

مقاله پژوهشی:

اثر راه کارهای تغذیه‌ای کاهش سطوح نشاسته بر توان تولیدی، متابولیت‌ها سرمی و عملکرد کبدی در گاوهای هلستاین تازه‌زا

نجمه اسلامیان فارسونی^{۱*}، حمید امانلو^۲ و طاهره امیرآبادی فراهانی^۳

۱. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران

۲. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳. استادیار، علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲)

چکیده

هدف از اجرای پژوهش حاضر ارزیابی آثار کاهش درصد نشاسته با حفظ سطح فیبر حاصل از شوینده خشتی در جیره به وسیله جایگزین کردن دانه جو، سیلاژ ذرت و یا هر دو بر ماده خشک مصرفی، عملکرد شیردهی، غلظت متابولیت‌ها، شاخص عملکرد کبد (LFI) و شاخص کمی حساسیت به انسولین تجدیدنظرشده (RQUICKI) در جیره گاوهای تازه‌زا بود. سی‌وشش رأس گاو چند بار زایش بر اساس تولید شیر پیشین و امتیاز وضعیت بدنی بلوک‌بندی شدند و به‌طور تصادفی به یکی از ۴ تیمار آزمایشی از روز زایش تا ۲۱ روز پس از زایش اختصاص یافتند. جیره‌های آزمایشی یک جیره با سطح نشاسته بالا حاوی دانه جو (CO: ۲۴/۹ درصد نشاسته و صفر درصد تفاله چغندر) و ۳ جیره با سطوح نشاسته پایین که در آن‌ها تفاله چغندر به‌جای دانه جو آسیاب شده (BB: ۱۹/۶ درصد نشاسته و ۷ درصد تفاله چغندر)، سیلاژ ذرت (BC: ۲۰/۶ درصد نشاسته و ۱۲ درصد تفاله چغندر) و مخلوطی از دانه جو و سیلاژ ذرت (BCB: ۲۰/۳ درصد نشاسته و ۱۲ درصد تفاله چغندر) جایگزین شد. ماده خشک مصرفی برای BC (۱/۲ کیلوگرم در روز) و BCB (۱ کیلوگرم در روز) نسبت به گاوهای تیمار CO بالاتر بودند، درحالی‌که در گروه BB پایین‌تر (۱/۱ کیلوگرم در روز) بود. مطابق با نتایج ماده خشک مصرفی، تولید شیر تمایل داشت تا ۲/۵ و ۲/۴ کیلوگرم در گروه BC و BCB نسبت به گروه CO، بالاتر باشد؛ درحالی‌که گاوها در BB ۲/۴ کیلوگرم در روز شیر کم‌تری نسبت به CO تولید کردند. در مقایسه با CO، گاوهای تغذیه‌شده با BB دارای غلظت سرمی گلوکز پایین‌تری بودند. درحالی‌که گاوهای تغذیه‌شده با BC و BCB دارای گلوکز سرم بالاتری بودند. غلظت انسولین سرم برای گاوهای BB کم‌تر از سایر جیره‌های آزمایشی بود. در مقایسه با CO، غلظت سرمی NEFA و BHB برای BC و BCB کم‌تر بود، اما بین BB و CO مشابه بود. گاوهای CO و BC در مقایسه با گاوهای BB، شاخص کمی حساسیت به انسولین تجدید نظر شده پایین‌تری داشتند و گاوهای BCB تمایل به داشتن RQUICKI کم‌تر در مقایسه با BB طی دوره پس‌زایش داشتند. غلظت گاما گلو تامیل ترانسفراز (GGT) در گاوهای BC و BCB نسبت به گاوهای CO و BB پایین‌تر بود. گاوهای تغذیه‌شده با CO و BB، غلظت بیلی‌روبین سرم بیش‌تری نسبت به گاوهای تغذیه‌شده با BC و BCB داشتند. گاوهای BC دارای شاخص عملکرد کبد بالاتری نسبت به گاوهای BB بودند و تمایل داشتند LFI بیش‌تری نسبت به گاوهای CO داشته باشند. به‌طور کلی، کاهش نشاسته غذایی با جایگزینی سیلاژ ذرت (BC) یا ترکیبی از سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB) در مقایسه با زمانی که تفاله چغندر به‌جای دانه جو (BB) به‌منظور کاهش نشاسته استفاده شد منجر به بهبود در ماده خشک مصرفی، تولید شیر، متابولیسم انرژی و عملکرد کبدی در طول ۲۱ روز اول شیردهی گردید.

واژه‌های کلیدی: الیاف غیر علوفه‌ای، جیره کم نشاسته، گاوهای تازه‌زا، متابولیت‌های سرمی.

The effects of feeding strategies to reduce starch levels on performance, serum metabolites and liver function in Holstein fresh cows

Najme Eslamian Farsuni^{1*}, Hamid Amanlou² and Tahere Amirabadi Farahani³

1. Assistant Professor, Department of Animal Science, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

2. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3. Assistant Professor, Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

(Received: Jan. 24, 2021 - Accepted: May 23, 2021)

ABSTRACT

The study objective was to evaluate the effects of reducing dietary starch content in fresh cow diets while maintaining NDF levels by substituting barley grain (BG), corn silage (CS), or both with beet pulp (BP) on DMI, lactation performance, serum mineral and metabolites concentrations, liver enzymes and liver functionality index (LFI), serum insulin and revised quantitative insulin sensitivity check index (RQUICKI). Thirty-six multiparous cows were randomly assigned to 1 of 4 experimental diets from calving to 21 days in lactation. Experimental diets were a high-starch diet with ground BG (CO; 24.9% starch; 0% BP) and 3 low-starch diets where BP substituted for either BG (BB; 19.6% starch; 7% BP), CS (BC; 20.6% starch; 12% BP) or CS and BG (BCB; 20.3% starch; 12% BP). Relative to CO cows (16.50 kg/d), DMI was greater for BC (17.70 kg/d) and BCB (17.50 kg/d) cows, but it was lesser in BB (15.60 kg/d) cows. Similar to DMI results, milk yields tended to be greater for BC (37.89 kg/d) and BCB cows (37.81 kg/d) compared to CO cows (35.41 kg/d), but BB cows (33.05 kg/d) tended to produce less milk than CO cows. Relative to CO, cows fed BB had lower serum glucose concentrations, whereas cows fed BC and BCB had higher serum glucose. Serum insulin concentrations were lower for BB cows than for other experimental groups. Relative to CO, serum NEFA and BHB concentrations were lower for BC and BCB, but was similar between BB and CO. The RQUICKI was lower for CO, BC cows than BB cows, and cows in BCB tended to have less RQUICKI compared to BB during postpartum. The concentrations of gamma glutamyl transferase were lower in BC and BCB cows relative to CO and BB cows. The cows fed CO and BB had higher serum bilirubin relative to cows fed BC and BCB diets. Although, LFI for CO cows was similar to cows on BB, BC and BCB, BC cows had higher LFI than BB cows and tended to have greater LFI than CO cows. Overall, reducing dietary starch by replacing CS (BC) or a mix of CS and BG (BCB) with BP positively affected DMI and milk yield and indicated improved energy metabolism and liver function during the first 21 d of lactation compared to when BP was fed instead of BG to reduce starch (BB).

Keywords: Fresh cows, low-starch diet, non-forage fiber, serum metabolites.

* Corresponding author E-mail: N.E.Farsuni@gmail.com

مقدمه

در اوایل دوره شیردهی، ماده خشک مصرفی اختیاری، توانایی گاو برای تامین نیاز تولید شیر را محدود می‌کند. این امر منجر به وضعیت توازن منفی انرژی و در نتیجه تجزیه شدن بافت چربی برای حمایت از تولید شیر می‌شود. گاوهای تازه‌زایی که با جیره‌های با انرژی بالا ناشی از افزایش نسبت غلات تغذیه شدند، درجات متفاوتی از موفقیت را داشتند (Shahmoradi *et al.*, 2015; McCarthy *et al.*, 2015_{ab}; Sun & Oba, 2014). جیره‌های با سطوح نشاسته بالا می‌توانند pH شکمبه را کاهش دهند و میکروارگانیسم‌های سلولولیتیک شکمبه‌ای را مهار می‌کنند که با تأثیر مضر بر قابلیت هضم الیاف همراه است (Fernando *et al.*, 2010). هم‌چنین این جیره‌ها خطر بروز اسیدوزیس تحت حاد شکمبه‌ای که ۲۰ درصد از گاوها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، افزایش می‌یابد (Penner *et al.*, 2007). پروپیونات، یک فرآورده از تخمیر نشاسته، یک پیش ساز گلوکز با اثر هیپوفازیک به‌ویژه طی وضعیت لیپولیتیک پس از زایش است (Stocks & Allen, 2012, 2013)؛ بنابراین، افزایش انرژی مصرفی و کاهش موبیلیزاسیون بافت چربی گاوهای تازه‌زا بدون القای سیری یا آسیب به سلامت شکمبه با خوراندن جیره‌های پر نشاسته چالش برانگیز است. سطوح فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای (Forage Neutral) (Detergent Fiber: fNDF) در گاوهای تازه‌زا نیز ممکن است در تنظیم خوراک مصرفی نقش داشته باشد، به طوری که ماده خشک مصرفی با کاهش فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای افزایش می‌یابد. طی ۲۰ روز اول پس از زایش، Rabelo *et al.* (2003) یک تمایل برای ماده خشک مصرفی بالاتر (۱ کیلوگرم ماده خشک مصرفی و ۲/۶ مگا کالری در روز) در گاوهای تغذیه‌شده با یک جیره با نسبت علوفه به کنسانتره پایین‌تر (۴۰ به ۶۰ درصد؛ ۲۵ درصد فیبر حاصل از شوینده خنثی) در مقایسه با جیره با نسبت علوفه‌ای بالاتر (۶۰ به ۴۰ درصد؛ ۳۰ درصد فیبر حاصل از شوینده خنثی) گزارش کردند. به همین ترتیب کاهش دادن سطوح فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای در جیره گاوهای تازه‌زا از ۲۶ به ۲۰ درصد از ماده خشک منجر به یک افزایش ۲ کیلوگرمی در خوراک مصرفی شد (Piantoni *et al.*, 2015).

بنابراین کاهش سطوح فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای در جیره گاوهای ممکن است راه کار مناسبی برای بهبود اشتها باشد. تفاله چغندر قند (Beet pulp; BP) یک فرآورده جانبی از فرآیند تولید قند و شکر است که حاوی تقریباً ۴۵/۸ درصد فیبر حاصل از شوینده خنثی و مقادیر بالایی از فیبر محلول در شوینده خنثی (-neutral detergent soluble fiber: NDSF)، به‌ویژه مواد پکتینی (۲۳ درصد از ماده خشک؛ NRC, 2001) است. تخمیر شکمبه‌ای پکتین مقادیر کم‌تری از لاکتات و پروپیونات را در مقایسه با تخمیر نشاسته تولید می‌کند؛ بنابراین، انتظار می‌رود که وارد کردن آن در جیره گاوهای شیری آثار هیپوفازیک پروپیونات را به حداقل برساند. علاوه بر این، اگرچه پکتین به‌طور سریع‌تری تجزیه می‌شود، اما فرآورده نهایی تخمیر منجر به مهار باکتری‌ها سلولولیتیک نخواهد شد (Marounek *et al.*, 1985). در ایران، تولید چغندر قند طی دهه اخیر افزایش یافته است. امروزه، $10^3 \times 10^5$ هکتار چغندر قند کشت می‌شود که منجر به تولید تفاله چغندر قند به‌عنوان یک فرآورده جانبی ارزان و قابل دسترس برای استفاده حیوانات اهلی می‌شود. مطالعاتی که اثر افزودن منابع فیبر غیرعلوفه‌ای (NonForage Fiber: NFFS) حاصل از تفاله چغندر قند یا دیگر فرآورده‌های جانبی را در جیره گاوهای شیری به‌جای غلات (Voelker & Allen, 2003a; Dann *et al.*, 2015; Etrl *et al.*, 2016; Shahmoradi *et al.*, 2015) علوفه (Naderi *et al.*, 2016; Holt *et al.*, 2010) یا هر دو (Weiss, 2012; Fredin *et al.*, 2014; Piccioli *et al.*, 2014) بررسی کردند، نتایج متناقضی بر روی ماده خشک مصرفی در گاوهای اوایل تا اواسط دوره شیردهی گزارش کردند (Shahmoradi *et al.*, 2015; McCarthy *et al.*, 2015_a). در پژوهش حاضر فرض شده است که کاهش سطوح نشاسته در جیره گاوهای تازه‌زا اثر هیپوفازیک همراه با پروپیونات را کاهش خواهد داد و منجر به بهبود توازن منفی انرژی خواهد شد. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی سه راه کار تغذیه‌ای کاهش سطح نشاسته در جیره گاوهای تازه‌زا با سطوح فیبر حاصل از شوینده خنثی (NDF) یکسان بر ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیبات شیرغلظت متابولیت‌ها و مواد معدنی،

کیلوگرم) و به‌طور دستی به‌صورت TMR مخلوط شدند. جیره‌ها سه بار در روز و در حد اشتها با هدف پس‌آخور ۵ تا ۱۰ درصد ارائه شدند. طی دوره آزمایشی وزن خوراک ارائه شده و پس‌آخور باقی‌مانده به‌طور روزانه برای هر گاو جداگانه جهت محاسبه خوراک مصرفی ثبت شد. ماده خشک سیلاژ ذرت به‌طور هفتگی با استفاده از یک آون برای ۴۸ ساعت در ۶۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. همه جیره‌های آزمایشی و جیره انتظار زایش به‌طور هفتگی بر اساس نتایج ماده خشک تصحیح شد.

