نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد 7، شماره 3، پاییز 1394، ص. 293-285

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 7, No. 3, Fall 2015, p. 285-293

گوارش‌پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای و عملکرد تولیدی در پاسخ به منبع دانه غله و مکمل روغن در جیره گاوهای شیری هلشتاین

شهریار کارگر[1*]- غلامرضا قربانی[2]- محمد خوروش[3]

تاریخ دریافت: 1392/08/17
تاریخ پذیرش: 1392/11/28

چکیده

اثرات منبع غله و مکمل روغن بر گوارش‌پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه و عملکرد تولیدی گاوهای شیری با استفاده از هشت رأس گاو هلشتاین چند بار زایش (1/3 ± 3/3) در قالب آزمایش فاکتوریل 2 × 2 و بر پایه طرح مربع لاتین (4 × 4) دو بار تکرار شده ارزیابی شدند. جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از: 1) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه جو در بخش کنسانتره با 2 درصد (بر اساس ماده خشک جیره) روغن ماهی؛ 2) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه جو در بخش کنسانتره با 2 درصد روغن سویا؛ 3) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه ذرت در بخش کنسانتره با 2 درصد روغن ماهی؛ و 4) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه ذرت در بخش کنسانتره با 2 درصد روغن سویا. ماده خشک مصرفی در جیره‌هایی بر پایه جو در مقایسه با جیره‌هایی بر پایه ذرت تمایل به افزایش داشت. این در حالی است که ماده خشک مصرفی در جیره‌های حاوی روغن ماهی در مقایسه با جیره‌های حاوی روغن سویا کاهش یافت. گوارش‌پذیری ظاهری ماده خشک و عصاره اتری در کل دستگاه گوارش در جیره‌هایی بر پایه ذرت در مقایسه با جیره‌هایی بر پایه جو بیش‌تر بودند. روغن ماهی گوارش‌پذیری ظاهری کربوهیدرات غیر الیافی و عصاره اتری را در مقایسه با روغن سویا کاهش داد. غلظت مولاری پروپیونات متأثر از اثر متقابل بین اثرات اصلی شد. در جیره‌هایی بر پایه جو در مقایسه با جیره‌هایی بر پایه ذرت، غلظت مولاری پروپیونات شکمبه گاوهای تغذیه شده با روغن سویا افزایش یافت. منبع غله تأثیری بر تولید شیر و ترکیبات آن نداشت. روغن ماهی در مقایسه با روغن سویا تولید شیر و ترکیبات آن را به طور منفی تحت تأثیر قرار داد. بین تیمارهای آزمایشی بازده خوراک بدون تغییر باقی ماند. نتایج نشان داد اثر متقابلی بین منبع غله و مکمل روغن بر عملکرد تولیدی گاوهای شیری وجود ندارد. تغذیه روغن ماهی در مقایسه با روغن سویا (اما نه تغییر دادن تخمیرپذیری جیره‌ها) با کم کردن ماده خشک مصرفی عملکرد تولیدی گاوهای شیری را تحت تأثیر قرار نداد.

واژه‌های کلیدی: دانه جو، دانه ذرت، روغن سویا، روغن ماهی، گاو شیری.

مقدمه

گاوهای شیری پرتولید به منظور تأمین نیازهای مواد مغذی‌شان نیازمند مقادیر زیادی کنسانتره غنی از انرژی و پروتئین هستند. دانه غلات و مکمل چربی به طور معمول به منظور افزایش تراکم انرژی جیره‌های تغذیه شده به گاوهای شیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دام‌های تغذیه شده با جیره‌های پر غله، خوراندن دانه جو به دلیل نرخ سریع تخمیر آن در مقایسه با دانه ذرت می‌تواند موجب رخداد ناهنجاری‌های گوارشی گردد. در حدود 80 تا 90 درصد نشاسته دانه غلاتی مانند جو و گندم در شکمبه گوارش می‌شود، در حالی که این میزان در مورد دانه غلاتی مانند سورگوم و ذرت بین 55 تا 70 درصد می‌باشد (16). بنابراین، در مقایسه با دانه جو سهم بیش‌تری از نشاسته دانه ذرت ممکن است به روده باریک برسد. از نظر تئوری پذیرفته شده که گوارش و به عبارتی بازدهی مصرف انرژی قابل سوخت و ساز از منبع نشاسته در روده باریک نسبت به زمانی که نشاسته در شکمبه به اسیدهای چرب فرار تبدیل می‌شود، بیشتر است (18). بر این اساس، انتظار می‌رود ماده خشک مصرفی و تولید شیر در گاوهای تغذیه شده با جیره بر پایه دانه ذرت بیشتر باشد. به هر حال، در پژوهش‌های پیشین انجام گرفته منبع دانه غله (دانه جو در مقایسه با دانه ذرت) علی‌رغم تحت تأثیر قرار ندادن گوارش‌پذیری مواد مغذی منجر به پاسخ‌های متفاوت در ماده خشک مصرفی و تولید شیر شده

1- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز،
2- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان،
3- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.
(* نویسنده مسئول: kargar@shirazu.ac.ir)

