

تأثیر تغذیه منابع مختلف اسید چرب بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی گاوهای شیری هلشتاین دوره انتقال

ندا شیخ^۱، ابوالفضل زالی^۲، مهدی گنج‌خانلو^{۲*}، آرمن توحیدی^۲ و مهدی دهقان بنادکی^۳
۱، ۲، ۳. دانشجوی دکتری تغذیه دام، دانشیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۳)

چکیده

یکی از راهکارهای ارائه شده برای بهبود وضعیت سلامت گاوهای شیری پس از زایش، تغذیه منابع اسیدهای چرب غیراشباع است. هدف این تحقیق بررسی تأثیر منابع مختلف چربی بر ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیب‌های شیر و متابولیت‌های خونی در دوره انتقال در گاوهای شیری هلشتاین بود. شمار ۳۵ رأس گاو هلشتاین چند بار زایش آبدن (حدود ۲۱ روز پیش از زایش) انتخاب و به‌طور تصادفی به یکی از پنج تیمار آزمایشی شامل: ۱) شاهد (منبع اسیدهای چرب اشباع)، ۲) مکمل CLA، ۳) دانه کتان اکسترو، ۴) مخلوط دانه کتان اکسترو و CLA و ۵) کنجاله و روغن کلسمی کنجد اختصاص داده شدند. ماده خشک مصرفی و تولید شیر، روزانه اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خون در روزهای ۲۱-، ۱۴-، ۷-، ۰-، ۳-، ۷-، ۱۴ و ۲۱ نسبت به زمان زایش برای تعیین غلظت گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) و اسیدهای چرب آزاد غیراستریفیه پلاسما (NEFA) گردآوری شد. ماده خشک مصرفی، کمیت و کیفیت شیر، غلظت NEFA و تری‌گلیسرید پلاسما تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت ($P > 0.05$). در دوره پس از زایش، غلظت گلوکز پلاسما در تیمار CLA در مقایسه با جیره‌های شاهد، کتان و مخلوط کتان و CLA بالاتر بود ($P < 0.05$). تیمار کنترل، بالاترین غلظت LDL را داشت ($P < 0.05$). غلظت کلسترول تیمار شاهد در روزهای ۷ و ۱۴ پس از زایش در مقایسه با دیگر تیمارها بالاتر بود ($P < 0.05$). به‌طور کلی تغذیه اسیدهای چرب غیراشباع بر عملکرد تأثیری نداشت ولی موجب بهبود فراسنجه‌های خونی شد.

واژه‌های کلیدی: کتان اکسترو، کنجاله کنجد، CLA.

Effect of feeding different sources of fatty acids on performance and blood metabolites in Holstein dairy cows during transition period

Neda Sheikh¹, Abolfazl Zali², Mahdi Ganjkanlou^{2*}, Armin Towhidi² and Mahdi Dehghan-Banadaky³

1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Associate Professor and Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Oct. 28, 2017 - Accepted: Apr. 23, 2018)

ABSTRACT

An strategy to improve animal health during postpartum period is feeding unsaturated fatty acids sources in dairy cows. The aim of this study was to investigate the effects of different sources of fatty acids on DMI, milk production and composition and blood metabolites during the transition period in the Holstein dairy cow. Multiparous pregnant Holstein cows (n=35) were selected (around 21 days before calving) and assigned them randomly within one of the five experimental treatments including: 1) control (Source of palmitic acid), 2) CLA supplementation (Lutrell Pure, BASF), 3) extruded linseed (LIN), 4) extruded linseed and CLA blend (LIN+CLA), 5) meal and calcium oil sesame. DMI and milk yield were recorded daily. Blood samples were collected at -21, -14, -7, -3, 0, 3, 7, 14 and 21 d relative to calving to determine plasma concentration of glucose, cholesterol, triglyceride, Low density lipoprotein (LDL) and nonesterified fatty acid (NEFA). DMI, milk yield and composition, plasma concentrations of NEFA and triglyceride were not affected by treatments. During the postpartum period, plasma concentrations of glucose was greater in CLA treatment compared with control, LIN and LIN+CLA diets. Control treatment had the greatest plasma concentration of LDL. Cholesterol concentration of control treatment was higher at 7 and 14 d post calving compared with other treatments. Overall, feeding the unsaturated fatty acid improved concentration of blood metabolites, although they had no effect on performance.

Keywords: CLA, extruded linseed, meal sesame.

