mean

a-c) Least squares means within a row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

تخمیر و فعالیت جویدن

داده‌های مربوط به pH شکمبه، غلظت اسیدهای چرب فرآر، pH مدفوع و ادرار، فعالیت جویدن و انتخاب گاوها در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود pH شکمبه، مدفوع و ادرار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. میزان pH شکمبه در گاوهای شیری با تغذیه کنسانتره بالا به‌طورمعمول از ۶/۶ پیش از خوراک‌دهی صبح تا میزان ۵-۵/۳ (با میانگین ۶-۶/۲) در اوج تخمیر افت می‌کند (Krause & Oetzel, 2006). هرچند این میزان برای نمونه به‌دست‌آمده از منداب روغن کانادایی (کانولا) یا روش رومنوسنتسیس (rumenocentesis) گزارش شده است. روش لوله‌ معدی (Stomach tube) یک روش کاربردی در سطح واحد گاوداری برای اندازه‌گیری pH در گاو شیری

جدول ۴. تخمیر شکمبه و فعالیت جوش گاوهای شیرده با تغذیه منابع الیافی مختلف

Table 4. Rumen fermentation and chewing activity of lactating cows fed different fiber sources

Rumen parameters	Diets ¹				SEM	P-value
	AH	BP+WS	WS	TWS		
pH	6.10	6.27	6.37	6.33	0.114	0.28
Volatile fatty acids, mM	92.0	88.0	95.8	88.3	5.02	0.55
Acetate, %	54.2	55.8	57.5	55.9	1.12	0.18
Propionate, %	30.3	28.7	26.1	27.7	1.48	0.09
Butyrate, %	12.8	13.1	14.3	14.1	0.773	0.17
Valerate, %	2.52a	2.14b	1.94b	2.06b	0.169	0.03
Isovalerate, %	1.55	1.78	2.36	2.17	0.236	0.06
Acetate to propionate	1.82	2.02	2.31	2.09	0.167	0.06
Fecal pH	6.51	6.56	6.42	6.42	0.124	0.74
Urine pH	7.60	7.61	8.06	7.67	0.444	0.84
Chewing activity						
Eating time, min/d	287	251	259	274	18.8	0.32
Ruminating time, min/d	432	494	506	507	29.5	0.14
Total chewing time, min/d	719	748	765	779	40.6	0.52
Eating/DMI, min/kg	11.3	9.17	9.45	9.68	0.81	0.09
Ruminating/DMI, min/kg	17.1	18.4	18.6	17.8	1.51	0.51
Total chewing/DMI, min/kg	28.4	27.7	28.1	27.4	2.10	0.88

۱. جیره‌های آزمایشی علوفه یونجه داشتند که با منابع الیافی (۱) بدون محصول جانبی (شاهد)، (۲) کاه + تفال، (۳) کاه، (۴) کاه فراوری شده جایگزین شده بودند.

۲. اشتباه معیار میانگین

1. Experimental diets containing alfalfa hay that were replaced by 1) no by-products (control), 2) beet pulp+ wheat straw, 3) wheat straw and 4) treated wheat straw.

2. Standard error of mean

a-c) Least squares means within a row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

آزمایشی قرار نگرفتند. هرچند تولید شیر و تولید شیر تصحیح شده برای چربی در گروه گاوهای تغذیه شده با کاه فراوری شده از نظر عددی ($P=0/13$) بیشتر از گروه شاهد بود. از آنجاکه ماده خشک مصرفی با تغذیه جیره شاهد کمتر از دیگر تیمارها بود، بازده تولید شیر در این تیمار تمایل به افزایش ($P=0/08$) داشت. بازده تولید شیر تصحیح شده برای چربی به علت افزایش عددی شیر و چربی شیر با تغذیه منابع الیافی جایگزین با تیمار شاهد تفاوت معنی داری نداشت. در بررسی دیگر (Ferraretto *et al.*, 2015) همزمان با جایگزینی ذرت سیلویی اصلاح شده به جای ذرت سیلویی معمول، گوارش پذیری، مصرف خوراک و تولید شیر افزایش، اما هیچ تغییری در بازده تولید شیر تصحیح شده برای چربی مشاهده نشد.

میانگین‌های رقم‌های مربوط به درصد چربی شیر (۲/۷)، نسبت چربی به پروتئین شیر (۰/۹۶)، pH شکمبه (۵/۸) و سطح الیاف مؤثر فیزیکی جیره‌ها (۲۰٪) مؤید سطح ناکافی الیاف‌های مؤثر و بروز اسیدوز در همه گروه‌ها است. Mertens (1997) سطح peNDF ۲۱ درصد برای حفظ چربی شیر ۳/۴ درصد برای گاوهای اوایل تا اواسط شیردهی تعیین کرد.