است. در چندین پژوهش (11، 14، 20) ماده خشک مصرفی کم‌تری برای گاوهای تغذیه شده با جیره بر پایه جو در مقایسه با جیره بر پایه ذرت گزارش شده است. در سایر پژوهش‌ها (4، 5، 19) تفاوتی در ماده خشک مصرفی بین دو غله مشاهده نکردند. مانند ماده خشک مصرفی گزارش‌های ضد و نقیضی راجع به اثر منبع غله بر عملکرد گاوهای شیری وجود دارد. بر اساس پژوهش‌های پیشین (4، 14، 19) خوراندن دانه جو به جای دانه ذرت تأثیری بر عملکرد تولیدی نداشته اما کاهش تولید شیر در سایر پژوهش‌ها گزارش شده است (5، 20). برخی پرورش‌دهندگان گاوهای شیری در استفاده از منابع چربی غیر اشباعی مانند روغن زرد (روغن ضایعاتی رستوران‌ها و قنادی‌ها)، روغن سویا و روغن ماهی که نسبت به سایر منابع چربی در دسترس‌تر و ارزان‌تر هستند، تنها به این خاطر که معتقدند این محصولات به دلیل تداخل در تخمیرات شکمبه‌ای و هضم الیاف منجر به کاهش ماده خشک مصرفی و تولید شیر می‌شوند، رغبتی از خود نشان نمی‌دهند. به هر حال، در چندین پژوهش انجام گرفته اخیر نشان داده شده است که منابع چربی غیر اشباعی مانند روغن زرد (9، 10) و روغن سویا و روغن ماهی (1، 3، 6) توانستند با کم‌ترین اثر سوء بر تخمیرات شکمبه عملکرد تولیدی گاوهای شیری را حفظ کرده یا بهبود ببخشند. در پژوهش‌های نسبتاً محدودی اثر متقابل بین منبع نشاسته و مکمل روغن بر عملکرد تولیدی، گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیری در شکمبه مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در پژوهشی گوژو و همکاران (8) با تغییر دادن تخمیرپذیری جیره‌ها (دانه جو غلطک خورده در مقابل دانه جو حبه شده) و استفاده از دو منبع دانه روغنی (دانه کامل کانولا در مقابل دانه کامل بذرک) اثر متقابلی بر روی ماده خشک مصرفی، تولید شیر، گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای مشاهده نکردند اما تولید چربی و پروتئین شیر تحت تأثیر اثر متقابل بین اثرات اصلی قرار گرفت. با توجه به عدم یکنواختی در نتایج پژوهش‌های پیشین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر منبع غله (دانه جو در مقابل دانه ذرت) و نوع مکمل روغن (روغن ماهی در مقابل روغن سویا) بر پاسخ‌های عملکردی، گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای گاوهای شیری هلشتاین بود.

مواد و روش‌ها

دام‌ها، طرح آزمایش و تیمارها

در این آزمایش از 8 رأس گاو هلشتاین چند شکم زا (3/3 ± 1/3) با میانگین روزهای شیردهی 22/1 ± 76/9 و تولید شیر 7/0 ± 46/3 کیلوگرم در روز (در ابتدای ورود به طرح) استفاده شد. این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل 2 × 2 و بر پایه طرح مربع لاتین دو بار تکرار شده، با 4 تیمار طراحی و اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از 1) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه جو در بخش کنسانتره با 2 درصد (بر اساس ماده خشک جیره) روغن ماهی (BF)؛ 2) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه جو در بخش کنسانتره با 2 درصد روغن سویا (BS)؛ 3) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه ذرت در بخش کنسانتره با 2 درصد روغن ماهی (CF)؛ و 4) جیره‌ای بر پایه 100 درصد دانه ذرت در بخش کنسانتره با 2 درصد روغن سویا (CS) (جدول 1). دانه‌های جو و ذرت به این دلیل انتخاب شدند که در ایران و در بسیاری از مناطق دنیا یکی از این دو غله یا ترکیبی از آن‌ها به عنوان منبع اصلی انرژی در جیره گاوهای شیری استفاده می‌شود. دانه‌های جو و ذرت با استفاده از آسیاب چکشی با اندازه منافذ 3 میلی‌متر آسیاب شدند (مدل GEN 5543، اصفهان دشت، اصفهان، ایران). جیره‌های آزمایشی به ترتیب دارای 28/5 و 31/2 درصد دانه ذرت و دانه جو به عنوان تنها منبع غله در بخش کنسانتره بودند. منابع غله (دانه‌های جو و ذرت) استفاده شده در این پژوهش از واریته‌های خارجی بودند. منابع اصلی پروتئین جیره‌های آزمایشی کنجاله سویا، کنجاله کانولا و کنجاله گلوتن ذرت بودند (جدول 1). مقدار انرژی کنجاله سویا در مقایسه با کنجاله کانولا و نیز دانه ذرت در مقایسه با دانه جو بیش‌تر است. بنابراین، کنجاله سویا و دانه ذرت انرژی قابل سوخت و ساز بیش‌تری برای تولید شیر فراهم می‌کنند (17). به خاطر این که جیره‌ها از نظر میزان انرژی به هم نزدیک‌تر باشند از کنجاله سویا در جیره‌هایی بر پایه دانه جو و از کنجاله کانولا در جیره‌هایی بر پایه دانه ذرت به طور عمده استفاده شد (4). هم‌چنین، هیچ اثر متقابلی بین منبع غله و مکمل پروتئینی بر خوراک مصرفی، تولید شیر و ترکیبات آن و نیز گوارش‌پذیری مواد مغذی گزارش نشده نداشته است (5). در پژوهشی هم که اخیراً به انجام رسیده، ماکسین و همکاران (12) با جایگزینی کامل کنجاله سویا به جای کنجاله کانولا در جیره گاوهای شیری تغییری در ماده خشک مصرفی، تولید شیر و ترکیبات آن گزارش نکردند. بنابراین، تأثیرپذیری نتایج به دست آمده از این پژوهش که بتواند ناشی از تفاوت در مقدار و نوع مکمل پروتئینی استفاده شده در جیره‌ها باشد به کمینه میزان خود می‌رسد. جیره‌ها با نسخه پنجم نرم افزار جیره‌نویسی CNCPS متوازن شدند. نسبت علوفه به کنسانتره در تمامی جیره‌ها ثابت و برابر 40 به 60 بود. گاوها در جایگاه‌های انفرادی به ابعاد 4 × 4 متر مربع نگهداری می‌شدند. بستر آن‌ها پوشیده از خاک اره و تراشه چوب بود و دو بار در روز تعویض می‌شد. پیش از شروع دوره‌های آزمایشی گاوها به مدت دو هفته به جایگاه انفرادی عادت داده شدند. گاوها در طول آزمایش دسترسی آزاد به آب داشته و در حد اشتها به صورت جیره‌های کاملاً مخلوط تغذیه (00 :09 صبح و 00 :15 بعد از ظهر) می‌شدند. طول هر دوره 25 روز بود که هجده روز اول به عادت‌دهی جیره‌های آزمایشی و هفت روز آخر به نمونه‌گیری اختصاص داده شدند.