* Corresponding author E-mail: ganjkanlou@ut.ac.ir

مقدمه

دوره انتقال، دوره بحرانی از نظر تولید، وضعیت سلامت و تولیدمثل گاوهای شیری است. در این دوره تغییر شدید سوخت‌وسازی (متابولیسم)، ایمنی و اندوکرینی رخ می‌دهد که موجب حساسیت گاوها به بیماری‌ها می‌شود. افزایش نیاز انرژی و مواد مغذی، چالش تغذیه‌ای عمده در دوره پیش از زایش است در حالی که مصرف خوراک محدود است. این امر بیشتر گاوها را دچار تعادل منفی انرژی و کمبود مواد مغذی کلیدی در اوایل زایش می‌کند (Zebeli et al., 2015). یکی از سازگاری‌های مهم در حوالی زایش سرکوب لیپوژنز و افزایش پاسخ لیپولیتیک در بافت‌های چربی است که منجر به افزایش غلظت اسیدهای چرب غیراستریفیة (NEFA) خون می‌شود (Bell, 1997). غلظت NEFA خون از یک الی دو هفته پیش از زایش آغاز به افزایش کرده و در زمان زایش و یا هفته اول پس از زایش به اوج می‌رسد که با کاهش مصرف خوراک و اختلال‌های سوخت‌وسازی وابسته به انرژی مرتبط است (Grummer, 1993). در سال‌های اخیر نقش اسیدهای چرب ضروری به‌طور ویژه به‌عنوان واسطه‌های رشد، تولید، سلامت و تولیدمثل مورد توجه قرار گرفته است (Santos et al., 2008).

یکی از روش‌های بهبود توازن انرژی، کاهش محتوای چربی شیر است که ساخت آن هزینه انرژی بالایی دارد و تنظیم آن در مقایسه با دیگر ترکیب‌های شیر، با تغییر جیره غذایی آسان‌تر است. افزودن اسیدلینولئیک مزدوج (CLA) به جیره می‌تواند ساخت (سنتز) چربی شیر را در اوایل شیردهی کاهش دهد در نتیجه موجب بهبود توازن انرژی و متغیرهای مربوط به انرژی همچون NEFA و گلوکز شود (Odens et al., 2007). همپار (ایزومر) هندسی و موضعی اسید لینولئیک است. همپار عمده آن در شیر نشخوارکنندگان، سیس-۹، ترانس-۱۱ CLA است، که از واکسینیک اسید توسط آنزیم دلتا-۹ غیراشباع‌ساز در غده پستان تولید می‌شود (Kay et al., 2004). برخی محققان در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، استفاده از مکمل CLA در جیره گاوهای دوره انتقال موجب افزایش تولید شیر و غلظت گلوکز خون و

کاهش درصد و میزان چربی شیر شد (Rezaei et al., 2016). تغذیه مکمل CLA به گاوهای یک‌بار زایش یا چند بار زایش و همچنین پیش یا پس از زایش تأثیر متفاوتی را بر تولید و ترکیب‌های شیر داشت (Chandler et al., 2017).

نزدیک به ۵۵ درصد اسیدهای چرب دانه کتان را آلفا لینولنیک اسید تشکیل می‌دهد (McCullough et al., 2011). تغذیه دانه کتان اکستروود شده در مقایسه با روغن پالم محافظت‌شده موجب افزایش گلوکز خون و کاهش درصد چربی شیر شد (Jahani-Moghadam et al., 2015). همچنین تغذیه دانه کتان اکستروود به‌عنوان منبع امگا-۳ در مقایسه با سویای تفت‌داده شده به‌عنوان منبع امگا-۶ و روغن پالم باعث کاهش درصد و میزان چربی شیر و LDL خون شد (Dirandeh et al., 2013). حدود ۴۷ درصد اسیدهای چرب دانه کنجد را لینولنیک اسید تشکیل می‌دهد (Were et al., 2006). بررسی‌ها در مورد استفاده از کنجاله و روغن کنجد در گاوهای شیری بسیار محدود است. در یک بررسی، به‌طور کلی تأثیر متفاوتی در مورد کنجاله کنجد به‌عنوان محصول فرعی مشاهده نشد (Shirzadegan & Jafari, 2014).

بنابراین هدف از این تحقیق، ارزیابی و مقایسه تأثیر تغذیه دانه کتان اکستروود شده (منبع امگا-۳)، مکمل CLA، مخلوط دانه کتان اکستروود شده و مکمل CLA و همچنین کنجاله و روغن کلسیمی کنجد (منبع امگا-۶) بر خوراک مصرفی، تولید و ترکیب شیر و فراسنجه‌های خونی در دوره انتقال در گاوهای شیری هلشتاین بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در واحد آموزشی-پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. شمار ۳۵ رأس گاو چند بار زایش غیر شیرده هلشتاین بر پایه تاریخ احتمالی زایش، بارهای زایش و تولید شیر دوره پیش، از سه هفته پیش از زایش تا ۳ هفته پس از زایش به‌صورت تصادفی به پنج تیمار آزمایشی با هفت تکرار در هر تیمار اختصاص داده شدند و در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شدند. جیره‌های آزمایشی بر پایه جدول‌های