مدیریت و نگهداری گاو

سه هفته پیش از زایش مورد انتظار، گاوها در اصطبل‌های فری استال نگهداری شدند و با یک جیره انتظار زایش دو بار در روز در ساعت ۰۸:۰۰ و ۱۸:۰۰ Mcal/kg, CP = 12.4%, and DCAD = - NE_L = 1.6) تغذیه شدند. به‌محض اینکه گاوها علائم اولیه زایش را نشان دادند به جایگاه‌های انفرادی ۴×۴ مترمربع پوشیده شده با ماسه با دسترسی آزاد به آب منتقل شدند. پس از زایش، گاوها در جایگاه‌های انفرادی تا روز ۲۱ شیردهی باقی ماندند. جیره‌های پس از زایش سه بار در روز در ۰۸:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۴:۰۰ ارائه شدند. گاوهای ثبت‌شده در آزمایش اولین گروه بودند که در ساعات ۰۷:۰۰، ۱۵:۰۰ و ۲۳:۰۰ شیردوشی شدند. گاوهایی که مشکلات زایش (سخت‌زایی، دوقلو زایی یا مرده زایی) یا علائمی از تب شیر، ورم پستان، لنگش، یا تب (درجه راست‌روده‌ای بیش از ۳۹/۴ درجه سانتی‌گراد) نشان دادند، وارد آزمایش نشدند. طی دوره جمع‌آوری داده، گاوهای واردشده در آزمایش برای بررسی ناهنجاری‌های سلامتی، توسط دامپزشک به‌طور روزانه کنترل شدند.

نمونه‌گیری و آنالیز جیره‌های آزمایشی و بقایای خوراک
نمونه‌برداری از جیره‌های آزمایشی و بقایای خوراک به‌طور روزانه از ۱ تا ۲۱ روز شیردهی جهت تعیین ماده خشک (AOAC, 1990; method 930.15)، پروتئین خام به‌وسیله روش کج‌جدال (AOAC, 1990; method 984.13)، عصاره اتری با روش استخراج سوکسله با دی اتیل اتر (AOAC, 1990; method 920.39)، خاکستر

آنزیم‌های کبدی سرم، LFI و RQUICKI در جیره گاوهای تازه‌زا بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه گاو شیری فکا (شرکت کشت و صنعت و دامپروری فکا، اصفهان، ایران) از فروردین تا خرداد سال ۱۳۹۴ انجام شد. مزرعه گاو شیری فکا داری ۷۰۰۰ رأس گاو شیری هلستاین با یک متوسط تولید شیر ۴۰ کیلوگرم شیر است. گاوها بر اساس امتیاز وضعیت بدنی در زمان زایش و تولید شیر معادل بلوغ ۳۰۵- روز بلوک‌بندی شدند و به‌طور تصادفی به یکی از ۴ تیمار آزمایشی اختصاص یافتند. در شروع آزمایش، متوسط امتیاز بدنی گاوها ۳/۵±۰/۲ واحد و متوسط شیر معادل بلوغ ۱۰۵۰۰±۷۱۶ کیلوگرم و متوسط دوره شیردهی ۲/۷±۰/۷ بود. جیره‌های آزمایشی مطابق با توصیه‌های شورای ملی تحقیقات (۲۰۱۱) برای تامین نیاز مواد مغذی یا بیش‌تر یک گاو با روزهای شیردهی ۱۱، ۶۸۰ کیلوگرم وزن بدن و تولید شیر ۳۹ کیلوگرم در روز با ۳/۵ درصد چربی و ۳/۲ درصد پروتئین تنظیم شدند (جدول ۱). جیره‌ها برای فراهم کردن ۱۸ درصد پروتئین خام، ۱/۷ مگا کالری انرژی خالص شیردهی در هر کیلوگرم ماده خشک و منابع و سطوح متفاوت نشاسته تنظیم شدند (جدول ۲). جیره‌های آزمایشی شامل یک جیره کنترل (CO) حاوی نشاسته بالا (تفاله چغندر قند صفر درصد و ۱۳/۳ درصد دانه جو، ۲۵/۵ درصد سیلاژ ذرت: ۲۴/۹ درصد نشاسته: CO) و ۳ جیره کم نشاسته که با جایگزینی تفاله چغندر قند به‌جای دانه جو آسیاب شده (تفاله چغندر قند ۷ درصد و ۶/۳ درصد دانه جو، ۲۵/۵ درصد سیلاژ ذرت: ۱۹/۶ درصد نشاسته: BB)، سیلاژ ذرت (تفاله چغندر قند ۱۲ درصد و ۱۳/۳ درصد دانه جو، ۱۳/۵ درصد سیلاژ ذرت: ۲۰/۶ درصد نشاسته: BC) و یا ترکیبی از دانه جو و سیلاژ ذرت (تفاله چغندر قند ۱۲ درصد و ۷/۳ درصد دانه جو، ۱۹/۵ درصد سیلاژ ذرت: ۲۰/۳ درصد نشاسته: BCB) بودند.

جیره‌های آزمایشی یک‌بار در روز و به‌صورت زیر آماده شدند. هر یک از مواد خوراکی یا استفاده از یک ترازوی سکویی مکانیکی (با توانایی قرائت صفر تا ۳۰۰

مقاوم به حرارت و سولفیت سدیم تعیین شد (Van Soest *et al.*, 1991). نشاسته با روش کالری متریک-آنزیمی بر اساس آلفا-آمیلاز/آمیلوکلکوزیداز توسط کیت آزمایشگاهی مگازیم (Megazyme International, Bray,) اندازه‌گیری شدند. (Co. Wicklow, Ireland)

ignition at 600°C for 2 h; AOAC, 1990, method) (ADF) و الیاف حاصل از شوینده اسیدی (Cetyl-trimethyl-ammonium) CTAB (bromide) و اسید سولفوریک ۱ نرمال (AOAC, 1990;) انجام شد. مقدار NDF به‌وسیله آمیلاز (method 973.18)

جدول ۱. مواد خوراکی جیره‌های آزمایشی (درصدی از ماده خشک)
Table 1. Feed Ingredient of experimental diets (% of DM)

Ingredients	Close-up	Experimental diets ¹			
		CO	BB	BC	BCB
Alfa alfa hay ²	18.89	20.16	20.16	20.15	20.15
Corn silage ³	41.00	25.56	25.58	13.55	19.55
Sugar beet pulp, dried ⁴	-	0.00	7.00	12.00	12.00
Barley grain, ground, dry	8.00	13.32	6.30	13.36	7.35
Corn grain, ground, dry	15.45	10.60	10.61	10.59	10.59
Soybean meal, solve.	6.00	8.68	8.69	8.67	8.68
Extruded full-fat soybean	-	4.38	4.38	4.38	4.38
Corn gluten meal, dried	-	3.49	3.49	3.49	3.49
Fish meal	-	3.49	3.49	3.49	3.49
Cottonseed, whole with lint	5.0	7	7	7	7
Canola meal, mech. extract	1.60	-	-	-	-
Calcium carbonate	1.35	0.72	0.72	0.72	0.72
Calcium phosphate (Di-)	-	0.18	0.18	0.18	0.18
Magnesium oxide	0.15	0.18	0.18	0.18	0.18
Magnesium sulfate	0.85	-	-	-	-
Calcium chloride	0.45	-	-	-	-
Salt	-	0.30	0.30	0.30	0.30
Sodium bicarbonate	-	0.90	0.90	0.90	0.90
Bentonite	0.47	0.33	0.33	0.33	0.33
Biotin	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Selenium	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Choline chloride	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Monensin	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mineral premix ⁵	0.27	0.23	0.23	0.23	0.23
Vitamin premix ⁶	0.27	0.23	0.23	0.23	0.23

۱. CO = نشاسته بالا، حاوی ۲۴/۹ درصد نشاسته؛ BB = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای دانه جو، حاوی ۱۹/۱ درصد نشاسته؛ BC = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای سیلاژ ذرت، حاوی ۲۰/۶ درصد نشاسته؛ BCB = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای سیلاژ ذرت و دانه جو، حاوی ۲۰/۳ درصد نشاسته.
۲. حاوی ۸۳/۰ درصد ماده خشک، ۵۲/۳ درصد NDF، ۳۹/۴ درصد ADF و ۱۳/۵ درصد پروتئین خام (براساس ماده خشک).
۳. حاوی ۲۳/۰ درصد ماده خشک، ۴۴/۳ درصد NDF، ۲۹/۰ درصد ADF و ۸/۵ درصد پروتئین خام (براساس ماده خشک).
۴. حاوی ۸۷/۰ درصد ماده خشک، ۴۳/۵ درصد NDF، ۲۴/۲ درصد ADF و ۹/۳ درصد پروتئین خام (براساس ماده خشک).
۵. حاوی ۲۲/۰ گرم در هر کیلوگرم کبالت، ۱۳/۳ گرم در هر کیلوگرم مس، ۰/۵ گرم در هر کیلوگرم ید، ۰/۴ گرم در هر کیلوگرم آهن، ۲۳/۴ گرم در هر کیلوگرم منگنز، ۸ گرم در هر کیلوگرم سلنیوم، ۵۶/۲ گرم در هر کیلوگرم روی.
۶. حاوی ۱۸۰۰۰۰۰ واحد بین المللی در هر کیلوگرم ویتامین A، ۲۰۰۰۰۰ واحد بین المللی در هر کیلوگرم ویتامین D و ۱۵۰۰۰ واحد بین المللی در هر کیلوگرم ویتامین E.