جدول 1– اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی بر اساس ماده خشک

Table 1- Ingredients and chemical composition of experimental diets on DM basis

ترکیب شیمیایی، درصد ماده خشک Ingredient composition, % of DM	جیره‌های آزمایشی[1] Diet[1]			
	BF	BS	CF	CS
سیلاژ ذرت Corn silage	19.00	19.00	19.00	19.00
علف خشک یونجه Alfalfa hay	21.00	21.00	21.00	21.00
تفاله چغندر قند Beet pulp	4.22	4.22	4.22	4.22
دانه جو Barley grain	33.20	33.20	–	–
دانه ذرت Corn grain	–	–	28.50	28.50
کنجاله سویا Soybean meal	14.02	14.02	2.45	2.45
کنجاله کانولا Canola meal	2.50	2.50	17.80	17.80
کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal	0.96	0.96	1.93	1.93
روغن ماهی Fish oil	2.00	–	2.00	–
روغن سویا Soybean oil	–	2.00	–	2.00
متیونین محافظت شده (میران) Mepron[2]	0.05	0.05	0.05	0.05
بی‌کربنات سدیم Sodium–bicarbonate	0.75	0.75	0.75	0.75
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.65	0.65	0.65	0.65
پیش مخلوط ویتامین E Vitamin E premix[3]	0.10	0.10	0.10	0.10
پیش مخلوط ویتامین A، D_3 و E Vitamin A, D_3, and E premix[4]	1.18	1.18	1.18	1.18
نمک Salt	0.42	0.42	0.42	0.42
ترکیب شیمیایی Chemical composition				
ماده خشک DM, %	54.61	55.42	54.05	54.48
پروتئین خام CP, % of DM	16.04	15.88	15.76	15.78
کربوهیدرات غیر الیافی NFC, % of DM[5]	38.12	38.58	40.68	40.70
الیاف نامحلول در شوینده خنثی				

ادامه جدول 1

Continuation Table 1

NDF, % of DM عصاره اتری	32.23	32.05	29.92	29.48
Ether extract, % of DM خاکستر	4.08	4.08	4.94	4.85
Ash, % of DM انرژی خالص شیردهی	9.46	9.41	8.70	8.67
NE_L, Mcal/kg of DM[6]	1.70	1.70	1.72	1.72

BF[1]: جیره پایه جو مکمل شده با روغن ماهی، BS: جیره پایه جو مکمل شده با روغن سویا، CF: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن ماهی و CS: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن سویا.

[6] محاسبه شده بر اساس NRC (2001)

[1]BF: barley-based diet supplemented with fish oil, BS: barley-based diet supplemented with soybean oil, CF: corn-based diet supplemented with fish oil and CS: corn-based diet supplemented with soybean oil.
[2]Mepron® M85 (M85; Degussa AG, Hanau, Germany).
[3]Contains 500,000 IU of vitamin E per kilogram.
[4]Contains 15,000,000 IU of vitamin A; 400,000 IU of vitamin D_3, and 6000 IU of vitamin E per kilogram.
[5]NFC = 100 − (CP + NDF + ether extract + ash).
[6]Calculated from NRC (2001)