طول زمان خوردن، نشخوار و کل جویدن گاوها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. اگرچه گاوهای گروه شاهد تمایل به خوردن به ازای کیلوگرم خوراک مصرفی بیشتری ($P=0/09$) نسبت به دیگر تیمارها داشتند، میزان کل جویدن (نشخوار+خوردن) در تیمارهای مختلف یکسان بود. این نتایج به همراه فعالیت انتخاب یکسان بین تیمارها مربوط به مصرف جیره‌های یکسان از نظر فیزیکی (الیاف مؤثر فیزیکی، اندازه ذرات و توزیع آن) است. Zebeli *et al.* (2006) بر پایه تابع‌های رگرسیونی بیان کردند، بیش از ۳۰ دقیقه جویدن به ازای کیلوگرم خوراک مصرفی برای حفظ چربی شیر در سطح ۳/۴ درصد مورد نیاز است. در این بررسی نتایج مشاهده شده اندکی کمتر از میزان بیان شده است.

تولید و ترکیب‌های شیر و بازده غذایی

داده‌های مربوط به تولید و ترکیب‌های شیر، بازده غذایی و تغییرپذیری‌های وزن بدن در جدول ۵ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد، تولید شیر، تولید شیر تصحیح شده برای چربی، تولید و درصد چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد جامد بدون چربی و تغییرپذیری‌های وزن بدن تحت تأثیر تیمارهای

جدول ۵. تولید و ترکیب‌های شیر، تغییرپذیری وزن بدن و بازده غذایی گاوهای شیرده با تغذیه منابع‌های الیافی مختلف

Table 5. Milk yield and composition, BW, and feed efficiency in lactating cows fed different fiber sources

	Diets ¹				SEM	P-value
	AH	BP+WS	WS	TWS		
Yield, kg/d						
Milk	46.5	47.5	46.8	49.2	1.65	0.42
3.5% FCM	40.3	42.1	41.2	43.2	1.37	0.29
Fat	1.25	1.33	1.29	1.35	0.048	0.28
Protein,	1.32	1.35	1.32	1.40	0.047	0.27
Milk composition, %						
Fat,	2.66	2.76	2.77	2.71	0.069	0.44
Protein	2.84	2.84	2.83	2.85	0.039	0.79
Lactose,	4.41	4.38	4.40	4.42	0.072	0.87
Solid non fat	7.27	6.86	7.25	7.28	0.203	0.37
Fat to protein	0.938	0.975	0.978	0.951	0.027	0.44
Body weight change, kg/d	0.022	-0.423	-0.611	-0.363	0.232	0.31
Feed efficiency						
Milk yield/ DMI	1.92	1.80	1.76	1.80	0.086	0.08
FCM/DMI	1.65	1.59	1.55	1.58	0.067	0.23

۱. جیره‌های آزمایشی علوفه یونجه داشتند که با منابع‌های الیافی (۱) بدون محصول جانبی (شاهد)، (۲) کاه + تفالۀ، (۳) کاه، (۴) کاه فراوری شده جایگزین شده بودند.

۲. اشتباه معیار میانگین

۳. تولید شیر تصحیح شده برای چربی = $۳/۵\%$ = تولید چربی $\times ۱۶/۲۳$ + تولید شیر $\times ۰/۴۳۲$.

1. Experimental diets containing alfalfa hay that were replaced by 1) no by-products (control), 2) beet pulp+ wheat straw, 3) wheat straw and 4) treated wheat straw.

2. Standard error of mean

3. Yields of 3.5% FCM = $0.432 \times$ milk yield + $16.23 \times$ fat yield.

a-c) Least squares means within a row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

کردند. در این بررسی سطح uNDF مصرفی حدود ۰/۲۵ درصد وزن بدن بود.