است. خوراک در دوره پیش و پس از زایش به صورت روزانه و در دو نوبت به شکل بسیار مخلوط در اختیار گاوها قرار گرفت. میزان خوراک مصرفی هر گاو روزانه ثبت شد. برای تعیین ماده خشک، هفته‌ای یکبار از خوراک و پس‌آخور هر گاو نمونه‌برداری و در آن (۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت) قرار داده شد. در طول دوره شیردهی گاوها ۳ بار در روز دوشیده شدند. تولید شیر به صورت روزانه اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از شیر توسط شیرسنج (میلکومتر) انجام شد و ترکیب‌های شیر شامل چربی، پروتئین و لاکتوز هفته‌ای یکبار توسط دستگاه تجزیه شیر (Kombi-Foss 5000, Denmark) در آزمایشگاه شیر شهریار اندازه‌گیری شد.

نیازهای غذایی انجمن تحقیقات ملی (۲۰۰۱) گاو شیری در دوره پیش و پس از زایش به‌گونه‌ای تنظیم شد که از نظر انرژی و پروتئین یکسان بودند. تیمارها شامل ۱- جیره شاهد (control): جیره حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب اشباع (استناریک اسید و پالمیتیک اسید) ۲- جیره حاوی مکمل CLA (شرکت گلبار نوید بهار، Lutrel Pure, BASF, Ludwigshafen, Gemany)، ۳- جیره حاوی دانه کتان اکستروده (Lin) به‌عنوان منبع امگا-۳، ۴- جیره حاوی CLA و دانه کتان اکستروده (Lin+CLA) ۵- جیره حاوی کنجاله کنجد و روغن کنجد کلسیمی شده به‌عنوان منبع امگا-۶ (Sesame). مواد خوراکی جیره‌ها در جدول ۱ و ترکیب شیمیایی و اسید چرب جیره‌ها در جدول ۲ بیان شده

جدول ۱. مواد خوراکی جیره‌های پیش و پس از زایش

Table 1. Ingredients of pre and postpartum diets

Ingredient (% of DM)	Prepartum					Postpartum				
	Control	CLA	Lin	CLA+Lin	Sesame	Control	CLA	Lin	CLA+Lin	Sesame
Alfalfa hay mid	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25
Corn silage	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
Beet pulp, dehydrated	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Corn grain, ground	7.94	7.94	7.94	7.94	7.94	15.16	15.16	15.16	15.16	15.16
Barley grain, ground	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	12.91	12.91	12.91	12.91	12.91
Soybean meal	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	11.45	11.45	11.45	11.45	11.45
Cottonseed whole	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
Corn gluten meal	-	-	-	-	-	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
Canola meal	3.17	3.17	0.99	1.87	-	6.72	6.72	2.35	3.65	-
Wheat bran	6.55	6.55	6.75	6.67	7.62	-	-	0.49	0.34	2.53
Extruded linseed	-	-	2.86	1.67	-	-	-	5.09	3.65	-
Fat powder ¹	0.95	0.56	-	-	-	1.68	1.23	-	-	-
Sesame meal	-	-	-	-	2.18	-	-	-	-	4.32
Ca salt of Sesame oil ²	-	-	-	-	0.83	-	-	-	-	1.4
CLA supplement ³	-	0.4	-	0.4	-	-	0.5	-	0.5	-
Glycoline	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Sodium bicarbonate	-	-	-	-	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Ammonium chloride	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	-	-	-	-	-
Magnesium oxide	-	-	-	-	-	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Mg sulfate	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	-	-	-	-	-
Salt	-	-	-	-	-	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Min and vit premix ⁴	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Calcium carbonate	0.4	0.4	0.48	0.48	0.4	0.34	0.34	0.73	0.67	0.56
DCP	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.28	0.34	0.34	0.28	0.16
Zeolite	-	-	-	-	-	0.78	0.78	0.72	0.67	0.78
Toxin binder	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

۱. نمک کلسیمی اسیدهای چرب پالمیتیک و استناریک اسید (شرکت دانش‌بنیان کیمیا دانش‌وند- قم- ایران).

۲. شرکت دانش‌بنیان کیمیا دانش‌وند- قم- ایران.

۳. شرکت گلبار نوید بهار Lutrel Pure, BASF, Ludwigshafen, Gemany

۴. شامل (به ازای هر کیلوگرم): ۱,۶۰۰,۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۵۰,۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۷,۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین بیوتین، ۴۰ گرم فسفر، ۱۶۰ گرم کلسیم، ۱۰,۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰ میلی‌گرم گوگرد، ۱۴,۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۵,۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۶,۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۲۰۰ میلی‌گرم ید، ۱۰۰ میلی‌گرم سلنیوم و ۳,۰۰۰ میلی‌گرم پاداکسند.