نمونه‌گیری از خوراک و مدفوع و تجزیه آزمایشگاهی

به منظور تعیین ماده خشک مصرفی مقدار خوراک عرضه شده و باقیمانده آن روزانه برای هر گاو ثبت می‌شد. جهت تعیین ماده خشک و ترکیبات شیمیایی نمونه‌هایی از خوراک و باقیمانده خوراک مربوط به هر گاو بلافاصله پیش از وعده خوراک‌دهی صبح در پنج روز انتهایی هر دوره آزمایشی گرفته شدند و تا انجام تجزیه آزمایشگاهی در فریزر 20 - درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از یخ‌گشایی، میزان ماده خشک جیره‌ها و باقیمانده خوراک در آونی با دمای 60 درجه سانتی‌گراد و زمان 48 ساعت تعیین شد. نمونه‌های خشک شده توسط آسیاب وایلی با غربالی با قطر منافذ 1 میلی‌متر آسیاب شدند. پنج روز آخر هر دوره، نمونه مدفوع هر گاو از طریق مقعد گرفته شده و بلافاصله به فریزر 20 - درجه سانتی‌گراد منتقل شد. پس از یخ‌گشایی، نمونه‌ها در آونی با دمای 60 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت خشکانده شده و توسط آسیاب وایلی با غربالی با قطر منافذ 1 میلی‌متر آسیاب شدند. پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت (100 میکرولیتر به ازای 0/5 گرم نمونه) و سولفیت سدیم) و اسیدی، عصاره اتری و خاکستر نمونه‌های خوراک و مدفوع در 3 تکرار تعیین شدند (9). میزان کربوهیدرات غیر الیافی نیز با تفریق حاصل جمع پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، عصاره اتری و خاکستر از 100 محاسبه گردید. از خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر داخلی جهت تعیین گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش استفاده شد (22).

نمونه‌گیری از مایع شکمبه و تعیین اسیدهای چرب فرار

مایع شکمبه چهار ساعت بعد از وعده خوراک‌دهی صبح در روز آخر هر دوره آزمایشی با روش لوله معدی گرفته شد. نمونه با پارچه متقال چهار لایه صاف گردید و به منظور توقف تخمیر به هر میلی‌لیتر آن 20 میکرولیتر اسید سولفوریک 50 درصد اضافه شده و داخل لوله فالکون 50 سی‌سی در فریزر 20 - درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. اسیدهای چرب فرار نمونه‌ها پس از یخ‌گشایی و آماده سازی توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی (CP-9002 Vulcanusweg 259 a.m., Chrompack, Delft, the Netherlands) تعیین شد (9).

تولید شیر و تعیین ترکیبات آن

گاوها 3 بار در روز در ساعات 00 :02، 00 :10 و 00 :18 شیردوشی می‌شدند. شیر تولیدی در هر وعده شیردوشی ثبت شده و از آن نمونه‌گیری (داخل ظروف پلاستیکی 50 سی‌سی از پیش بر چسب زده شده حاوی دی کرومات پتاسیم) می‌شد. نمونه‌های مربوط به هر گاو بر اساس میزان شیر تولیدی همان روز مخلوط شده و برای تعیین میزان پروتئین، چربی، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد با دستگاه میلکواسکن (MilkoScan 134 BN; Foss Electric, Hillerød, Denmark) به آزمایشگاه شیر دانشگاه صنعتی اصفهان ارسال می‌شد. تولید پروتئین، چربی، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد بر اساس شیر تولیدی و درصد آن ترکیبات در شیر محاسبه گردید.

واکاوی آماری داده

داده‌های مربوط به هر دوره پس از میانگین‌گیری با رویه مدل مختلط نرم افزار آماری SAS (نسخه نهم) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مدل شامل اثر مربع، دوره داخل مربع، گاو داخل مربع، تیمار (منبع غله و مکمل روغن) و اثر متقابل بین منبع غله (دانه جو در

مقابل دانه ذرت) و مکمل روغن (روغن ماهی در مقابل روغن سویا) بود. گاو داخل مربع به عنوان اثر تصادفی و مربع، دوره داخل مربع و تیمار به عنوان اثرات ثابت در مدل در نظر گرفته شدند. برای تخمین میانگین حداقل مربعات و نیز محاسبه درجه آزادی خطا به ترتیب از روش‌های حداکثر درست نمایی محدود شده (REML) و کنوارد-روگر (Kenward-Roger) استفاده شد. توزیع نرمال داده‌ها و همگنی واریانس برای باقیمانده‌ها با رویه UNIVARIATE مورد آزمون قرار گرفت. اثرات عوامل مذکور در مدل در سطح احتمال کم‌تر یا مساوی 0/05 معنی‌دار تلقی شدند و تمایل به معنی‌داری در سطح احتمال 0/10 - 0/05 بحث شد.

نتایج و بحث

مصرف خوراک، تولید و ترکیب شیر

اثر متقابل بین منبع غله و مکمل روغن بر خوراک مصرفی، تولید و ترکیب شیر و بازده خوراک معنی‌دار نبود (جدول 2). ماده خشک مصرفی در جیره‌هایی بر پایه جو در مقایسه با جیره‌هایی بر پایه ذرت تمایل به افزایش داشت (P=0/09). منبع غله اثرات ناهمگونی بر ماده خشک مصرفی گاوهای شیری دارد (14، 19، 20). جایگزینی دانه جو به جای دانه ذرت در جیره‌هایی با علف یونجه و پوسته پنبه دانه، تمایل داشت ماده خشک مصرفی و گوارش‌پذیری الیاف را افزایش دهد (18). به هر حال، در پژوهش حاضر تفاوتی در گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین دانه جو و دانه ذرت وجود نداشت.