1. CO = high starch, containing 24.9% starch; BB = BP substituted for barley grain ground, containing 19.1% starch; BC = BP substituted for corn silage, containing 20.6% starch; BCB = BP substituted for corn silage and barley grain ground, containing 20.3% starch.
2. Contained 83.0% DM, 52.3% NDF, 39.4% ADF, and 13.5% CP (DM basis).
3. Contained 23.0% DM, 44.3% NDF, 29% ADF, and 8.5% CP (DM basis).
4. Contained 87.0% DM, 43.5% NDF, 24.2% ADF, and 9.3% CP (DM basis).
5. Premix contained 0.32 g of Co/kg, 13.3 g of Cu/kg, 0.5 g of I/kg, 0.04 g of Fe/kg, 33.4 g of Mn/kg, 8 g of Se/kg, 56.2 g of Zn/kg.
6. Premix contained 1,800,000 IU of vitamin A/kg, 200,000 IU of vitamin D/kg, and 15,000 IU of vitamin E/kg.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی^۱
Table 2. Chemical composition of experimental diets (mean±SD)¹

Chemical Composition ²	Close-up	Experimental diets ¹			
		CO	BB	BC	BCB
NE _L , Mcal/kg of DM ³	1.6	1.7	1.68	1.69	1.69
CP, % of DM	12.4 ± 0.5	18.2 ± 0.2	18.0 ± 0.3	18.1 ± 0.1	18.1 ± 0.5
NDF, % of DM	35.2 ± 0.8	33.4 ± 0.6	34.4 ± 0.8	32.9 ± 0.8	33.7 ± 0.9
Forage NDF, % of DM	28.0	23.1	22.0	18.2	19.2
ADF, % of DM	23 ± 0.7	21.3 ± 0.8	21.6 ± 0.6	21.0 ± 0.6	22.0 ± 1.1
NFC, % of DM	43 ± 0.7	37.2 ± 0.7	36.5 ± 0.8	37.3 ± 0.9	36.2 ± 1.0
Starch, % of DM	-	24.9 ± 0.2	19.6 ± 0.7	20.6 ± 0.41	20.3 ± 0.8
EE, % of DM	3.6 ± 0.3	4.2 ± 0.2	4.2 ± 0.1	4.3 ± 0.2	4.2 ± 0.2
Ash, % of DM	6 ± 0.15	7.1 ± 0.1	7.9 ± 0.1	7.7 ± 0.2	7.8 ± 0.2
DCAD, mEq/kg DM	-28	246	253	246	252

۱. CO = نشاسته بالا، حاوی ۲۴/۹ درصد نشاسته؛ BB = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای دانه جو، حاوی ۱۹/۱ درصد نشاسته؛ BC = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای سیلاژ ذرت، حاوی ۲۰/۶ درصد نشاسته؛ BCB = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای سیلاژ ذرت و دانه جو، حاوی ۲۰/۳ درصد نشاسته.
۲. داده‌ها به صورت میانگین ± استاندارد اشتباه حاصل از سه نمونه ارائه شدند.
۳. بر اساس جداول شورای تحقیقات ملی (۲۰۰۱)

1. CO = high starch, containing 24.9% starch; BB = BP substituted for barley grain ground, containing 19.1% starch; BC = BP substituted for corn silage, containing 20.6% starch; BCB = BP substituted for corn silage and barley grain ground, containing 20.3% starch.
2. Data are presented as the mean ± SE of 3 samples.
3. Based on tabular value (NRC, 2001).

تولید و ترکیبات شیر

در روزهای ۳، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۱۸ پس از زایش، تولید شیر در هر شیردوشی توسط میلکومتر واکایتو (Waikato MKV; Inter Ag, Hamilton, New Zealand) ثبت شد و نمونه‌های شیر از سه شیردوشی متوالی متناسب با تولید شیر در بطری‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری شدند. بلافاصله پس از جمع‌آوری نمونه‌های شیر، نمونه‌ها برای تعیین ترکیبات شیر (چربی، لاکتوز و پروتئین) و شمار سلول‌های بدنی (SCC) با استفاده از میلکواسکن CombiFoss 78110; Foss Analytical A/S, 213 (Hillerød, Denmark) آنالیز شدند. شیر تصحیح‌شده براساس ۴ درصد چربی (Fat-corrected milk: FCM) مطابق با (Gaines & Overman, 1983) محاسبه شدند.

وزن بدن، امتیاز وضعیت بدنی و توازن انرژی

در روز زایش و روز ۲۱ شیردهی پیش از خوراک‌دهی صبح، گاوها برای تعیین تغییرات وزن بدن، وزن‌کشی شدند. گاوها برای وضعیت بدنی با استفاده از یک سیستم ۵ امتیازی، امتیازدهی شدند (Wildman *et al.*, 1982). دو فرد متفاوت BCS را به‌طور مستقل مشخص کردند و نتایج به‌صورت میانگین آنالیز شدند. نمونه‌گیری و آنالیز خون. نمونه‌های خون (۱۰ میلی‌لیتر) ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی صبح از ورید دمی با استفاده از لوله‌های تحت خلأ بدون مواد ضد انعقاد (Vacumed® no additive, FL medical, Italy) در روز صفر، ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روزهای شیردهی گرفته شدند. نمونه‌های سرم پس از سانتریفیوژ در ۲۵۰۰ دور برای ۱۰ دقیقه آماده شدند و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد جهت انجام آنالیزهای بعدی ذخیره شدند. نمونه‌های سرم برای تعیین کلسیم کل (O-Cresolphthalein-complexone method)، منیزیم (Xylidyl blue method)، فسفر (The UV method)، کل پروتئین (Biuret method)، نیتروژن اوره‌ای خون (BUN; berthelot method)، گلوکز (Glucose oxidase-phenol 4-aminoantipyrine peroxidase method)، آسپارات آمینو ترانس فراز (AST; IFCC method)، گاما-گلوتامیل ترانس پپتیداز (GGT; SZASZ) (method)، آلبومین (Bromocresol green method at

(acidic pH)، کلسترول (Cholesterol oxidase-phenol 4-aminoantipyrine peroxidase method)، بیلی‌روبین کل (DCA method) و تری‌گلیسیرید (Glycerol-3-phosphate oxidase-phenol-4-aminoantipyrine peroxidase method) با استفاده از کیت‌های تجاری آنالیز شدند (Pars Azmoon Laboratory, Tehran, Iran). غلظت‌های سرمی اسیدهای چرب غیر استریفیه (NEFA; Colorimetric method) و بتا-هیدروکسی بوتیرات (BHBA; Enzymatic method; based on 3-hydroxybutyrate dehydrogenase Randox Laboratories Ltd., Crumlin, County Antrim, UK UNICCO, 2100, Zistchemi Co., Tehran, Iran) اندازه‌گیری شدند. غلظت گلوبولین از تفاوت کل پروتئین و آلبومین به‌دست آمد. غلظت‌های سرمی انسولین توسط یک کیت تجاری اندازه‌گیری شدند (Mercodia Bovine Insulin ELISA; Uppsala, Sweden).

جهت تعیین شاخص فعالیت کبد (LFI)، نمونه‌های خون برای اندازه‌گیری کلسترول، آلبومین و بیلی‌روبین کل در روزهای ۳ و ۲۸ پس از زایش نیز جمع‌آوری شدند. برای همه گاوها غلظت آلبومین، کلسترول و بیلی‌روبین کل در روزهای ۳ و ۲۸ شیردهی برای برآورد LFI مطابق با (Bertoni & Trevisi, 2013) استفاده شدند. محاسبه LFI طی دو مرحله انجام می‌شود: مرحله اول مقادیر (V) هر سه پارامتر را در روز ۳ شیردهی (V3) و تغییرات در غلظت آن‌ها را بین روز ۳ و ۲۸ شیردهی (V28) را جهت برآورد شاخص برای کلسترول و آلبومین کل (($0.5V3+0.5(V28-V3)$) و بیلی‌روبین کل (($0.67V3+0.33(V3-V28)$) مورد توجه قرار می‌دهد. در مرحله دوم LFI به‌صورت زیر محاسبه شد:

LFI = [(albumin index - 17.71)/1.08 + (cholesterol index - 2.57)/0.43 - (bilirubin index - 6.08)/2.17].
برآورد حساسیت به انسولین توسط شاخص کمی انسولین تجدیدنظر شده (RQUICKI) به‌صورت زیر محاسبه شد (Holtenius & Holtenius, 2007):

دستور آزمون توکی برای مقایسه میانگین، آنالیز شدند. در صورتی که اثر متقابل جیره آزمایشی در زمان معنی‌دار بود، تفاوت‌ها بین تیمارهای جیره‌ای در هر نقطه زمانی با استفاده از گزینه SCLICE در دستور LSMEANS حاصل از رویه MIXED آنالیز شدند.

نتایج و بحث

ماده خشک مصرفی

جیره، زمان و اثر متقابل جیره در زمان به‌طور معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی اثر داشت (جدول ۳). نسبت به گاوهای CO (۱۶/۵ کیلوگرم)، ماده خشک مصرفی برای گاوهای BC (۱۷/۷ کیلوگرم) و BCB (۱۷/۵ کیلوگرم) بالاتر بود و تمایل داشت تا در BB (۱۵/۶ کیلوگرم) پایین‌تر باشد ($P < 0.01$). با پیشرفت دوره شیردهی ماده خشک مصرفی افزایش یافت ($P < 0.01$). طی ۷ روز اول دوره شیردهی، مصرف در بین جیره‌های آزمایشی مشابه بود، اما نسبت به گاوهای CO، ماده خشک مصرفی برای گاوهای BB پایین‌تر بود و برای گاوهای BC و BCB از روز ۸ تا ۲۱ دوره شیردهی بالاتر بود (شکل ۱).

با توجه به تغییرات متابولیکی و هورمونی همراه با زایش که نه‌تنها مصرف را پیش از زایش بلکه هم‌چنین بلافاصله پس از زایش تحت تأثیر قرار می‌دهد، فقدان اثر تیمار بر روی ماده خشک مصرفی طی هفته اول شیردهی تعجب‌آور نبود (Ingvarstsen & Andersen, 2000; Allen *et al.*, 2009). بنابراین عوامل جیره‌ای ممکن است دارای نقش ثانویه تنظیم خوراک مصرفی در دوره پیرامون زایش باشد. مصرف بالاتر خوراک در گاوهای BC و BCB از ۸ تا ۲۱ روز پس از زایش ممکن است تا حدودی به‌وسیله کاهش در زمان ابقای شکمبه‌ای در نتیجه جایگزینی سطوح فیبر محلول در شوینده خنثی با منابع فیبر غیرعلوفه‌ای (NonForage Fibers: NFFS) شرح داده شود. علاوه بر این اندازه لیاف ریزتر حاصل از منابع فیبر غیرعلوفه‌ای در BCB ممکن است باعث افزایش سرعت عبور و کاهش پرشدگی شکمبه شود که منجر به بهبود مصرف می‌شوند (Allen, 2000).

RQUICKI=

$$1/[\log(\text{glucose, mg/dL}) + \log(\text{insulin, } \mu\text{U/mL}) + \log(\text{NEFA, mmol/L})]$$

حساسیت به انسولین کم‌تر با مقادیر کم‌تر RQUICKI همراه است.

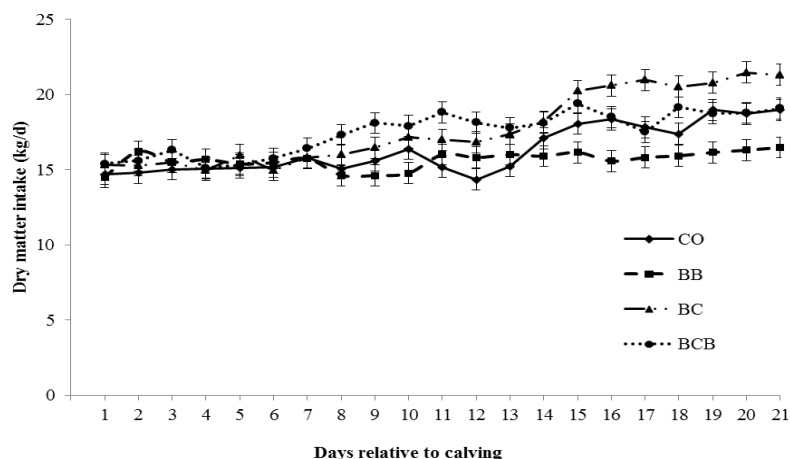
آنالیز آماری

همه آنالیزها با نرم‌افزار SAS انجام شد (version 9.4; SAS Institute Inc., Cary, NC). ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی به‌وسیله رویه MEANS نرم‌افزار SAS آنالیز شدند. پیش از آنالیز داده‌ها، همه داده‌ها برای نرمالیت و یکنواختی واریانس‌ها ارزیابی شدند؛ داده‌های SCC برای سازگار شدن با فرض‌ها تبدیل لگاریتم شدند. ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیبات شیر (چربی، پروتئین، لاکتوز و SCC)، غلظت متابولیت‌ها و مواد معدنی، آنزیم‌های کبدی سرم و RQUICKI به‌صورت داده‌های تکرار شده با اثر تصادفی گاو در بلوک به‌عنوان ساجکت (Subject)^۱ با استفاده از رویه MIXED نرم‌افزار SAS آنالیز شدند (Littell *et al.*, 2006). زمان (روزهای شیردهی؛ DIM) به‌عنوان متغیر تکرار شده وارد مدل شد. ساختارهای کوواریانس مورد آزمون قرار گرفتند و مناسب‌ترین ساختار کوواریانس بر اساس کوچک‌ترین مقادیر برای معیار اطلاعاتی آیک، معیار اطلاعاتی آیکیک تصحیح‌شده و معیار اطلاعاتی بی‌زین برای هر آنالیز انتخاب شد. مدل آماری به شرح زیر بود:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Diet}_i + \text{Time}_j + (\text{Diet} \times \text{Time})_{ij} + \text{Cow}(\text{block}_k) + e_{ij}$$