نتیجه‌گیری

گاوهای شیرده پرتولید به دلیل نیازهای بالای غذایی به طور معمول با جیره‌های پرکنسانتره تغذیه می‌شوند. در این شرایط، توجه و تأمین سطح کمینه الیاف‌های مؤثر فیزیکی (peNDF) و هضم نشده (uNDF) برای حفظ عملکرد طبیعی شکمبه و سلامت و تولید حیوان بسیار اهمیت دارد. با توجه به توازن جیره‌ها بر مبنای ویژگی‌های الیاف‌ها در این آزمایش، اگرچه گاوهای تغذیه شده با منابع‌های الیافی جایگزین با سطح کنسانتره بیشتری تغذیه می‌شدند؛ ویژگی‌های تخمیری شکمبه و تولید تحت تأثیر قرار نگرفتند ولی گوارش پذیری و مصرف خوراک نسبت به جیره شاهد افزایش یافت. هرچند تغذیه جیره‌های حاوی منابع‌های الیافی جایگزین به جای علوفه یونجه منجر به کاهش متمایل در بازده شیر تولیدی خام شد. با توجه به جنبه‌های مثبت و منفی ناشی از جایگزینی یونجه در این بررسی، لزوم بررسی‌های بیشتری در مورد استفاده بهینه از منابع‌های پرالیاف به‌ویژه پسماندهای زراعی و

انجمن تحقیقات ملی (NRC, 2001) سطح الیاف‌های مؤثر فیزیکی ۲۲ درصد را برای حفظ pH شکمبه از اسیدوز (<math>P < 0.05</math>) بیان می‌کند. اگرچه میزان الیاف‌های مؤثر جیره‌های غذایی در این آزمایش (۲۰٪) تا حدودی معادل میزان‌های توصیه شده بود، اما چربی شیر به طور قابل توجهی کمتر از ۳/۴٪ بود. *Zebeli et al.* (2010) پس از بررسی رابطه بین pH شکمبه و الیاف‌های مؤثر فیزیکی بیان کردند، نیازهای الیاف مؤثر فیزیکی برای حفظ چربی شیر در سطح ۳/۴ درصد در جیره‌های بر پایه دانه ذرت، دانه ذرت پروطوبت (high moisture) و دانه جو به ترتیب بیش از ۲۳، ۲۶ و ۲۹ درصد است. گزارش‌های بعد (*Zebeli et al.*, 2012; *Humer et al.*, 2018) نیز مؤید سطح الیاف‌های مؤثر فیزیکی بالا (۳۲-۳۰٪) برای حفظ چربی شیر ۳/۴ درصد است. اسیدوز تحت بالینی سبب کاهش گوارش پذیری الیاف‌ها، مصرف خوراک، تولید شیر همراه با پاسخ‌های التهابی مانند آلبسه کبدی و لنگش است (*Krause & Oetzel*, 2006). *Fustini et al.* (2017) راهکار مطلوب برای حفظ سلامت شکمبه در جیره‌های با الیاف‌های مؤثر فیزیکی پائین را تغذیه ۰/۴۸ درصد وزن بدن الیاف‌های هضم نشده بیان

اصفهان - معاونت امور دام و دانشگاه صنعتی اصفهان
 به جهت تأمین مالی و شرایط لازم برای اجرای این
 آزمایش و به ویژه آقای مرتضی نعمتی دانشجوی
 دکتری برای اندازه‌گیری ویژگی‌های الیافی قدردانی
 می‌شود.

حفظ شرایط مطلوب شکمبه و بازده تولید شیر در
 سطح گسترده‌تر توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از مسئولان و محققان سازمان جهاد کشاورزی استان