در این پژوهش خوراندن روغن ماهی در مقایسه با روغن سویا ماده خشک مصرفی (21/1 در مقابل 24/3 کیلوگرم بر روز) و به تبع آن انرژی خالص مصرفی (36/1 در مقابل 41/5 مگاکالری بر روز) را 13 درصد کاهش داد (P< 0/01). خوراندن جیره‌ای حاوی 2 درصد روغن ماهی در مقایسه با 2 درصد روغن سویا حاصل از دانه سویای اکسترود شده باعث کاهش خوراک مصرفی در گاوهای شیری شد (23). اسیدهای چرب با چند پیوند دو گانه می‌توانند باعث تغییراتی در محیط شکمبه شده و از طریق مهار سیستم تنفسی و تجزیه سلول‌های باکتریایی جمعیت میکروبی شکمبه را تغییر بدهند که این خود می‌تواند باعث کاهش گوارش‌پذیری الیاف و نیز کاهش خوراک مصرفی شود (21). به هر حال، در پژوهش حاضر تغییری در گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین دو مکمل روغن مشاهده نشد (48/2 و 47/2 درصد به ترتیب برای روغن ماهی و روغن سویا). در پژوهشی توسط دُرئا و شیلارد (7)، خوراندن یا تزریق شکمبه‌ای روغن ماهی گوارش‌پذیری ماده آلی و الیاف را افزایش داد که این امر را مرتبط با کاهش خوراک مصرفی و افزایش سویه‌هایی از باکتری‌های سلولولایتیک دانستند.

شیر خام تولیدی و نیز شیر تصحیح شده برای انرژی تحت تأثیر منبع غله قرار نگرفتند که هم‌سو با یافته‌های گزارش شده پیشین (14، 19) و ناهم‌سو با یافته‌های کاسپر و همکاران (5) و سیلویرا و همکاران (20) است، به طوری که این پژوهشگران شیر تولیدی بیش‌تری برای گاوهای تغذیه شده با جیره‌های بر پایه ذرت گزارش کردند. درصد و تولید ترکیبات شیر مانند چربی، پروتئین، لاکتوز و کل مواد جامد شیر متأثر از منبع غله جیره نشدند که هم‌سو با یافته‌های سایر پژوهشگران است (11، 19).

روغن ماهی تولید شیر خام و شیر تصحیح شده برای انرژی و نیز تولید تمام ترکیبات شیر را به طور معنی‌داری در مقایسه با روغن سویا کاهش داد. هم‌چنین، روغن ماهی در مقایسه با روغن سویا درصد چربی و کل مواد جامد شیر را کاهش داد (P < 0/01). پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که خوراندن روغن ماهی می‌تواند باعث کاهش تولید شیر و نیز شیر تصحیح شده برای انرژی شود (2، 6، 23). ناهم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر، دُنووان و همکاران (6) کاهشی در تولید شیر با خوراندن روغن ماهی تا 3 درصد ماده خشک جیره مشاهده نکردند. هم‌چنین، ابوغزاله و همکاران (1) تفاوتی در ماده خشک مصرفی و تولید شیر در گاوهای تغذیه شده با 2 درصد روغن ماهی در مقایسه با 2 درصد روغن سویای حاصل از دانه سویای اکسترود شده گزارش نکردند. در پژوهشی دیگر، علی‌زاده و همکاران (3) عدم کاهش در شیر تولیدی را علی‌رغم کاهش در خوراک مصرفی گزارش کردند. آن طوری که انتظار می‌رفت درصد چربی شیر به طور چشم‌گیری با تغذیه روغن ماهی کاهش یافت که هم‌سو با یافته‌های سایر پژوهشگران بود (2، 3، 23). زمانی که روغنی با منشاء دریایی تغذیه می‌شود، آخرین مرحله هیدروژن شدن *trans*-C18:1 به اسید استئاریک مهار شده و منجر به افزایش چشم‌گیر در غلظت *trans*-C18:1 و نیز کاهش در فراهمی اسید استئاریک برای ساخت پستانی اسید اولئیک می‌شود و از این طریق باعث کاهش چربی شیر می‌شود (3). اما به هر حال، کاهش برداشت اسیدهای چرب از پلاسما توسط غدد پستانی و یا تنظیم مستقیم بیان چندین ژن دخیل در ساخت چربی شیر یا هر دو مورد از سایر ساز و کارهای مطروحه در این خصوص می‌باشند (2). در نتیجه‌ی کاهش تولید شیر، مقدار چربی، پروتئین و کل مواد جامد شیر گاوهای تغذیه شده با روغن ماهی کاهش یافت (P< 0/01). کاهش تولید پروتئین شیر با تغذیه روغن ماهی هم‌سو با یافته‌های سایر پژوهشگران بود (2، 6، 23) اما دُنووان و همکاران (6) کاهشی در تولید پروتئین شیر با تغذیه روغن ماهی تا 3 درصد ماده خشک جیره گزارش نکردند. هم‌چنین، ابوغزاله و همکاران (1) هم تغییری در درصد و تولید پروتئین شیر با تغذیه 2 درصد روغن ماهی در مقایسه با 2 درصد روغن سویای حاصل از دانه سویای اکسترود شده گزارش نکردند. این پژوهشگران بیان کردند که برای کاهش پروتئین شیر با تغذیه منبع چربی چندین هفته زمان لازم است و ممکن است که در طرح‌های کوتاه مدت مانند طرح مربع لاتین که دوره‌های آزمایشی کوتاه هستند این کاهش قابل تشخیص

نباشد. برای بازده خوراک که به صورت کیلوگرم شیر تصحیح شده برای انرژی بر ماده خشک مصرفی یا انرژی خالص مصرفی محاسبه شد، تحت تأثیر منبع غله، مکمل روغن و اثر متقابل بین آن‌ها قرار نگرفت.