که Y_{ij} متغیر وابسته، μ میانگین کل، Diet_i اثر ثابت جیره آزمایشی، Time_j اثر ثابت زمان، $(\text{Diet} \times \text{Time})_{ij}$ اثر متقابل جیره آزمایشی در زمان و $\text{Cow}(\text{block}_k)$ گاوهای درون هر بلوک و e_{ij} باقی‌مانده است. همین مدل برای داده‌های تغییرات وزن بدن و BCS و LFI بدون اثر زمان و اثر متقابل جیره آزمایشی در زمان و با وارد کردن بلوک به‌عنوان اثر تصادفی، استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین حداقل مربعات (LSM) گزارش شدند. اگر تست F اثر عوامل ثابت و آثار متقابل آن‌ها معنی‌دار بود، LSM ها به‌وسیله

1. Subject



شکل ۱. اثر کاهش نشاسته به وسیله خوراندن تفاله چغندر قند بر DMI (کیلوگرم در روز) طی دوره آزمایش. جیره با نشاسته بالا، دانه جو بالا (CO)؛ جیره‌ها با نشاسته پایین: جایگزینی تفاله چغندر قند برای دانه جو با (BB)؛ یا سیلاژ ذرت (BC)؛ یا جایگزینی تفاله چغندر قند برای سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB). جیره، $P < 0.01$ ؛ زمان، $P < 0.01$ ؛ جیره در زمان $P < 0.01$.
Figure 1. Dietary treatment effects on DMI (kg/d) over time. High-starch diet: high barley grain (CO); reduced-starch diets: BP substituted for barley grain ground (BB); or corn silage (BC); or BP substituted for corn silage and barley grain ground (BCB). Diet, $P < 0.01$; Time, $P < 0.01$; Diet \times Time, $P < 0.01$.

۱۱/۷ درصد کاهش دادند. تأثیری بر ماده خشک مصرفی مشاهده نکردند.

در پژوهش حاضر، وقتی دانه جو با تفاله چغندر قند جایگزین شد، یک تمایل به کاهش خوراک مصرفی مشاهده گردید. به طور مشابه، مطالعات پیشین که دانه جو را با تفاله چغندر قند جایگزین کردند یک کاهش ۱/۱ کیلوگرمی را در گاوهای اوایل دوره شیردهی که با اندازه ذرات کوتاه علف خشک تغذیه شده بودند، مشاهده کردند (Alamouti *et al.*, 2014) و ۱/۳ کیلوگرم کاهش در گاوهای اواخر دوره شیردهی صرف نظر از اندازه ذرات علف گزارش کردند (Alamouti *et al.*, 2009). هم چنین Mansfield *et al.* (1994) یک کاهش ۱/۳ کیلوگرمی در ماده خشک مصرفی در زمان جایگزینی تفاله چغندر قند با دانه ذرت در جیره پر علف مشاهده کردند. علاوه بر آن، در متا آنالیز اخیر، Münnich *et al.* (2017) نیز گزارش کردند که کاهش خوراک مصرفی در زمان افزایش درصد تفاله چغندر قند در سطوح بالای مصرف رخ می‌دهد؛ اما مطالعات دیگر آثار متضاد با نتایج پژوهش حاضر یا هیچ اثری گزارش نکردند. Shahmoradi *et al.* (2015) مشاهده کردند که گاوهایی که جیره بدون تفاله چغندر قند (۲۸/۲ درصد

اثر خوراندن منابع فیبر غیر علفی به جای NDF علفی بر ماده خشک مصرفی نامشخص است. Miron *et al.* (2010) ۱/۷ کیلوگرم ماده خشک مصرفی بالاتر از ۰ تا ۹۰ روز دوره شیردهی، زمانی که سطح NDF علفی از ۱۸/۷ به ۱۲/۸ درصد به وسیله جایگزین کردن علف با منابع فیبر غیر علفی حاصل از پوسته سویا کاهش یافت، گزارش کردند. به همین ترتیب، یک افزایش خطی در ماده خشک مصرفی در زمان وارد کردن NFFSهای حاصل از غلات تقطیری خشک شده (Janicek *et al.*, 2008) و خوراک گلوتن ذرت مرطوب (Mullin *et al.*, 2010) به جای مخلوطی از غلات و علف در جیره‌های اوایل تا اواسط دوره شیردهی مشاهده کردند. برخلاف آن، در گاوهای اوایل دوره شیردهی، Holt *et al.* (2010) اثری از جایگزینی پوسته سویا و تفاله چغندر قند با علف خشک یونجه و سیلاژ ذرت (مرسوم) جهت کاهش فیبر حاصل از شوینده خنثی علفی از ۲۱/۲ به ۱۷/۹ درصد بر ماده خشک مصرفی گزارش نکردند. به همین ترتیب، Naderi *et al.* (2016) تفاله چغندر قند را با سیلاژ ذرت در گاوهای اواسط دوره شیردهی جایگزین کردند و فیبر حاصل از شوینده خنثی علفی را از ۲۱/۳ به ۱۶/۵، ۱۴/۱ و یا

مصرف‌شده است. به عبارت دیگر، کاهش پروپینونات منجر به مصرف کم‌تر ATP در گلوکونئوتز شده است که یکی از سیگنال‌های سیری است (Allen *et al.*, 2009).

تولید و ترکیبات شیر

تولید شیر تحت تأثیر جیره، زمان و اثر متقابل جیره در زمان قرار گرفت (جدول ۳). نسبت به گروه CO، تولید شیر تمایل داشت تا در گروه BC ($P=0/08$)؛ $2/5$ کیلوگرم) و BCB ($P=0/09$)؛ $2/4$ کیلوگرم) بیشتر باشد، درحالی‌که در گروه BB پایین‌تر بود ($P=0/1$)؛ $2/4$ کیلوگرم). تولید شیر در روز ۳ شیردهی بین جیره‌های آزمایشی یکسان بود، اما نسبت به گاوهای CO، گاوهای BB شیر کم‌تری در روز ۱۲ و ۱۶ دوره شیردهی ($P<0/01$) تولید کردند، درحالی‌که گاوهای BC و BCB شیر بیش‌تری در روز ۸ ($P<0/05$) و ۲۱ دوره شیردهی ($P<0/01$) تولید کردند. تولید FCM در بین جیره‌ها مشابه بود؛ اما درصد چربی شیر تمایل داشت تا در گاوهای CO (۴/۱۹ درصد) در مقایسه با گاوهای BC (۳/۷۲ درصد) و BCB (۳/۷۶ درصد) بالاتر باشد. درصد پروتئین، لاکتوز و شمار سلول‌های پیکری در بین جیره‌های آزمایشی مشابه بود؛ اما مطابق با تولید شیر، گاوهای BC و BCB مقدار پروتئین و لاکتوز بالاتری ($P < 0/05$) در مقایسه با گاوهای BB و CO تولید کردند (جدول ۳).

نشاسته) دریافت کردند ماده خشک مصرفی بالاتری نسبت به گاوهای تغذیه شده با ۱۹/۳ درصد تفاله چغندرقد (۱۶/۳ درصد نشاسته) داشتند، اما نسبت به گاوهای تغذیه شده با ۹/۷ درصد تفاله چغندرقد (۲۲/۴ درصد نشاسته) مصرف کم‌تری داشتند. Clark & Armentano (1997) گزارش کردند جایگزین کردن دانه ذرت با تفاله چغندرقد در جیره‌ای با ۳۷/۴ درصد علوفه منجر به یک افزایش ۴/۱ درصدی در ماده خشک مصرفی در گاوهای اواسط دوره شیردهی شد. هم‌چنین مطالعات اخیر که دانه ذرت را با تفاله چغندرقد و زبره گندم در گاوهای اوایل تا اواسط دوره شیردهی جایگزین کردند هیچ اثری از تیمار را بر ماده خشک مصرفی گزارش نکردند (Dann *et al.*, 2014; Ertl *et al.*, 2015; Dann *et al.*, 2015).

در پژوهش حاضر، تفاوت‌ها در سطوح فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای ممکن است تا حدودی ماده خشک مصرفی کم‌تر در BB نسبت به BC و BCB را شرح دهد. به طوری‌که، با توجه به نظریه اکسیداسیون کبدی، زمانی که تقاضا به گلوکز افزایش می‌یابد (به‌عنوان مثال اوایل دوره شیردهی)، عرضه پروپینونات به کبد منجر به افزایش گلوکونئوتز می‌شود که به نوبه خود مصرف کبدی ATP را افزایش می‌دهد که در نهایت منجر به افزایش خوراک مصرفی خواهد شد. به احتمال مکانیسمی مشابه در گروه BB باعث کاهش خوراک

جدول ۳. اثر جیره‌های آزمایشی بر ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیبات شیر و تعییرات نمره وضعیت بدنی و وزن بدن

Table 3. Effects of dietary treatments on DMI, milk production and composition, BCS and BW changes in fresh cows

Items	Experimental diets ¹				SEM	P - value		
	CO	BB	BC	BCB		Diet	Time	Diet × Time
DMI	16.5 ^b	15.6 ^c	17.7 ^a	17.5 ^a	0.25	<0.01	<0.01	<0.01
Milk yield, kg/d	35.41 ^{ab}	33.05 ^b	37.89 ^a	37.81 ^a	0.98	0.01	<0.01	0.01
4% FCM, kg/d	35.57	33.90	36.00	36.74	1.52	0.40	<0.01	0.20
Milk composition, %								
Fat	4.19	4.18	3.72	3.76	0.24	0.10	<0.01	0.04
Protein	3.14	3.24	3.21	3.19	0.07	0.64	<0.01	0.27
Lactose	4.62	4.64	4.67	4.60	0.07	0.81	<0.01	0.71
Log SCC	4.64	4.52	4.58	4.63	0.08	0.54	<0.01	0.39
Yields, kg/d								
Fat	1.44	1.37	1.39	1.39	0.10	0.91	0.15	0.17
Protein	1.10 ^a	1.07 ^a	1.21 ^b	1.19 ^b	0.03	0.02	<0.01	0.81
Lactose	1.53 ^{ab}	1.45 ^b	1.66 ^a	1.63 ^a	0.06	0.01	<0.01	0.11
BW changes, kg	-28.80	-30.76	-31.12	-29.73	3.38	0.90	-	-
BCS change	-0.43	-0.40	-0.45	-0.47	0.06	0.40	-	-

(a-b) میانگین حداقل مربعات در هر ردیف با حروف مختلف، متفاوت هستند ($P < 0/05$).

۱. CO = نشاسته بالا، حاوی ۲۴/۹ درصد نشاسته؛ BB = تفاله چغندرقد جایگزین شده برای دانه جو، حاوی ۱۹/۱ درصد نشاسته؛ BC = تفاله چغندرقد جایگزین شده برای سیلاژ ذرت، حاوی ۲۰/۶ درصد نشاسته؛ BCB = تفاله چغندرقد جایگزین شده برای سیلاژ ذرت و دانه جو، حاوی ۲۰/۳ درصد نشاسته.

a-b) Least squares means within same row with different superscripts differ ($P \leq 0.05$).

1. CO = high starch, containing 24.9% starch; BB = BP substituted for barley grain ground, containing 19.1% starch; BC = BP substituted for corn silage, containing 20.6% starch; BCB = BP substituted for corn silage and barley grain ground, containing 20.3% starch.