1. Ca salt of palmitic and stearic acids (kimiya Alvand Science based Company, Ghom, Iran).

2. Kimiya Alvand Science based Company, Ghom, Iran.

3. Lutrel Pure, BASF, Ludwigshafen, Gemany, supplied by Golbar Navid Bahar Company

4. Contained (per kg): 1,600,000 IU of Vitamin A, 250,000 IU of Vitamin D3, 7000 mg of Vitamin E, 250 mg Vitamin biotin (H2), 40 g of P, 160 g of Ca, 10,000 mg of Mn, 30 mg of S, 14,000 mg of Zn, 5,000 mg of Fe, 6,000 mg of Cu, 100 mg of Co, 200 mg of I, 100 mg of Se and 3000 mg of Anti-oxidant.

۲. ترکیب شیمیایی و اسید چرب جیره‌های پیش و پس از زایش

Table 2. Nutrient and fatty acid composition of pre and postpartum diets

	Prepartum					Postpartum				
	Control	CLA	Lin	CLA+Lin	Sesame	Control	CLA	Lin	CLA+Lin	Sesame
Chemical composition, (% of DM)										
CP	15.5	15.5	15.53	15.53	15.56	17.27	17.28	17.27	17.28	17.29
Fat	3.45	3.45	3.46	3.45	3.47	4.08	4.10	4.10	4.09	4.08
NDF	37.63	37.63	37.44	37.51	37.77	30.25	30.25	29.85	30.01	30.6
ADF	22.57	22.57	22.45	22.5	22.55	18.67	18.67	18.39	18.52	18.64
Ca	0.83	0.83	0.77	0.80	0.80	0.82	0.82	0.82	0.83	0.81
K	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25	1.11	1.11	1.12	1.12	1.11
Na	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
S	0.27	0.27	0.25	0.26	0.24	0.27	0.27	0.24	0.25	0.22
Cl	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
DCAD (mEq/100g)	-2.39	-2.36	-0.84	-1.68	-1.20	19.89	19.86	22.19	21.53	23.3
NEL (Mcal/Kg)	1.68	1.68	1.66	1.66	1.66	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
FA composition, g/100 g of FA										
C12:0	0.23	0.24	0.10	0.11	0.10	0.36	0.38	0.22	0.26	0.23
C14:0	0.95	0.94	0.48	0.51	0.43	0.81	0.79	0.51	0.55	0.46
C16:0	25.50	24.09	12.43	12.96	13.46	23.98	22.10	13.33	14.31	14.40
C16:1	0.26	0.25	0.30	0.31	0.27	0.23	0.21	0.46	0.50	0.44
C18:0	3.42	3.24	3.46	3.35	3.63	3.23	2.98	3.48	3.32	3.65
C18:1t	0.07	0.08	0.52	0.57	0.71	0.04	0.05	0.45	0.51	0.63
C18:1c	26.59	25.02	17.59	17.33	23.37	21.66	19.22	16.29	15.71	21.94
C18:2	32.57	34.20	39.62	41.71	50.21	32.23	34.23	36.22	39.08	46.74
C18:3	9.04	9.80	24.13	20.96	6.65	14.46	15.87	26.89	22.23	9.55

دوره، TP_{ij} = اثر متقابل تیمار و دوره، e_{ijk} = اثر اشتباه آزمایشی

نتایج و بحث

نتایج مربوط به ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیب‌های شیر در جدول ۳ ارائه شده است. بنا بر نتایج به دست آمده، ماده خشک مصرفی پیش و پس از زایش تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت ($P > 0.05$). تزریق مقادیر مختلف ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ CLA به شیردان گاوهای شیری تأثیری بر ماده خشک مصرفی نداشت (Baumgard *et al.*, 2002; Peterson *et al.*, 2002). همچنین تغذیه مکمل CLA به گاوهای شیری در دوره انتقال تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی نداشت (Rezai *et al.*, 2016). ماده خشک مصرفی گاوهای شیری اوایل زایش بین تیمارهای حاوی منبع امگا-۶ (دانه سویای تفت داده شده) و منبع امگا-۳ (دانه کتان اکستروده) و منبع اسید چرب اشباع (روغن پالم) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Dirandeh *et al.*, 2014). همچنین در بررسی دیگر تغذیه دانه کتان اکستروده در مقایسه با روغن پالم تأثیری بر ماده خشک مصرفی نداشت (Jahani-Moghadam *et al.*, 2015). همچنین تزریق اسیدهای چرب غیراشباع به شیردان (Bremmer *et*