جدول 2– اثر منبع غله و مکمل روغن بر ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیبات شیر و بازده خوراک

Table 2- Dry matter intake, milk yield and milk composition, and feed efficiency as influenced by grain and oil sources

مورد Item	جیره‌های آزمایشی Diet[1]					*P-value*[2]		
	BF	BS	CF	CS	SE	Grain	Oil	Grain×Oil
ماده خشک مصرفی DM intake, kg/d	21.7	24.6	20.5	24.0	0.74	0.09	<0.01	0.54
انرژی خالص شیردهی مصرفی NE_L intake, Mcal/d	36.8	41.8	35.3	41.2	1.26	0.23	<0.01	0.59
تولید (Yield, kg/d)								
شیر خام Actual milk	40.6	44.4	40.1	42.4	1.78	0.27	0.01	0.54
شیر تصحیح شده برای انرژی ECM[3]	33.7	40.3	33.2	39.1	1.98	0.47	<0.01	0.73
چربی شیر Fat	0.91	1.28	0.90	1.24	0.08	0.64	<0.01	0.77
پروتئین شیر Protein	1.23	1.33	1.22	1.33	0.05	0.72	0.007	0.91
لاکتوز شیر Lactose	2.31	2.55	2.28	2.39	0.09	0.18	0.01	0.35
کل مواد جامد شیر Total solids	4.55	5.19	4.48	4.99	0.22	0.32	<0.01	0.34
ترکیب شیر (Composition, %)								
Fat	2.24	2.89	2.25	2.91	0.14	0.91	<0.01	0.98
Protein	3.04	3.00	3.02	3.14	0.05	0.30	0.47	0.21
Lactose	5.68	5.74	5.69	5.65	0.05	0.25	0.94	0.15
Total solids	11.18	11.70	11.16	11.82	0.10	0.56	<0.01	0.47
بازده خوراک Feed efficiency								
Milk yield/DMI	1.89	1.80	1.98	1.79	0.06	0.37	0.003	0.24
ECM/DMI	1.39	1.50	1.46	1.49	0.06	0.57	0.22	0.43

BF[1]: جیره پایه جو مکمل شده با روغن ماهی، BS: جیره پایه جو مکمل شده با روغن سویا، CF: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن ماهی و CS: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن سویا

[1]BF: barley-based diet supplemented with fish oil, BS: barley-based diet supplemented with soybean oil, CF: corn-based diet supplemented with fish oil and CS: corn-based diet supplemented with soybean oil.

[2]Grain = source of dietary grain (barley vs. corn); Oil = source of supplemental oil (fish vs. soy); Grain × Oil = interaction.

[3]ECM = energy–corrected milk (0.3246 × [milk yield (kg/d)] + 12.99 × [fat yield (kg/d)] + 7.04 × [protein yield (kg/d)]).

گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش

گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش تحت تأثیر اثر متقابل بین منبع غله و مکمل روغن قرار نگرفت (جدول 3). گوارش‌پذیری ظاهری ماده خشک (66/4 در مقابل 69/8 درصد) و عصاره اتری (69/8 در مقابل 73/3 درصد) در جیره‌هایی بر پایه جو در مقایسه با جیره‌هایی بر پایه ذرت کم‌تر بود (P< 0/05). با این وجود، گوارش‌پذیری ظاهری پروتئین خام، کربوهیدرات غیر الیافی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی متأثر از منبع غله در جیره نشد. در پژوهش‌های پیشین، گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش یا تحت تأثیر منبع غله قرار نگرفته (11، 13) و یا به طور معنی‌داری در جیره‌هایی بر پایه جو افزایش پیدا کرده است (19). کاهش در گوارش‌پذیری ماده خشک در جیره‌هایی بر پایه جو می‌تواند ناشی از کمی درصد عصاره اتری و نیز گوارش‌پذیری کم‌تر آن در این جیره‌ها باشد (15). عصاره اتری بخشی از ماده خشک محسوب می‌شود و در بین مواد مغذی که گوارش‌پذیری‌شان اندازه‌گیری شده، فقط گوارش‌پذیری عصاره اتری در جیره‌هایی بر پایه دانه جو کاهش

یافته است. از این رو، منطقی است که کاهش در گوارش‌پذیری ماده خشک را به کاهش در گوارش‌پذیری عصاره اتری در جیره‌هایی بر پایه دانه جو نسبت داد.

گوارش‌پذیری ظاهری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی تحت تأثیر مکمل روغن قرار نگرفت، اما گوارش‌پذیری ظاهری کربوهیدرات غیر الیافی و عصاره اتری در جیره‌های حاوی روغن ماهی در مقایسه با جیره‌های حاوی روغن سویا به ترتیب تمایل به افزایش (P=0/07) داشته و افزایش یافت (P= 0/03). این افزایش در گوارش‌پذیری را می‌توان به کاهش خوارک مصرفی و افزایش زمان ماندگاری خوراک در دستگاه گوارش ربط داد (7).