مشابه (Dann *et al.*, 2014; Sun & Oba, 2014) یا یک افزایش در درصد چربی (Mahjoubi *et al.*, 2009;) افزایش در درصد چربی (Mahjoubi *et al.*, 2009;) را در زمان خوراندن منابع فیبر غیرعلوفه‌ای به جای منابع غنی از نشاسته گزارش کردند. وقتی تفاله چغندر قند به جای دانه غلات خورنده شد، درصد و مقدار پروتئین تحت تأثیر قرار نگرفت (Voelker & Allen, 2003a; Dann *et al.*, 2014;) (Alamouti *et al.*, 2014; Dann *et al.*, 2015) و یا کاهش یافت (Alamouti *et al.*, 2009; Shahmoradi *et al.*, 2015) (Mahjoubi *et al.*, 2009;) پژوهش‌هایی که دانه جو (Mahjoubi *et al.*, 2009; Alamouti *et al.*, 2014; Shahmoradi *et al.*, 2015) یا ذرت (Voelker & Allen, 2003a; Dann *et al.*, 2015) را با تفاله چغندر قند جایگزین کردند تفاوتی در درصد یا مقدار لاکتوز گزارش نکردند.

وزن بدن و امتیاز وضعیت بدنی

از روز صفر تا ۲۱ پس از زایش، امتیاز وضعیت بدنی از ۰/۴ تا ۰/۴۷ واحد و وزن بدن از ۲۸/۸ تا ۳۱/۱ کیلوگرم کاهش یافت، اما تفاوتی در تغییر امتیاز وضعیت بدنی و وزن بدن بین جیره‌های آزمایشی وجود نداشت (جدول ۳).

مواد معدنی و متابولیت‌های سرم

غلظت‌های سرمی مواد معدنی و متابولیت‌های خونی در جدول ۴ ارائه شده‌اند. به جز گلوکز، NEFA و BHBA سرم، جیره و اثر متقابل جیره در زمان مواد معدنی سرم (کلسیم، منیزیم و فسفر) و دیگر متابولیت‌های خون (BUN، گلوکز، AST، GGT، کلسترول، بیلی‌روبین کل و تری‌گلیسیرید) را تحت تأثیر قرار نداد. غلظت سرمی گلوکز توسط جیره، زمان و اثر متقابل آن‌ها تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۴). طی روز ۱ تا ۲۱ پس از زایش، گاوها تغذیه‌شده با جیره BB غلظت‌های سرمی پایین‌تری در بین دیگر جیره‌های آزمایشی داشتند (P<۰/۰۱). نسبت به گروه CO، گاوهای تغذیه‌شده با BC (P=۰/۰۴) غلظت‌های بالاتری از گلوکز داشتند و گاوها در BCB تمایل به داشتن غلظت بالاتری از گلوکز سرم بودند (P=۰/۰۷). اثر متقابل تیمار در زمان (شکل ۲؛ P=۰/۰۱) نشان داد که در مقایسه با CO در روز ۳ شیردهی گاوهای BCB غلظت بالاتری از گلوکز داشتند

نتایج تولید شیر در توافق با مشاهدات ماده خشک مصرفی بودند. مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر، جایگزین کردن علوفه با منابع فیبر غیرعلوفه‌ای منجر به افزایش ۲/۴ (Naderi *et al.*, 2016) و ۱/۷ (Holt *et al.*, 2010) کیلوگرمی در تولید شیر شد. در راستا با نتایج پژوهش حاضر، برخی پژوهش‌ها که منابع غنی از نشاسته را با منابع فیبر غیرعلوفه‌ای جایگزین کردند کاهش در تولید شیر را گزارش نمودند. O'Mara *et al.* (1997) یک کاهش ۱/۴ کیلوگرمی در زمان جایگزینی دانه ذرت با تفاله چغندر قند مشاهده کردند، در حالی که Shahmoradi *et al.* (2015) یک کاهش ۱۱ درصدی در تولید شیر را در زمان خوراندن ۱۹/۳ درصد در برابر صفر درصد تفاله چغندر قند دریافتند، اما این پاسخ کاهشی در زمان جایگزینی ۹/۷ درصد تفاله چغندر قند به جای دانه جو مشاهده نشد. برخلاف آن، مطالعات دیگر که دانه جو و ذرت را با تفاله چغندر قند (Voelker & Allen, 2003a; Mahjoubi *et al.*, 2009) یا تفاله چغندر قند و زیره گندم جایگزین (Dann *et al.*, 2014; Ertl *et al.*, 2015; Dann *et al.*, 2015) تفاوتی در تولید شیر یا FCM مشاهده نکردند. افزون بر آن، کاهش دادن نشاسته جیره به وسیله خوراندن منابع فیبر غیرعلوفه‌ای به جای ترکیبی از علوفه و کنسانتره تولید شیر را تحت تأثیر قرار نداد (Fredin *et al.*, 2012; Piccioli-Cappelli *et al.*, 2014; Weiss, 2012). تفاوت‌ها در طرح‌های آزمایشی، نوع علوفه و غلات، سطوح نشاسته و فیبر حاصل از شوینده خنثی و مرحله شیردهی ممکن است تا حدودی نتایج تفاوت بین مطالعات را توضیح دهد.

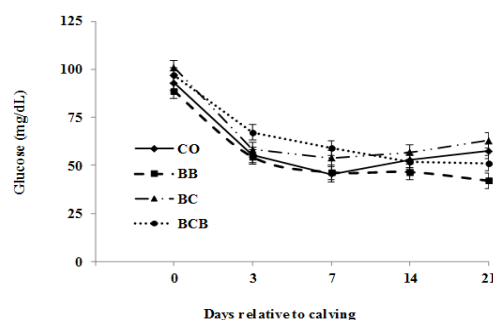
تمایل به کاهش درصد چربی شیر در گاوهای BC و BCB نسبت به گروه CO با نسبت کاهش یافته فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای در توافق است. به طور مشابه، پس از جایگزینی فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای با پوسته سویا و تفاله چغندر قند، Holt *et al.* (2010) کاهش در درصد چربی و پروتئین شیر را گزارش کردند، در حالی که درصد لاکتوز افزایش یافت. افزون بر آن، وقتی که سیلاژ ذرت با تفاله چغندر قند در گاوهای اواخر دوره شیردهی جایگزین شد، Naderi *et al.* (2016) یک کاهش درصد چربی شیر از ۳/۴۶ به ۳/۹۹ درصد را گزارش کردند؛ اما برخی پژوهش‌ها درصد و مقدار چربی

غلظت‌های گلوکز طی ۲۹ روز اول دوره شیردهی را افزایش داد. Naderi *et al.* (2016) تغییری در غلظت گلوکز در گاوهای اواسط دوره شیردهی در زمان جایگزینی ذرت سیلو شده با تفاله چغندر قند که منجر به کاهش فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای از ۲۱/۳ به ۱۶/۵، ۱۴/۱، یا ۱۱/۷ درصد را مشاهده نکردند. کاهش دادن سطح نشاسته به‌وسیله جایگزین کردن دانه غلات با تفاله چغندر قند در جیره‌های گاوهای تازه‌زا (Voelker & Allen, 2015)، (Shahmoradi *et al.*, 2015)، اوایل دوره شیردهی (Mahjoubi *et al.*, 2009) و اواخر (2003) یا دیگر منابع الیاف غیر علوفه‌ای در گاوهای تازه‌زا (McCarthy *et al.*, 2015b) یا گاوهای اوایل دوره شیردهی (Sun & Oba, 2014) غلظت گلوکز سرم را کاهش داد که از نتایج ما در جیره BB حمایت می‌کند.

غلظت انسولین تحت تأثیر جیره و زمان قرار گرفت (جدول ۴) که به‌موجب آن غلظت انسولین برای گاوهای BB نسبت به گاوها در CO، BC و BCB پایین‌تر بود ($P < 0.01$). تمایل به معنی‌داری اثر متقابل جیره در زمان ($P = 0.10$ ؛ شکل ۳) نشان داد که گاوهای CO غلظت‌های انسولین سرمی بالاتری در مقایسه با گاوها BB در ۱۴ و ۲۱ روزهای شیردهی داشتند.

پروپیونات به‌عنوان یک عامل بالقوه ترشح انسولین شناخته شده است (Grovm, 1995). درحالی‌که سطوح نشاسته در جیره‌های BB، BC و BCB مشابه بودند، اما به نظر می‌رسد که سطوح بالاتر پروپیونات در نتیجه مقادیر بیش‌تر دانه جو به‌عنوان یک منبع نشاسته به‌سرعت قابل تخمیر در BC و BCB نسبت به BB (۱۳/۴ و ۷/۴ درصد در مقایسه با ۶/۳ درصد) منجر به سطوح بالاتری از انسولین شده‌اند. Rabelo *et al.* (2005) هیچ اثری از کاهش درصد علوفه بر غلظت پلاسمایی انسولین طی ۲۰ روز اول پس از زایش مشاهده نکردند. به همین ترتیب، Pereira & Armentano (2000) اثری از افزودن منابع فیبر غیرعلوفه‌ای بر غلظت انسولین وقتی که با بخشی از علوفه و کنسانتره با منابع فیبر غیرعلوفه‌ای جایگزین شدند (۱۷/۲ و ۲۰ درصد از ماده خشک به ترتیب)، مشاهده نکردند. به‌طور معکوس، Piantoni *et al.* (2014) یک افزایش در غلظت‌های انسولین در زمان کاهش فیبر حاصل از شوینده خنثی

($P < 0.01$) و در روز ۷ شیردهی گاوها در BC ($P = 0.03$) و BCB ($P < 0.01$) غلظت بالاتری از گلوکز سرم داشتند، درحالی‌که در روز ۲۱ شیردهی غلظت گلوکز سرم در گاوهای BB در مقایسه با CO پایین‌تر بود ($P < 0.01$). اثر زمان ($P < 0.01$) بر غلظت گلوکز سرم نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت گلوکز به ترتیب در روز زایش (۹۵ میلی‌گرم در دسی لیتر) و روز ۷ شیردهی (۵۱ میلی‌گرم در دسی لیتر) بود. غلظت افزایش‌یافته گلوکز سرم طی پیرامون زایش ممکن است نتیجه‌ای از آدپتاسیون هموراتیک مانند افزایش گلوکونوژنز و گلیکوزنولیز جهت تامین گلوکز موردنیاز غدد پستان برای تولید شیر باشد (Garverick *et al.*, 2013).



شکل ۲. اثر جیره‌های آزمایشی بر گلوکز سرم (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) طی دوره آزمایش. جیره، $P = 0.02$ ؛ زمان، $P = 0.01$ ؛ جیره در زمان $P < 0.10$

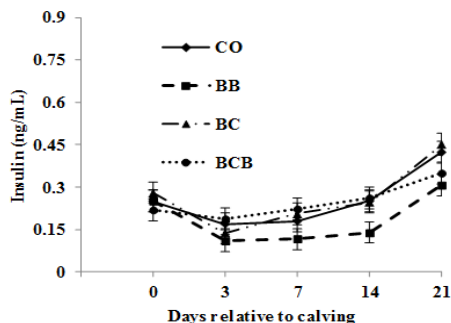
** جیره با نشاسته بالا، دانه جو بالا (CO)؛ جیره‌ها با نشاسته پایین: جایگزینی تفال چغندر قند برای دانه جو با (BB)؛ یا سیلاژ ذرت (BC)؛ یا جایگزینی تفال چغندر قند برای سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB).

Figure 2. Dietary treatment effects on serum glucose concentrations (mg/dL) over time. Diet, $P < 0.01$; Time, $P = 0.01$; Diet \times Time, $P = 0.01$.

** High-starch diet: high barley grain (CO); reduced-starch diets: BP substituted for barley grain ground (BB); or corn silage (BC); or BP substituted for corn silage and barley grain ground (BCB).