نمونه‌گیری خون در روزهای ۲۱-، ۱۴-، ۷-، ۳-، ۰، +۳، +۷، +۱۴ و +۲۱ نسبت به زمان زایش، دو ساعت پس از خوراک وعده صبح، از سیاهرگ دمی با استفاده از لوله‌های تحت خلأ حاوی هیپارین انجام شد و پس از ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ در دور ۳۰۰۰ پلاسما حاصل، استخراج و در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. پس از یخ‌گشایی نمونه‌ها، غلظت پلاسمايي فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، کلسترول کل و تری‌گلیسیرید با روش آنزیمی-رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه صفحه‌خوان (پلیت ریدر) مدل Hiperion در آزمایشگاه فیزیولوژی دام دانشگاه تهران اندازه‌گیری شد. غلظت LDL (کیت پیش‌تاز طب) و NEFA (کیت BioRex) توسط دستگاه تجزیه‌گر خودکار اتوانالایزر آلفا (تجهیزات سنجش) تعیین شد. غلظت NEFA پلاسما در نمونه‌های مربوط به ۷ روز پیش و ۷ روز پس از زایش اندازه‌گیری شد. این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد. داده‌های آماری مربوط به همه فراسنجه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و روش Mixed در قالب داده‌های تکرار شده تجزیه شد. مدل آماری در مورد داده‌های تکرار شونده به این صورت بود:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + TP_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = مشاهده، μ = میانگین، T_i = اثر تیمار، P_j = اثر

اکستروژن شده در مقایسه با روغن پالم و دانه سویا تفت داده شده باعث کاهش درصد و میزان چربی شیر شد، اما پروتئین و لاکتوز شیر بین تیمارها تفاوت معنی-داری نداشت (Dirandeh *et al.*, 2013).

اسیدهای چرب امگا-۳ موجود در دانه کتان بر گام نهایی هیدروژن‌زایی زیستی (بیوهیدروژناسیون) تأثیر می‌گذارند و در نهایت باعث تولید اسیدهای چرب ترانس-۱۰ می‌شوند (Griinari *et al.*, 1998). تزریق دُزهای مختلف ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ CLA به شیردان گاوهای شیری تأثیری بر تولید شیر و پروتئین شیر نداشت، اما درصد و میزان چربی شیر را کاهش داد (Peterson *et al.*, 2002). ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ CLA با کاهش بیان ژن‌های کدکننده آنزیم‌های مربوط به ساخت دنو اسید چرب و ساخت تری‌گلیسرید از ساخت چربی شیر جلوگیری می‌کند (Baumgard *et al.*, 2001). کاهش نیافتن چربی شیر در هفته‌های اول پس از زایش توسط مکمل CLA در این آزمایش با نتایج برخی بررسی‌ها همخوانی دارد (Shlegel *et al.*, 2015; Bernal-Santos *et al.*, 2003; Kay *et al.*, 2006). برخی محققان در نتایج بررسی‌های خود عنوان کردند، علت تأثیر نکردن مکمل CLA در هفته اول شیردهی بر چربی شیر، کاهش جذب CLA توسط غده پستان بود. با توجه به افزایش غلظت NEFA در پلاسما در دوره انتقال، بین CLA و NEFA ناشی از جابه‌جایی (موبلیزاسیون) بافت چربی برای جذب توسط یاخته‌های پوششی غده پستان رقابت رخ می‌دهد.

(al., 1998) و یا تغذیه گاوها با مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع (Harvatine & Allen, 2005)، موجب کاهش مصرف خوراک شد که با فرضیه اکسایش (اکسیداسیون) کبدی قابل توجیه است (Allen *et al.*, 2009). در بررسی که تأثیر سطوح مختلف ضایعات کنجد در گاوهای اواخر شیردهی ارزیابی شدند هیچ اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ ماده خشک مصرفی مشاهده نشد (Shirzadegan & Jafari, 2014). محققان در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، اسیدهای چرب غیراشباع زنجیر بلند هنگامی به روده می‌رسند بر تحرک دستگاه گوارش اثر می‌گذارند و موجب کاهش مصرف خوراک می‌شوند (Drackley *et al.*, 1992). نتایج بررسی‌های دیگر نشان داد، میانگین تولید شیر روزانه و همچنین درصد و میزان پروتئین، لاکتوز و چربی شیر بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). در بررسی، تغذیه دانه کتان اکستروژن شده به میزان ۷/۹ درصد ماده خشک در جیره پیش از زایش و به میزان ۹/۲ درصد ماده خشک در جیره پس از زایش باعث افزایش تولید شیر و کاهش درصد چربی شیر نسبت به تیمار روغن پالم کلسیمی شد (Zachut *et al.*, 2010). در تحقیقی دیگر، تغذیه دانه کتان اکستروژن از زمان زایش تا ۴۰ روز پس از زایش در مقایسه با روغن پالم کلسیمی شده تأثیری بر تولید شیر و همچنین پروتئین و لاکتوز شیر نداشت، ولی چربی شیر را کاهش داد که ممکن است به علت مصرف بالاتر اسیدهای چرب غیراشباع زنجیر بلند باشد (Jahani-Moghadam *et al.*, 2015). تغذیه دانه کتان