جدول 3- اثر منبع غله و مکمل روغن بر گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش (%)

Table 3- Apparent total tract nutrient digestibility (%) as influenced by grain and oil sources

مورد Item	جیره‌های آزمایشی[1] Diet[1]				*P-value*[2]			
	BF	BS	CF		BF	BS	CF	
ماده خشک DM	67.5	65.2	70.1	69.4	1.93	0.05	0.36	0.64
پروتئین خام CP	65.8	64.1	66.5	65.3	2.34	0.65	0.50	0.93
کربوهیدرات غیر الیافی NFC	91.7	89.3	91.7	91.3	0.76	0.17	0.07	0.18
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	48.1	46.9	48.3	47.4	2.47	0.89	0.65	0.95
عصاره اتری EE	70.7	68.7	80.8	65.7	1.62	<0.01	0.03	0.34

[1]BF: جیره پایه جو مکمل شده با روغن ماهی، BS: جیره پایه جو مکمل شده با روغن سویا، CF: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن ماهی و CS: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن سویا

[1]BF: barley-based diet supplemented with fish oil, BS: barley-based diet supplemented with soybean oil, CF: corn-based diet supplemented with fish oil and CS: corn-based diet supplemented with soybean oil.

[2]Grain = source of dietary grain (barley vs. corn); Oil = source of supplemental oil (fish vs. soy); Grain × Oil = interaction.

جدول 4- اثر منبع غله و مکمل روغن بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه

Table 4- Rumen fermentation characteristics as influenced by grain and oil sources

مورد Item	جیره‌های آزمایشی[1] Diet[1]				*P-value*[2]			
	BF	BS	CF		BF	BS	CF	
pH مایع شکمبه Rumen fluid pH	6.34	6.25	6.43	6.27	0.06	0.35	0.04	0.53
کل اسیدهای چرب فرار Total VFA, *mM*	103.8	101.3	97.3	101.5	4.09	0.33	0.79	0.32
استات Acetate, *mM*	68.6	64.6	64.9	66.6	2.67	0.73	0.67	0.30
پروپیونات Propionate, *mM*	22.7^{ab}	25.4^{b}	22.2^{ab}	21.0^{a}	1.53	0.03	0.48	0.09
بوتیرات Butyrate, *mM*	13.2	10.7	12.9	12.1	1.12	0.63	0.14	0.44
نیتروژن آمونیاکی NH_3-N, mg/dL	17.2	15.8	16.0	16.6	0.89	0.80	0.54	0.13

[1]BF: جیره پایه جو مکمل شده با روغن ماهی، BS: جیره پایه جو مکمل شده با روغن سویا، CF: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن ماهی و CS: جیره پایه ذرت مکمل شده با روغن سویا.

[1]BF: barley-based diet supplemented with fish oil, BS: barley-based diet supplemented with soybean oil, CF: corn-based diet supplemented with fish oil and CS: corn-based diet supplemented with soybean oil.

[2]Grain = source of dietary grain (barley vs. corn); Oil = source of supplemental oil (fish vs. soy); Grain × Oil = interaction.

فراسنجه‌های تخمیر شکمبه

فراسنجه‌های تخمیر شکمبه تحت تأثیر اثر متقابل بین منبع غله و مکمل روغن قرار نگرفت (جدول 4). به خاطر کاهش خوراک مصرفی در گاوهای تغذیه شده با روغن ماهی pH مایع شکمبه به طور معنی‌داری در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با روغن سویا بالاتر بود (6/38 در مقابل 6/26؛ P= 0/04). به هر حال، هم‌سو با یافته‌های سایر پژوهشگران (11، 13، 14) این فراسنجه تحت تأثیر منبع غله در جیره‌ها قرار نگرفت.

غلظت مولاری کل اسیدهای چرب فرار تولید شده، استات، بوتیرات و نیز غلظت نیتروژن آمونیاکی تحت تأثیر منبع غله و مکمل روغن قرار نگرفتند. اثر متقابل بین منبع غله و مکمل روغن بر غلظت مولاری پروپیونات تمایل به معنی‌داری داشت (P= 0/09). در جیره‌هایی بر پایه جو در مقایسه با جیره‌هایی بر پایه ذرت غلظت مولاری پروپیونات فقط در گاوهای تغذیه شده با روغن سویا که مصرف خوراک بیش‌تری نیز داشتند، افزایش پیدا کرد. به خوبی ثابت شده که نشاسته دانه جو به طور کامل و با سرعت بیش‌تری نسبت به نشاسته دانه ذرت در شکمبه تجزیه می‌شود و تفاوت در تجزیه‌پذیری بین این دو غله با تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بین آن‌ها قابل توجیه است (14). محصولات فرآیند تخمیر در شکمبه بستگی به ترکیب جیره دارد. در کل، تخمیر کربوهیدرات‌های ساختاری باعث افزایش تولید استات و کاهش تولید پروپیونات می‌شود ولی این در حالی است که در مقایسه با آن تخمیر نشاسته باعث تولید مقدار بیش‌تری پروپیونات می‌شود. بنابراین، نرخ بالاتر گوارش‌پذیری دانه جو در مقایسه با دانه ذرت و نیز خوراک مصرفی بیش‌تر در گاوهای تغذیه شده با روغن سویا در مقایسه با روغن ماهی را می‌توان عامل افزایش پروپیونات در شکمبه دانست (13، 14).