در توافق با نتایج پژوهش حاضر، طی ۲۰ روز اول دوره شیردهی، Rabelo *et al.* (2005) یک افزایش در غلظت گلوکز پلاسمای در گاوهای تغذیه‌شده در جیره‌های با نسبت پایین (۴۰ به ۶۰؛ ۲۵ درصد فیبر حاصل از شوینده خنثی) علوفه به کنسانتره در مقایسه با نسبت بالاتر (۶۰ به ۴۹؛ ۳۰ درصد فیبر حاصل از شوینده خنثی) گزارش کردند. به‌طور مشابه در پژوهش اخیر (Piantoni *et al.*, 2014)، کاهش دادن فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه ای (fNDF) از ۲۶ به ۲۰ درصد

سرمی پایین‌تری در ۷، ۱۴ و ۲۱ روزهای شیردهی نسبت به گاوهای CO داشتند، اما NEFA سرم بین تیمار CO و BB مشابه بود ($P > 0.05$).



شکل ۳. اثر جیره‌های آزمایشی بر انسولین سرم (نانوگرم بر میلی‌لیتر) طی دوره آزمایش. جیره، $P < 0.01$ ؛ زمان، $P = 0.10$ ؛ جیره در زمان، $P < 0.01$

** جیره با نشاسته بالا، دانه جو بالا (CO)؛ جیره‌ها با نشاسته پایین: جایگزینی تفال چغندر قند برای دانه جو با (BB)؛ یا سیلاژ ذرت (BC)؛ یا جایگزینی تفال چغندر قند برای سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB).

Figure 3. Dietary treatment effects on serum insulin concentrations (ng/mL) over time. Diet, $P = 0.01$; Time, $P = 0.01$; Diet \times Time, $P = 0.10$

** High-starch diet: high barley grain (CO); reduced-starch diets: BP substituted for barley grain ground (BB); or corn silage (BC); or BP substituted for corn silage and barley grain ground (BCB).

علوفه ای را در جیره‌های گاوهای تازه‌زا گزارش کردند. جایگزین کردن منابع غنی از نشاسته با تفال چغندر قند طی اوایل (Voelker & Allen, 2003b) و اواخر دوره شیردهی (Mahjoubi *et al.*, 2009) یا دیگر منابع فیبر غیرعلوفه‌ای طی ۲۱ روز اول دوره شیردهی (McCarthy *et al.*, 2015b) منجر به غلظت‌های انسولین کاهش یافته در زمان خوراندن منابع فیبر غیرعلوفه‌ای شد. برخلاف آن، Shahmoradi *et al.* (2015) گزارش کردند غلظت انسولین سرم با کاهش دادن نشاسته از ۲۸/۲ (تفال چغندر قند صفر درصد) به ۱۶/۲۵ درصد (تفال چغندر قند ۹/۶۵ درصد) با جایگزین کردن تفال چغندر قند به جای دانه جو در جیره دوره انتقال تحت تأثیر قرار نگرفت.

تیمارهای جیره‌ای ($P < 0.01$) و زمان ($P = 0.01$) به‌طور معنی‌داری غلظت NEFA سرم را طی ۱ تا ۲۱ پس از زایش تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۴). نسبت به گروه CO، NEFA سرم برای گاوهای BC ($P < 0.01$) و BCB ($P = 0.02$) پایین‌تر بود، اما بین گاوهای BB و CO متفاوت نبود ($P = 0.70$). همچنین یک تمایل برای اثر متقابل تیمار در زمان وجود داشت ($P = 0.01$ ؛ شکل ۴). به‌طوری‌که گاوهای تغذیه‌شده با BC و BCB غلظت‌های

جدول ۴. اثر کاهش سطوح نشاسته به‌وسیله خوراندن تفال چغندر قند بر مواد معدنی و متابولیت‌های سرم، انسولین و شاخص کمی حساسیت به انسولین در گاوهای تازه‌زا

Table 4. Effects of dietary treatments on serum minerals, metabolites, insulin, and insulin sensitivity check index in fresh cows

Items	Experimental diets ¹				SEM	P - value		
	CO	BB	BC	BCB		Diet	Time	Diet \times Time
Ca, mg/dL	9.87	9.81	9.99	9.64	0.22	0.46	0.01	0.49
Mg, mg/dL	2.09	2.18	2.08	2.07	0.09	0.67	<0.01	0.15
P, mg/dL	5.83	5.77	5.66	5.60	0.33	0.89	<0.01	0.20
Total protein, g/dL	6.72	6.37	6.42	6.68	0.39	0.74	<0.01	0.31
Globulin, g/dL	3.10	2.78	2.70	3.03	0.41	0.68	<0.01	0.70
BUN ² , mg/dL	14.51	13.15	14.99	13.36	0.67	0.16	<0.01	0.83
Glucose, mg/dL	52.76 ^b	47.34 ^c	58.12 ^a	57.26 ^{ab}	1.70	<0.01	<0.01	0.01
NEFA, mmol/L	0.93 ^a	0.95 ^a	0.67 ^b	0.72 ^b	0.06	<0.01	0.01	0.08
BHBA ³ , mmol/L	1.23 ^a	1.22 ^a	0.88 ^b	0.92 ^b	0.08	0.01	<0.01	<0.01
Triglyceride, mg/dL	24.75	21.93	20.99	21.26	2.08	0.23	<0.01	0.26
Insulin, ng/mL	0.26 ^a	0.16 ^b	0.27 ^a	0.24 ^a	0.026	0.02	0.01	0.10
RQUICKI ⁴	0.43 ^b	0.50 ^a	0.44 ^b	0.45 ^{ab}	0.015	0.04	<0.01	0.24

(a-b) میانگین حداقل مربعات در هر ردیف با حروف مختلف، متفاوت هستند ($P < 0.05$).

۱. CO = نشاسته بالا، حاوی ۲۴/۹ درصد نشاسته؛ BB = تفال چغندر قند جایگزین شده برای دانه جو، حاوی ۱۹/۱ درصد نشاسته؛ BC = تفال چغندر قند جایگزین شده برای سیلاژ ذرت، حاوی ۲۰/۶ درصد نشاسته؛ BCB = تفال چغندر قند جایگزین شده برای سیلاژ ذرت و دانه جو، حاوی ۲۰/۳ درصد نشاسته.

۲. نیتروژن اوره ای خون

۳. بتا هیدروکسی بوتیریک اسید

۴. شاخص کمی حساسیت به انسولین.

a-c) Least squares means within same row with different superscripts differ ($P \leq 0.05$).

1. CO= high starch, containing 24.9% starch; BB= BP substituted for barley grain ground, containing 19.1% starch; BC= BP substituted for corn silage, containing 20.6% starch; BCB= BP substituted for corn silage and barley grain ground, containing 20.3% starch.

2. Blood urea nitrogen

3. Beta-hydroxy butyrate acid

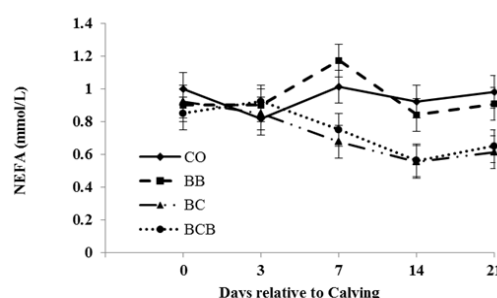
4. Revised quantitative insulin sensitivity check index

کاهش (al., 2011; McCarthy *et al.*, 2015b) نشاسته منابع فیبر غیرعلوفه‌ای را جایگزین غلات کردند یک افزایش در NEFA را در گاوهای اوایل دوره شیردهی گزارش کردند، درحالی‌که Mahjoubi *et al.* (2009) و Sun & Oba (2014) اثری از کاهش نشاسته را در گاوهای اواخر و اوایل دوره شیردهی گزارش نکردند.

گاوهای تغذیه‌شده با جیره CO و BC، RQUICKI پایین‌تری در مقایسه با گاوهای BB داشتند و گاوهای BCB تمایل به داشتن RQUICKI پایین‌تری در مقایسه با BB طی ۱ تا ۲۱ روز پس از زایش داشتند. در پژوهش حاضر، گاوهای CO، BC و BCB غلظت بالاتری از انسولین در مقایسه با BB داشتند؛ علاوه بر این آن‌ها یک حساسیت به انسولین کاهش‌یافته را نشان دادند که به‌صورت RQUICKI پایین‌تر ارائه شد. مقاومت به انسولین افزایش‌یافته و تولید شیر بالاتر ممکن قابلیت دسترسی بالاتر گلوکز را برای غدد پستان در گاوهای CO، BC و BCB در مقایسه با گاوهای BB پیشنهاد کند. در توافق با نتایج ما، McCarthy *et al.* (2015) کاهش RQUICKI برای گاوهای تغذیه‌شده با جیره‌های پروپیونیک طی ۱ تا ۲۱ روز پس از زایش را گزارش کردند.

غلظت BHBA سرم به وسیله جیره، زمان و جیره در زمان تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۴). نسبت به گروه CO، BHBA سرم برای گاوهای BC و BCB پایین‌تر بود؛ اما بین گاوهای BB و CO متفاوت نبود. اثر متقابل جیره در زمان نشان داد که BHBA سرم در روز ۳ شیردهی در میان جیره‌های آزمایشی مشابه بود ($P > 0.05$)، درحالی‌که در مقایسه با گاوهای CO، گاوها در BC و BCB غلظت BHBA سرمی پایین‌تری در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ شیردهی داشتند ($P < 0.05$: شکل ۵). غلظت‌های BHBA سرمی پایین‌تر در گاوهای تغذیه‌شده با BC و BCB در مقایسه با گروه BB و CO، ممکن است در نتیجه خوراک مصرفی بالاتر، عرضه پروبیون‌ها و گلوکونئوز بیش‌تر و متعاقباً کتوزنز در گروه BC و BCB کاهش یافته باشد.

بلافاصله پس از زایش، بافت‌های محیطی از کتون بادی‌های حاصل از اکسیداسیون اسیدهای چرب



شکل ۴. اثر جیره‌های آزمایشی بر NEFA سرم (میلی مول بر لیتر) طی دوره آزمایش. جیره، $P < 0.01$ ؛ زمان، $P = 0.08$ ؛ جیره در زمان $P = 0.01$.

** جیره با نشاسته بالا، دانه جو بالا (CO)؛ جیره‌ها با نشاسته پایین: جایگزینی تغال چغندرقد برای دانه جو با (BB)؛ یا سیلاژ ذرت (BC)؛ یا جایگزینی تغال چغندرقد برای سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB).

Figure 4. Dietary treatment effects on serum FFA concentrations (mmol/L) over time. Diet, $P < 0.01$; Time, $P = 0.01$; Diet \times Time, $P = 0.08$.

** High-starch diet: high barley grain (CO); reduced-starch diets: BP substituted for barley grain ground (BB); or corn silage (BC); or BP substituted for corn silage and barley grain ground (BCB).

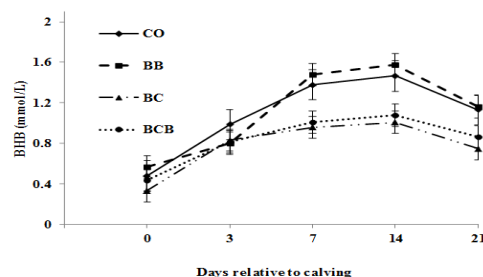
لیپولیز افزایش‌یافته ذخایر بدنی و NEFA، به‌عنوان یک سوبسترای انرژی، یک فرآیند هموراتیک برای کمک به تامین نیاز انرژی پس از زایش است. در مطالعه حاضر افزایش همزمان در غلظت گلوکز و انسولین سرم برای گاوهای تغذیه‌شده با CO، BC و BCB می‌تواند یک کاهش در لیپولیز بافت چربی را در مقایسه با گاوهای BB پیشنهاد کند. عدم تفاوت در غلظت NEFA سرم بین گاوهای CO و BB نشان داد که اثر آنتی لیپولیتیکی انسولین در بافت چربی رخ نداده است. به همین ترتیب تغییرات BCS و وزن بدن مشابه در میان تیمارهای آزمایشی پیشنهاد می‌کند که غلظت سرمی کاهش‌یافته NEFA در BC و BCB نسبت به CO در نتیجه کاهش لیپولیز بافت چربی نیست؛ بنابراین ممکن است در نتیجه برداشت بیشتر NEFA توسط سلول‌های کبدی گاوهای BC و BCB در مقایسه با گاوهای CO و BB باشد. در پژوهش حاضر، اثر کاهش‌دادن فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای بر غلظت سرمی NEFA در راستا با نتایج گزارش‌شده توسط Piantoni *et al.* (2014) است، درحالی‌که Rabelo *et al.* (2005) هیچ اثری از تیمار فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای در گاوهای تازه‌زا گزارش نکردند. پژوهش‌های پیشین (Nelson *et*

۲۱/۵ درصد گزارش کردند که گاوهای تغذیه شده با سطوح پایین نشاسته دارای غلظت BHBA سرمی بالاتری در مقایسه با جیره با نشاسته بالا طی ۲۱ روز اول دوره شیردهی هستند. برخلاف آن، پژوهش‌هایی که غلات را با تفاله چغندر قند (Voelker & Allen, 2003) یا دیگر منابع فیبر غیر علوفه‌ای (Sun & Oba, 2014) در گاوهای اوایل دوره شیردهی جایگزین کردند اثری از جیره بر غلظت BHBA مشاهده نکردند.