REFERENCES

- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83, 1598-1624.
- Anonymous. (2015). *Agricultural Amarnameh* (2th ed.). Ministry of jihad-e-agriculture. verified 1 March 2015, available from <http://amar.maj.ir/dorsapax/userfiles/file/Amarnameh1008.pdf>. (in Farsi)
- Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official Methods of Analysis*. 13th ed. AOAC, Washington, DC.
- Cline, J. H., Hershberger, T. V. & Bentley, O. G. (1958). Utilization and/or synthesis of valeric acid during the digestion of glucose, starch and cellulose by rumenmicro-organism in vitro. *Journal of Animal Science*, 17, 284-292.
- Duffield, T., Plaizier, J. C., Fairfield, A., Bagg, R., Vessie, G., Dick, P., Wilson, J., Aramini, J. & McBride, B. (2004). Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 59-66.
- Eastridge, M. L. (2006). Major advances in applied dairy cattle nutrition. *Journal of Dairy Science*. 89(4), 1311-1323.
- Eastridge, M. L., Bucci, B. L. & Ribeiro C. V. D. M. (2009). Feeding equivalent concentrations of forage neutral detergent fiber from alfalfa hay, grass hay, wheat straw, and whole cotton seed in corn silage diets to lactating cows. *Animal Feed Science and Technology*, 150, 86-94.
- Evans, E. & Messerschmidt, U. (2017). Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1), 25.
- Ferraretto, L. F., Fonseca, A. C., Sniffen, C. J., Formigoni, A. & Shaver, R. D. (2015). Effect of corn silage hybrids differing in starch and neutral detergent fiber digestibility on lactation performance and total-tract nutrient digestibility by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 395-405.
- Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Tylutki, T. P., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E., Chase, L. E., Pell, A. N. & Overton, T. R. (2004). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, 112, 29-78.
- Fustini, M., Palmonari, A., Canestrari, G. & Formigoni, A. (2010). Balancing carbohydrate in dry rations for dairy cows. Pages 301-302 in Proc. *International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition*. Parma, Italy. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Fustini, M., Palmonari, A., Canestrari, G., Bonfante, E., Mammi, L., Pacchioli, M. T., Sniffen, G. C. J., Grant, R. J., Cotanch, K. W. & Formigoni, A. (2017). Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4475-4483.
- Ghasemi, E., Ghorbani, G. R. & Khorvash, M. (2016). Effect of feeding untreated straw or ensiled wheat straw treated with NaOH, molasses and wheat grain on performance of lactating dairy cows. *Animal Sciecn Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 112, 33-46.
- Humer, E., Petri, R. M., Aschenbach, J. R., Bradford, B. J., Penner, G. B., Tafaj, M., Südekum, K. H. & Zebeli, Q. (2018). Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 872-888.
- Kononoff, P. J. & Heinrichs, A. J. (2012). *Forage and TMR particle size and effects on rumen fermentation of dairy cattle*. August, 21, 2012. from <http://articles.extension.org/pages/11319/forage-and-tmr-particle-size-and-effects-on-rumen-fermentation-of-dairy-cattle>.
- Krause, K. M. & Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing ruminal acute acidosis in dairy herds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 126, 215-236.
- 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, 557-564.
- McBurney M. I., Van Soest P. J. & Chase L. E. (1983). Cation exchange capacity and buffering capacity of neutral detergent fibres. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 34, 910-916.

19. Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 1463-1481.
20. Mertens, D. R. (2016). Using uNDF to predict dairy cow performance and design rations. In *Proceedings of Four-State Dairy Nutrition and Management Conference*, Dubuque, IA. pp. 12-19. March 3, 2017, from http://www.wiagribusiness.org/fourstatedairy/2016/4_Mertens.pdf.
21. Naderi, N., Ghorbani, G. R., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Nasrollahi, S. M. & Beauchemin, K. A. (2016). Shredded beet pulp substituted for corn silage in diets fed to dairy cows under ambient heat stress: Feed intake, total-tract digestibility, plasma metabolites, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8847-8857.
22. National Research Council (NRC). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. (7th Rev. Ed.). Natl. Acad. Sci. (Washington DC).
23. Oba, M., & Allen, M. S. (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 589-596.
24. Omid-Mirzaee, H., Ghasemi, E., 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.
25. Palmonari, A., Gallo, A., Fustini, M., Canestrari, G., Masoero, F., Sniffen, C. J. & Formigoni, A. (2016). Estimation of the indigestible fiber in different forage types. *Journal of Animal Science*, 94(1), 248-254.
26. 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.
27. Shaver, R. D. & Hoffman, P. C. (2010). Use of straw in dairy cattle diets. Focus on Forage. Vol. 12. No. 2. University of Wisconsin Extension, Madison.
28. Shen, J.S., Chai, Z., Song, L.J., Liu, J. X. & Wu, Y.M. (2012). Insertion depth of oral stomach tubes may affect the fermentation parameters of ruminal fluid collected in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 5978-5984.
29. 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.
30. Voelker Linton, J. A. & Allen, M. S. (2003). Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 1. Effects on feed intake, chewing behavior, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86, 3542-3552.
31. Voelker Linton, J. A. & Allen, M. S. (2008). Nutrient demand interacts with forage family to affect intake and digestion responses in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 2694-2701.
32. Yang, W. Z. & Beauchemin, K. A. (2007). Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: digestion and milk production. *Journal of Dairy Science*, 90, 3410-3421.
33. Zebeli, Q., Tafaj, M., Steingass, H., Metzler, B. & Drochner, W. (2006). Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 89, 651-668.
34. Zebeli, Q., Mansmann, D., Ametaj, B. N., Steingass, H. & Drochner, W. (2010). A statistical model to optimize the requirements of lactating dairy cows for physically effective neutral detergent fibre. *Archive of Animal Nutrition*, 64, 265-278.
35. 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.