جدول ۳. میانگین حداقل مربعات ماده خشک مصرفی (DMI)، تولید و ترکیب‌های شیر تیمارها

Table 3. Least squares means for DMI, milk yield and milk composition among dietary treatments

Variable	Diets					SEM	P-value		
	Control	CLA	Lin	Lin+CLA	Sesame		Diet	Time	Diet*Time
Prepartum									
DMI (Kg)	14.49	13.08	13.28	14.27	14.37	0.71	0.51	<0.0001	0.53
Postpartum									
DMI (Kg)	19.22	18.33	18.29	18.17	18.81	0.85	0.90	<0.0001	0.001
Milk yield (Kg/d)	35.07	35.17	36.46	37.01	36.28	1.60	0.84	0.001	0.57
Milk fat (%)	3.72	3.64	3.66	3.77	3.46	0.24	0.90	0.03	0.84
Milk protein (%)	2.88	2.86	2.84	2.84	2.74	0.1	0.91	0.002	0.33
Milk lactose (%)	4.69	4.63	4.65	4.62	4.41	0.11	0.47	0.15	0.62
Milk fat (kg/d)	1.36	1.24	1.35	1.41	1.25	0.12	0.81	0.70	0.50
Milk protein (kg/d)	1.07	0.99	1.04	1.03	1.03	0.07	0.97	0.04	0.22
Milk lactose (Kg/d)	1.72	1.57	1.73	1.71	1.67	0.11	0.87	0.005	0.22

همچنین تغذیه گاوهای شیری توسط مکمل CLA از دو هفته پیش از زایش تا ۲۰ هفته پس از زایش، چربی شیر در هفته‌های اول پس از زایش کاهش پیدا نکرد (Bernal-Santos *et al.*, 2003). این محققان در نتایج بررسی‌های خود اعلام کردند، بعید به نظر می‌رسد علت کاهش نیافتن چربی شیر در هفته‌های اول پس از زایش توسط مکمل CLA، کاهش جذب ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ CLA توسط غده پستان باشد چون این ایزومر CLA به‌طور مداوم در دوره آزمایش به چربی شیر انتقال پیدا کرد. در آغاز شیردهی با افزایش جابه‌جایی ذخایر چربی جذب NEFA توسط غده پستان برای استفاده در ساخت تری‌گلیسرید افزایش می‌یابد. با این حال مشخص نیست که چرا افزایش نسبت NEFA برای ساخت چربی شیر به‌طور کامل تأثیر کاهش دهنده CLA بر چربی شیر را لغو می‌کند. موضوع مورد نظر دیگر تأثیر CLA بر کاهش فراوانی mRNA آنزیم‌های کلیدی تولید چربی شیر است. احتمال دارد در آغاز شیردهی به علت تضعیف سامانه‌های سیگنالینگ سلولی، ترانس-۱۰، سیس-۱۲ CLA قادر به ایجاد هماهنگی برای کاهش بیان ژن‌های مربوط به آنزیم‌های چربی‌زایی (لیپوژنیک) نباشد (Bernal-Santos *et al.*, 2003). استفاده از کنجاله کنجد در جیره گاوهای شیری هلشتاین موجب کاهش تولید و پروتئین شیر و افزایش چربی شیر شد ولی بر لاکتوز شیر تأثیر معنی‌داری نداشت (Shirzadegan & Jafari, 2014).

نتایج مربوط به فراسنجه‌های خونی در جدول ۴ ارائه شده است. در دوره پس از زایش، گاوهای تغذیه‌شده با مکمل CLA غلظت گلوکز پلاسمای بالاتری نسبت به گروه شاهد، کتان و کتان+CLA داشتند ($P < 0.05$). اما غلظت گلوکز پلاسمای در دوره پیش از زایش بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). در بررسی با تغذیه مکمل CLA غلظت گلوکز خون افزایش و گلوکز اندوژنوس کاهش یافت که انعکاسی از کاهش نیاز گلوکز برای ساخت چربی شیر بود، افزون بر این نیز، نشان‌دهنده بازدهی بیشتر انرژی قابل سوخت‌وساز بود (Hotger *et al.*, 2013). در حالی که (Odens *et al.*, 2007) افزایش ۱۱ درصدی غلظت گلوکز پلاسمای در گاوهای تغذیه‌شده با مکمل CLA را به کاهش حساسیت