به‌طور مشابه، پژوهش‌های پیشین نشان دادند که جایگزین کردن منابع فیبر غیر علوفه‌ای برای علوفه غلات (Sun & Oba, 2014) اثری بر غلظت‌های کل پروتئین، گلوبولین، BUN و تری گلیسرید نداشت. برخلاف آن، در برخی پژوهش‌ها مشاهده کردند که جایگزین کردن دانه جو با تفاله چغندر قند در جیره گاوهای تازه‌زا غلظت‌های BUN را کاهش داد (Shahmoradi *et al.*, 2015) و منجر به افزایش در کل پروتئین سرم در گاوهای اواخر دوره شیردهی شد (Mahjoubi *et al.*, 2009).

غلظت آنزیم‌های کبدی سرم در جدول ۵ ارائه شدند. غلظت AST توسط جیره یا اثر متقابل جیره در زمان تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$)؛ اما غلظت GGT توسط جیره آزمایشی تحت تأثیر قرار گرفت ($P = 0.02$)، به‌طوری‌که گاوهای BC و BCB غلظت‌های پایین‌تری از GGT در مقایسه با گاوهای CO و BB داشتند ($P > 0.05$). همچنین یک تمایل به معنی‌داری برای اثر متقابل تیمار در زمان وجود داشت ($P = 0.09$ ؛ شکل ۶)، که نشان داد غلظت GGT سرم در روزهای ۱۴ و ۲۱ شیردهی برای گاوهای BC و BCB در مقایسه با CO و BB پایین‌تر بود. غلظت‌های سرمی پایین‌تر NEFA برای گاوهای BC و BCB در مقایسه با CO و BB ممکن است غلظت پایین‌تر GGT برای گاوها در BC و BCB را شرح دهد، همان‌طوری‌که Chamberlin *et al.* (2013) یک همبستگی مثبت بین غلظت NEFA پلاسما و فعالیت AST و GGT در گاوهای پس از زایش را گزارش کردند.

به‌عنوان یک پیش‌ساز انرژی استفاده می‌کنند که در نتیجه آن قابلیت دسترسی برای غدد پستان افزایش می‌یابد؛ اما عرضه بیش‌تر پروپوینات به سلول‌های کبدی ساخت اجسام کتون را به‌واسطه افزایش غلظت سوکسینیل کوا که به‌نوبه خود منجر به مهار آنزیم ۳-هیدروکسی ۳-متیل گلو تاریل کوا می‌شود، به‌عنوان یک مرحله محدودکننده در کتوژنز (Zammit, 1990)، کاهش می‌دهد (Drackley *et al.*, 2001).



شکل ۵. اثر جیره‌های آزمایشی بر BHBA سرم (میلی مول بر لیتر) طی دوره آزمایش جیره، $P = 0.01$ ؛ زمان، $P < 0.01$ ؛ جیره در زمان $P < 0.01$.

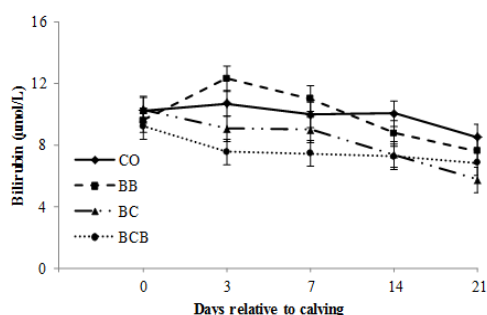
** جیره با نشاسته بالا، دانه جو بالا (CO)؛ جیره‌ها با نشاسته پایین؛ جایگزینی تفاله چغندر قند برای دانه جو با (BB)؛ یا سیلاژ ذرت (BC)؛ یا جایگزینی تفاله چغندر قند برای سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB).

Figure 5. Dietary treatment effects on serum BHBA concentrations (mmol/L) over time. Diet, $P = 0.01$; Time, $P < 0.01$; Diet \times Time, $P < 0.01$.

** High-starch diet: high barley grain (CO); reduced-starch diets: BP substituted for barley grain ground (BB); or corn silage (BC); or BP substituted for corn silage and barley grain ground (BCB).

در پژوهش حاضر، اثر کاهش دادن فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای بر BHBA سرم در توافق با نتایج گزارش شده توسط Rabelo *et al.* (2005)، Naderi *et al.* (2016) و Piantoni *et al.* (2014) بود که سطح فیبر حاصل از شوینده خنثی علوفه‌ای را در گاوهای اوایل تا اواخر دوره شیردهی کاهش دادند. برخی از پژوهش‌ها که منابع فیبر غیر علوفه‌ای را با منابع غلات جایگزین کردند یک افزایش در غلظت BHBA سرم گزارش کردند. Shahmoradi *et al.* (2015) دریافت که جایگزین کردن ۹/۷ درصد و ۱۹/۳ درصد تفاله چغندر قند به جای دانه جو در جیره گاوهای تازه‌زا منجر به افزایش در غلظت BHBA سرم می‌شود. به همین ترتیب، McCarthy *et al.* (2015b) با کاهش دادن سطح نشاسته از ۲۶/۶ به

برای برداشت و متابولیسم توسط سلول‌های کبد هستند (Reid *et al.*, 1979). به همین ترتیب، Chamberlin *et al.* (2013) یک همبستگی مثبت قوی بین غلظت‌های NEFA و بیلی‌روبین پلاسما در دوره پیرامون زایش گزارش کردند. در پژوهش حاضر افزایش در بیلی‌روبین سرم در گاوهای CO و BB در مقایسه با گاوهای BC و BCB ممکن است در نتیجه غلظت‌های افزایش‌یافته NEFA باشد.



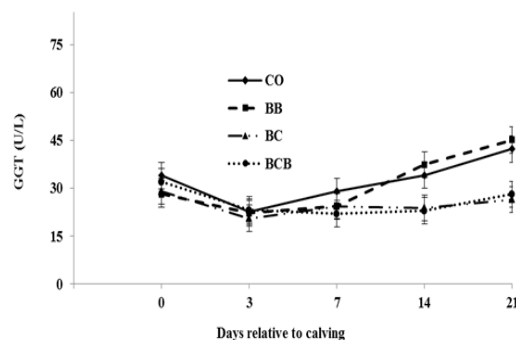
شکل ۷. اثر جیره‌های آزمایشی بر بیلی‌روبین کل سرم (میکرومول بر لیتر) طی دوره آزمایش. جیره، $P = 0.01$ ؛ زمان، $P < 0.01$ ؛ جیره در زمان $P < 0.01$.

** جیره با نشاسته بالا، دانه جو بالا (CO)؛ جیره‌ها با نشاسته پایین: جایگزینی تفال چغندر قند برای دانه جو با (BB)؛ یا سیلاژ ذرت (BC)؛ یا جایگزینی تفال چغندر قند برای سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB).

Figure 7. Dietary treatment effects on serum bilirubin concentrations ($\mu\text{mol/L}$) over time. Diet, $P = 0.01$; Time, $P < 0.01$; Diet \times Time, $P < 0.01$.

** High-starch diet: high barley grain (CO); reduced-starch diets: BP substituted for barley grain ground (BB); or corn silage (BC); or BP substituted for corn silage and barley grain ground (BCB).

میانگین LFI توسط جیره‌های آزمایشی تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۵). اگرچه LFI برای گاوهای CO در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با جیره‌ها با نشاسته پایین BB، BC و BCB متفاوت نبود ($P > 0.05$)؛ اما مقادیر LFI برای گاوهای BC در مقایسه با BB بزرگتر بود ($P < 0.01$) و گاوهای BC تمایل به داشتن LFI بزرگتر در مقایسه با گروه CO بودند ($P = 0.07$). نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می‌کنند که پاک‌سازی مواد زائد توسط سلول‌های کبدی برای گاوهای BC در مقایسه با CO و BB بهتر بوده است، همانطور که با غلظت‌های پایین‌تر بیلی‌روبین کل سرم نیز نشان داده شد.



شکل ۶. اثر جیره‌های آزمایشی بر GGT سرم (واحد بر لیتر) طی دوره آزمایش. جیره، $P = 0.02$ ؛ زمان، $P < 0.01$ ؛ جیره در زمان $P = 0.09$.

** جیره با نشاسته بالا، دانه جو بالا (CO)؛ جیره‌ها با نشاسته پایین: جایگزینی تفال چغندر قند برای دانه جو با (BB)؛ یا سیلاژ ذرت (BC)؛ یا جایگزینی تفال چغندر قند برای سیلاژ ذرت و دانه جو (BCB).

Figure 6. Dietary treatment effects on serum γ -glutamyl transpeptidase (GGT) concentrations (U/L) over time. Diet, $P = 0.02$; Time, $P < 0.01$; Diet \times Time, $P = 0.09$.

** High-starch diet: high barley grain (CO); reduced-starch diets: BP substituted for barley grain ground (BB); or corn silage (BC); or BP substituted for corn silage and barley grain ground (BCB).

اثری از جیره بر غلظت آلبومین و کلسترول سرم وجود نداشت (جدول ۵)، اما غلظت‌های بیلی‌روبین کل به‌وسیله جیره، زمان و اثر متقابل جیره در زمان تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۵). غلظت‌های سرمی بیلی‌روبین کل برای گاوهای CO و BB نسبت به گاوهای BC و BCB بالاتر بود ($P < 0.05$). اثر متقابل جیره در زمان نشان داد که بیلی‌روبین سرم در روز ۳ شیردهی برای گاوهای CO، BB و BC مشابه بود ($P > 0.05$)، اما نسبت به گروه CO، غلظت بیلی‌روبین کل برای گاوهای BCB در روزهای ۳، ۷ و ۱۴ شیردهی ($P < 0.05$) پایین‌تر بود ($P < 0.01$)؛ همچنین گاوهای BC در گروه BC غلظت‌های بیلی‌روبین کل پایین‌تری در ۱۴ و ۲۱ روزهای شیردهی در مقایسه با گاوهای CO داشتند ($P > 0.05$ ؛ شکل ۷).

Bionaz *et al.* (2007) یک افزایش در غلظت

بیلی‌روبین پلاسما، به‌عنوان یک شاخص از عملکرد کبد (LFI) را در گاوها با عملکرد آسیب‌دیده کبد گزارش کردند. در غلظت‌های بالای NEFA حاصل از لیپولیز افزایش‌یافته، NEFA و بیلی‌روبین در رقابت

جدول ۵. اثر کاهش سطوح نشاسته به وسیله خوراندن تفاله چغندر قند بر آنزیم‌های کبدی و شاخص عملکرد کبد گاوهای تازه‌زا

Table 5. Effects of dietary treatments on hepatic enzymes, liver functionality index, in fresh cows

Items	Experimental diets ¹				SEM	P – value		
	CO	BB	BC	BCB		Diet	Time	Diet × Time
AST, U/L ²	68.50	70.01	69.56	67.70	5.96	0.97	0.01	0.91
GGT, U/L ³	32.24a	33.3a	23.71a	22.80b	2.54	0.02	0.01	0.09
Albumin, g/dL4	3.65	3.62	3.71	3.60	0.09	0.42	0.86	0.68
Cholesterol, mg/dL4	135.17	139.27	129.41	145.51	12.08	0.57	<0.01	0.35
Bilirubin, μmol/L4	9.70a	9.63a	7.78b	7.25b	0.55	0.01	<0.01	<0.01
LFI ⁵	-0.96 ab	-2.21 b	1.33 a	0.29 ab	0.90	0.048	-	-

(a-b) میانگین حداقل مربعات در هر ردیف با حروف مختلف، متفاوت هستند ($P < 0.05$).