نتیجه‌گیری

در کل، تغذیه روغن ماهی در مقایسه با روغن سویا خوراک مصرفی و انرژی دریافتی گاوها را با کاهش گوارش‌پذیری کربوهیدرات غیر الیافی و عصاره اتری کم کرده و پاسخ‌های تولیدی را به طور منفی تحت تأثیر قرار داد. این پاسخ‌های تولیدی به مکمل روغن مستقل از اثر منبع غله بود. تغییر در تخمیرپذیری جیره‌ها با جایگزینی دانه غله تأثیری بر خوراک مصرفی و گوارش‌پذیری مواد مغذی و در نتیجه تولید شیر و ترکیبات آن نداشت. غلظت مولاری پروپیونات متأثر از اثر متقابل بین منبع غله و مکمل روغن شد، اما گوارش‌پذیری مواد مغذی و پاسخ‌های تولیدی تحت تأثیر آن نبودند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را به صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (با شماره طرح 90000943) و دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تأمین هزینه این پژوهش ابراز می‌دارند.

منابع

1. AbuGhazaleh, A. A., D. J. Schingoethe, A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, and L. A. Whitlock. 2002. Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. Journal of Dairy Science, 85:2266–2276.
2. Ahnadi, C. E., N. Beswick, L. Delbecchi, J. J. Kenelly, and P. Lacasse. 2002. Addition of fish oil to diets for dairy cows. II. Effects on milk fat and gene expression of mammary lipogenic enzymes. Journal of Dairy Research, 69:521–531.
3. Alizadeh, A. R., M. Alikhani, G. R. Ghorbani, H. R. Rahmani, L. Rashidi, and J. J. Loor. 2012. Effects of feeding roasted safflower seeds (variety IL-111) and fish oil on dry matter intake, performance and milk fatty acid profiles in dairy cattle. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 96:466–473.
4. Beauchemin, K. A. and L. M. Rode. 1997. Minimum versus optimum concentrations of fiber in dairy cow diets based on barley silage and concentrates of barley or corn. Journal of Dairy Science, 80:1629–1639.
5. Casper, D. P., H. A. Maiga, M. J. Brouk, and D. J. Schingoethe. 1999. Synchronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rates in dairy cows. Journal of Dairy Science, 82:1779–1790.
6. Donovan, D. C., D. J. Schingoethe, R. J. Baer, J. Ryali, A. R. Hippen, and S. T. Franklin. 2000. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 83:2620–2628.
7. Doreau, M. and Y. Chilliard. 1997. Effects of ruminal or postruminal fish oil supplementation on intake and digestion in dairy cows. Reproduction Nutrition Development, 37:113–124.
8. Gozho, G. N., M. R. Hobin, and T. Mutsvangwa. 2008. Interactions between barley grain processing and source of supplemental dietary fat on nitrogen metabolism and urea-nitrogen recycling in dairy cows. Journal of Dairy Science, 91:247–259.
9. Kargar, S., G. R. Ghorbani, M. Alikhani, M. Khorvash, L. Rashidi, and D. J. Schingoethe. 2012. Lactational

performance and milk fatty acid profile of Holstein cows in response to dietary fat supplements and forage:concentrate ratio. Livestock Science, 150:274–283.
10. Kargar, S., M. Khorvash, G. R. Ghorbani, M. Alikhani, and W. Z. Yang. 2010. Short communication: Effects of dietary fat supplements and forage:concentrate ratio on feed intake, feeding, and chewing behavior of Holstein dairy cows. Journal of Dairy Science, 93:4297–4301.
11. Khorasani, G. R., E. K. Okine, and J. J. Kennelly. 2001. Effects of substituting barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of Holstein cows. Journal of Dairy Science, 84:2760–2769.
12. Maxin, G., D. R. Ouellet, and H. Lapierre. 2013. Effect of substitution of soybean meal by canola meal or distillers grains in dairy rations on amino acid and glucose availability. Journal of Dairy Science, 96:7806–7817.
13. McCarthy, R. D. J., T. H. Klusmeyer, J. L. Vicini, J. H. Clark, and D. R. Nelson. 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. Journal of Dairy Science, 72:2002–2016.
14. Mohammed, R., J. J. Kennelly, J. K. G. Kramer, K. A. Beauchemin, C. S. Stanton, and J. J. Murphy. 2010. Effect of grain type and processing method on rumen fermentation and milk rumenic acid production. Animal, 4:1425–1444.
15. Nasrollahi, S. M., M. Khorvash, G. R. Ghorbani, A. Teimouri-Yansari, A. Zali, and Q. Zebeli. 2012. Grain source and marginal changes in forage particle size modulate digestive processes and nutrient intake of dairy cows. Animal, 6:1237–1245.
16. Nocek, J. E. and S. Tamminga. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. Journal of Dairy Science, 74:3598–3629.
17. NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
18. Reynolds, C. K. 2006. Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. Animal Feed Science and Technology, 130:78–94.
19. Sadri, H., G. R. Ghorbani, H. R. Rahmani, A. H. Samie, M. Khorvash, and R. M. Bruckmaier. 2009. Chromium supplementation and substitution of barley grain with corn: Effects on performance and lactation in periparturient dairy cows. Journal of Dairy Science, 92:5411–5418.
20. Silveira, C., M. Oba, K. A. Beauchemin, and J. Helm. 2007. Effect of grains differing in expected ruminal fermentability on the productivity of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 90:2852–2859.
21. Sutton, J. D., R. Knight, A. B. McAllan, and R. H. Smith. 1983. Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diets supplemented with free and protected oils. British Journal of Nutrition, 49 419–432.
22. Van Keulen, J. and B. A. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. Journal of Animal Science, 44:282–287.
23. Whitlock, L. A., D. J. Schingoethe, A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, R. J. Baer, N. Ramaswamy, and K. M. Kasperson. 2002. Fish oil and extruded soybeans fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. Journal of Dairy Science, 85:234–243.