انسولین ارتباط دادند. غلظت کلسترول پلاسمای دوره‌های پیش و پس از زایش بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). اما اثر زمان و همچنین اثر متقابل زمان و تیمار هم پیش از زایش و هم پس از زایش معنی‌دار بود ($P < 0.05$). به‌طوری‌که در دوره پیش از زایش، غلظت کلسترول پلاسمای روند کاهشی داشت و پس از زایش به تدریج افزایش و سپس افت کرد ($P < 0.05$). در بررسی غلظت کلسترول پلاسمای از سه هفته پیش از زایش تا یک هفته پس از زایش روند کاهشی داشت، پس‌از آن تا ۱۴ هفته پس از زایش روند افزایشی را طی کرد (Kessler *et al.*, 2014). غلظت کلسترول پلاسمای گروه شاهد در مقایسه با دیگر تیمارها در ۷ و ۱۴ روز پس از زایش بالاتر بود ($P < 0.05$). در ۲۱ روز پس از زایش تیمارهای CLA و کتان CLA+ کلسترول پلاسمای کمتری نسبت به تیمار کنجد داشتند ($P < 0.05$). اثر تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار و زمان در مورد غلظت LDL پلاسمای در دوره پیش از زایش معنی‌داری نبود ($P > 0.05$). اما اثر زمان و تیمار در دوره پس از زایش بر غلظت LDL پلاسمای معنی‌دار بود ($P < 0.05$). به‌طوری‌که غلظت LDL پلاسمای گروه شاهد نسبت به دیگر تیمارها به‌طور معنی‌دار بالاتر بود ($P < 0.05$). همچنین غلظت LDL پلاسمای در زمان زایش نسبت به ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از زایش به‌طور معنی‌دار پایین‌تر بود ($P < 0.05$). این روند افزایشی غلظت LDL پلاسمای پس از زایش با بررسی‌های پیشین همخوانی دارد (Kessler *et al.*, 2014). نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تغذیه مگالاک، دانه کتان (منبع اسید آلفا لینولنیک) و دانه آفتابگردان (منبع اسید لینولنیک) در گاوهای شیری نشان داد، غلظت LDL پلاسمای تحت تأثیر تیمارها قرار نگیرد (Petit *et al.*, 2004). در حالی‌که در بررسی دیگر غلظت کلسترول و LDL پلاسمای در مورد گروه حاوی کتان تیمار شده با فرمالدئید در مقایسه با مگالاک پایین‌تر بود (Petit *et al.*, 2002). غلظت کلسترول پلاسمای در گاوهای تغذیه‌شده با CLA بالاتر بود که به میزان تولید شیر بالاتر این تیمار ارتباط داده شد ولی غلظت تری‌گلیسرید و HDL در تیمار CLA نسبت به تیمار پالم تفاوت معنی‌داری نداشت (Rezai *et al.*, 2016).

جدول ۴. میانگین حداقل مربعات غلظت فراسنجه‌های خونی گاوهای تغذیه‌شده با جیره‌های مربوط به تیمارها

Table 4. Least square means of plasma metabolites concentrations dairy of Holstein cows fed diets treatment

Variable	Diets					SEM	P-value		
	CON	CLA	LIN	LIN+CLA	SES		Diet	Time	Diet*Time
Prepartum									
Glucose (mg/dL)	52.14	51.15	51.07	50.19	56.23	1.95	0.18	0.48	0.10
Cholesterol (mg/dL)	116.29	107.05	108.38	110.90	118.24	8.64	0.84	<0.001	0.02
Triglycerides (mg/dL)	28.50	24.77	25.75	31.25	29.81	1.76	0.08	0.22	0.58
LDL (mg/dL)	14.24	10.22	12.26	11.2	8.2	2.19	0.44	0.15	0.24
NEFA 7d pre calving (mmol/L)	0.26	0.26	0.24	0.26	0.25	0.01	0.66	0.001	0.72
Postpartum									
Glucose (mg/dL)	55.53 ^b	64.85 ^a	52.29 ^b	51.59 ^b	57.09 ^{ab}	3.06	0.04	0.33	0.95
Cholesterol (mg/dL)	119.75	97.84	98.05	100.08	92.37	6.93	0.14	<0.001	0.006
Triglycerides (mg/dL)	26.56	19.74	23.55	22.07	20.74	1.75	0.09	0.17	0.11
LDL (mg/dL)	12.95 ^a	8.73 ^b	5.61 ^b	6.67 ^b	6.01 ^b	1.43	0.02	0.01	0.08
NEFA 7d post calving (mmol/L)	0.38	0.33	0.34	0.44	0.37	0.04	0.66	0.001	0.72