۱. CO = نشاسته بالا، حاوی ۲۴/۹ درصد نشاسته؛ BB = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای دانه جو، حاوی ۱۹/۱ درصد نشاسته؛ BC = تفاله چغندر قند

جایگزین شده برای سیلاژ ذرت، حاوی ۲۰/۶ درصد نشاسته؛ BCB = تفاله چغندر قند جایگزین شده برای سیلاژ ذرت و دانه جو، حاوی ۲۰/۳ درصد نشاسته.

۲. آسپارات آمینو ترانسفراز.

۳. گاما- گلوتامیل ترانس پپتیداز.

۴. میانگین حداقل مربعات از ۱ تا ۲۱ روزهای شیردهی گزارش شده است.

۵. بر اساس غلظت متابولیت‌ها در ۳ و ۲۸ روزهای شیردهی محاسبه شده است.

a-b) Least squares means within same row with different superscripts differ ($P \leq 0.05$).

1. CO= high starch, containing 24.9% starch; BB = BP substituted for barley grain ground, containing 19.1% starch; BC= BP substituted for corn silage, containing 20.6% starch; BCB = BP substituted for corn silage and barley grain ground, containing 20.3% starch.

2. Aspartate aminotransferase

3. γ -glutamyl transpeptidase

4. LSM was reported over 1 to 21 DIM.

5. Calculated based on metabolites at 3 and 28 DIM.

تولید شیر را افزایش داد، در حالیکه جایگزینی جو با

تفاله چغندر قند ماده خشک مصرفی و تولید شیر را

کاهش داد. هم‌چنین، جایگزینی سیلاژ ذرت یا ترکیبی

از سیلاژ ذرت و دانه جو با تفاله چغندر قند به‌طور

موثری شاخص‌های انرژی (NEFA و BHBA سرم) را

بهبود داد؛ اما جایگزینی دانه جو با تفاله چغندر قند

منجر به افزایش NEFA و BHBA سرم شد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاهش سطح

نشاسته جیره گاوهای تازه‌زا با حفظ سطوح فیبر

حاصل از شوینده خنثی جیره می‌تواند ماده خشک

مصرفی و تولید شیر را تحت تأثیر قرار دهد، به طوری

که جایگزین کردن سیلاژ ذرت یا مخلوطی از دانه جو

و سیلاژ ذرت با تفاله چغندر قند ماده خشک مصرفی و

REFERENCES

1. Alamouti, A. A., Alikhani, M., Ghorbani, G. R. & Zebeli, Q. (2009). Effects of inclusion of neutral detergent soluble fibre sources in diets varying in forage particle size on feed intake, digestive processes, and performance of mid-lactation Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 154(1-2), 9-23.
2. Alamouti, A. A., Alikhani, M., Ghorbani, G. R., Teimouri-Yansari, A. & Bagheri, M. (2014). Response of early lactation Holstein cows to partial replacement of neutral detergent soluble fibre for starch in diets varying in forage particle size. *Livestock Science*, 160, 60-68.
3. 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.
4. Allen, M. S., Bradford, B. J. & Oba, M. (2009). Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science*, 87(10), 3317-3334.
5. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. *Association of Official Analytical Chemists*, Arlington, VA.
6. Bertoni, G. & Trevisi, E. (2013). Use of the liver activity index and other metabolic variables in the assessment of metabolic health in dairy herds. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 29(2), 413-431.
7. Chamberlin, W. G., Middleton, J. R., Spain, J. N., Johnson, G. C., Ellersieck, M. R. & Pithua, P. (2013). Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(11), 7001-7013.
8. Clark, P. W. & Armentano, L. E. (1997). Influence of particle size on the effectiveness of beet pulp fiber. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 898-904.

9. Drackley, J. K., Overton, T. R. & Douglas, G. N. (2001). Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, 84, E100-E112.
10. Dann, H. M., Tucker, H. A., Cotanch, K. W., Krawczel, P. D., Mooney, C. S., Grant, R. J. & Eguchi, T. (2014). Evaluation of lower-starch diets for lactating Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 97(11), 7151-7161.
11. Ertl, P., Zebeli, Q., Zollitsch, W. & Knaus, W. (2016). Feeding of wheat bran and sugar beet pulp as sole supplements in high-forage diets emphasizes the potential of dairy cattle for human food supply. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1228-1236.
12. Fernando, S. C., Purvis, H. T., Najar, F. Z., Sukharnikov, L. O., Krehbiel, C. R., Nagaraja, T. G., ... & DeSilva, U. (2010). Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(22), 7482-7490.
13. Fredin, S. M., Akins, M. S., Ferraretto, L. F. & Shaver, R. D. (2015). Effects of corn-based diet starch content and neutral detergent fiber source on lactation performance, digestibility, and bacterial protein flow in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 554-565.
14. Gaines, W. L. & Overman, O. R. (1938). Interrelations of milk-fat, milk-protein and milk-energy yield. *Journal of Dairy Science*, 21, 261-271.
15. Garverick, H. A., Harris, M. N., Vogel-Bluel, R., Sampson, J. D., Bader, J., Lamberson, W. R., Youngquist, R. S. (2013). Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *Journal of Dairy Science*, 96(1), 181-188.
16. Grovum, W. L. (1995). Mechanisms explaining the effects of short chain fatty acids on feed intake in ruminants-osmotic pressure, insulin and glucagons. In *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Proceedings of the English International Symposium on Ruminant Physiology, 1995*. Ferdinand Enke Verlag.
17. Holt, M. S., Williams, C. M., Dschaak, C. M., Eun, J. S. & Young, A. J. (2010). Effects of corn silage hybrids and dietary nonforage fiber sources on feed intake, digestibility, ruminal fermentation, and productive performance of lactating Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 5397-5407.
18. Holtenius, P. & Holtenius, K. (2007). A model to estimate insulin sensitivity in dairy cows. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 49(1), 1-3.
19. Ingvarsen, K. L. & Andersen, J. B. (2000). Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1573-1597.
20. Janicek, B. N., Kononoff, P. J., Gehman, A. M. & Doane, P. H. (2008). The effect of feeding dried distillers grains plus solubles on milk production and excretion of urinary purine derivatives. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3544-3553.
21. Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D. & Oliver, S. (2006). *SAS for mixed models*. SAS publishing.
22. Mahjoubi, E., Amanlou, H., Zahmatkesh, D., Khan, M. G. & Aghaziarati, N. (2009). Use of beet pulp as a replacement for barley grain to manage body condition score in over-conditioned late lactation cows. *Animal Feed Science and Technology*, 153(1-2), 60-67.
23. Marounek, M., Bartos, S. & Brezina, P. (1985). Factors influencing the production of volatile fatty acids from hemicellulose, pectin and starch by mixed culture of rumen microorganisms. *Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde*, 53(1-5), 50-58.
24. McCarthy, M. M., Yasui, T., Ryan, C. M., Mechor, G. D. & Overton, T. R. (2015a). Performance of early-lactation dairy cows as affected by dietary starch and monensin supplementation. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3335-3350.
25. McCarthy, M. M., Yasui, T., Ryan, C. M., Pelton, S. H., Mechor, G. D. & Overton, T. R. (2015). Metabolism of early-lactation dairy cows as affected by dietary starch and monensin supplementation. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3351-3365.
26. Miron, J., Adin, G., Solomon, R., Nikbachat, M., Zenou, A., Yosef, E., Brosh, A., Shabtay, A., Asher, A., Gacitua, H & Mabeesh, S. J. (2010). Effects of feeding cows in early lactation with soy hulls as partial forage replacement on heat production, retained energy and performance. *Animal Feed Science and Technology*, 155(1), 9-17.
27. Mullins, C. R., Grigsby, K. N., Anderson, D. E., Titgemeyer, E. C. & Bradford, B. J. (2010). Effects of feeding increasing levels of wet corn gluten feed on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 5329-5337.
28. Münnich, M., Khiaosa-Ard, R., Klevenhusen, F., Hilpold, A., Khol-Parisini, A. & Zebeli, Q. (2017). A meta-analysis of feeding sugar beet pulp in dairy cows: Effects on feed intake, ruminal fermentation, performance, and net food production. *Animal Feed Science and Technology*, 224, 78-89.

29. 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.
30. National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Academies Press.
31. Nelson, B. H., Cotanch, K. W., Carter, M. P., Gauthier, H. M., Clark, R. E., Krawczel, P. D., Grant, R.J., Yagi, K., Fujita, K & Dann, H. M. (2011). Effect of dietary starch content in early lactation on the lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(ESuppl.):637. (Abstr.)
32. O'mara, F. P., Murphy, J. J. & Rath, M. (1997). The effect of replacing dietary beet pulp with wheat treated with sodium hydroxide, ground wheat, or ground corn in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 80(3), 530-540.
33. Penner, G. B., Beauchemin, K. A. & Mutsvangwa, T. (2007). Severity of ruminal acidosis in primiparous Holstein cows during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 365-375.
34. Piantoni, P., Lock, A. L. & Allen, M. S. (2015a). Saturated fat supplementation interacts with dietary forage neutral detergent fiber content during the immediate postpartum and carryover periods in Holstein cows: Production responses and digestibility of nutrients. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3309-3322.
35. Piantoni, P., Lock, A. L. & Allen, M. S. (2015). Saturated fat supplementation interacts with dietary forage NDF content during the immediate postpartum in Holstein cows: Energy balance and metabolism. *Journal of Dairy Science*, 98, 3323-3334.
36. Piccioli-Cappelli, F., Loor, J. J., Seal, C. J., Minuti, A. & Trevisi, E. (2014). Effect of dietary starch level and high rumen-undegradable protein on endocrine-metabolic status, milk yield, and milk composition in dairy cows during early and late lactation. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7788-7803.
37. Rabelo, E., Rezende, R. L., Bertics, S. J. & Grummer, R. R. (2003). Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(3), 916-925.
38. Rabelo, E., Rezende, R. L., Bertics, S. J. & Grummer, R. R. (2005). Effects of pre-and postfresh transition diets varying in dietary energy density on metabolic status of periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(12), 4375-4383.
39. Reid, I. M., Roberts, C. J. & Manston, R. (1979). Reduced fertility associated with fatty liver in high-yielding dairy cows. *Veterinary Science Communications*, 3(1), 231-236.
40. Shahmoradi, A., Alikhani, M., Riasi, A., Ghorbani, G. R. & Ghaffari, M. H. (2016). Effects of partial replacement of barley grain with beet pulp on performance, ruminal fermentation and plasma concentration of metabolites in transition dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(1), 178-188.
41. Stocks, S. E. & Allen, M. S. (2012). Hypophagic effects of propionate increase with elevated hepatic acetyl coenzyme A concentration for cows in the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3259-3268.
42. Stocks, S. E. & Allen, M. S. (2013). Hypophagic effects of propionic acid are not attenuated during a 3-day infusion in the early postpartum period in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4615-4623.
43. Sun, Y. & Oba, M. (2014). Effects of feeding a high-fiber byproduct feedstuff as a substitute for barley grain on rumen fermentation and productivity of dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1594-1602.
44. Van Soest, P. V., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
45. Voelker, J. A. & Allen, M. S. (2003a). 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(11), 3542-3552.
46. Voelker, J. A. & Allen, M. S. (2003b). Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 2. Effects on digestion and ruminal digestion kinetics in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3553-3561.
47. Weiss, W. P. (2012). Use of a corn milling product in diets for dairy cows to alleviate milk fat depression. *Journal of Dairy Science*, 95(4), 2081-2090.
48. Wildman, E. E., Jones, G. M., Wagner, P. E., Boman, R. L., Troutt, H. F. & Lesch, T. N. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65(3), 495-501.
49. Zammit, V. A. (1990). Ketogenesis in the liver of ruminants—adaptations to a challenge. *The Journal of Agricultural Science*, 115(2), 155-162.