تیمارهای CLA و روغن پالم اختلاف معنی‌داری نداشت اما تغذیه CLA از ۲۱ روز پیش از زایش تا ۴۲ روز پس از زایش در مقایسه با روغن پالم باعث کاهش NEFA شد (Rezaei *et al.*, 2016). اما در بررسی دیگر استفاده از مکمل CLA تغییری در غلظت NEFA پلاسما ایجاد نکرد (Hotger *et al.*, 2013). همچنین تغذیه کتان اکسترود شده در مقایسه با روغن پالم تأثیری بر غلظت NEFA نداشت (Jahani-Moghadam *et al.*, 2015). در نتایج گزارشی دیگر نشان داده شد، غلظت NEFA پیش و پس از زایش بین دو نوع اسید چرب اشباع و غیراشباع تفاوت معنی‌داری نداشت (Moallem *et al.*, 2007). نبود تفاوت معنی‌دار غلظت NEFA پلاسما بین تیمارهای مختلف در این بررسی می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر نداشتن اسیدهای چرب امگا-۶، امگا-۳ و CLA بر جابه‌جایی ذخایر چربی بدن باشد.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از کتان اکسترود به‌عنوان منبع امگا-۳، کنجاله و روغن کنجد به‌عنوان منبع امگا-۶ و مکمل CLA در جیره دوره انتقال گاوهای شیری هلشتاین در مقایسه با مکمل اسیدهای چرب اشباع بر خوراک مصرفی و همچنین کمیت و کیفیت شیر تأثیری نداشت، ولی باعث کاهش غلظت کلسترول و LDL پلاسما شد. همچنین در مورد تری‌گلیسرید تمایل به کاهش داشت. همچنین مکمل CLA باعث بهبود وضعیت گلوکز خون شد.

ارزیابی اثر مکمل CLA بر بیان ژن‌های درگیر در ساخت تری‌گلیسرید و کلسترول و سوخت‌وساز و ترشح لیپوپروتئین‌های LDL و VLDL در گاوهای شیری نشان داد، هیچ‌یک از این ژن‌ها تحت تأثیر تیمار CLA در مقایسه با گروه شاهد قرار نگرفت (Schlegel *et al.*, 2012). غلظت کلسترول خون در موش‌های تغذیه‌شده با روغن کتان و روغن آفتابگردان در مقایسه با اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک اسید و استئاریک اسید) و روغن پایین‌تر بود (Takeuchi *et al.*, 2001). غلظت تری‌گلیسرید پلاسما در دوره پیش و پس از زایش تحت تأثیر تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار و زمان قرار نگرفت ($P > 0.05$). اگرچه غلظت تری‌گلیسرید پلاسما گروه شاهد در دوره پیش ($P = 0.08$) و پس ($P = 0.09$) از زایش تمایل به افزایش نسبت به دیگر تیمارها داشت. در بررسی، غلظت تری‌گلیسرید کبد و پلاسما تحت تأثیر مکمل CLA قرار نگرفت (Schlegel *et al.*, 2012). تزریق درون‌رگی روغن کتان موجب کاهش غلظت تری‌گلیسرید پلاسما در مقایسه با روغن پیه و ماهی شد (Mashek *et al.*, 2005). نتایج تحقیقات انجام‌شده در موش نشان داد، به‌طورکلی اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه به علت تأثیر بر آنزیم‌های کبدی مرتبط با ساخت و ترشح تری‌گلیسرید کبدی موجب کاهش غلظت تری‌گلیسرید پلاسما شد (Takeuchi *et al.*, 2001). غلظت NEFA پلاسما در ۷ روز پیش از زایش و ۷ روز پس از زایش بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). غلظت NEFA در دوره انتقال بین

REFERENCES

1. Baumgard, L. H., Sangster, J. K. & Bauman, D. E. (2001). Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *Journal of Nutrition*, 131, 1764-1769.
2. Baumgard, L. H., Matitashvili, E., Corl, B. A., Dwyer, D. A. & Bauman, D. E. (2002). trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85, 2155-2163.
3. Bernal-Santos, G., Perfield, J. W., Barbano, D. M., Bauman, D. E. & Overton, T. R. (2003). Production responses of dairy cows to dietary supplementation with conjugated linoleic acid (CLA) during the transition period and early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86, 3218-3228.
4. Bell, A. W. & Bauman, D. E. (1997). Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 2, 265-278.
5. Bremmer, D. R., Ruppert, L. D., Clark, J. H. & Drackley, J. K. (1998). Effects of chain length and unsaturation of fatty acid mixtures infused into the abomasum of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81, 176-88.
6. Chandler, T. L., Fugate, R. T., Jendza, J. A., Troescher, A. & White, H. M. (2017). Conjugated linoleic acid supplementation during the transition period increased milk production in primiparous and multiparous dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 224, 90-103.
7. Dirandeh, E., Towhidi, A., Zeinoaldini, S., Ganjkanlou, M., Ansari Pirsaraei, Z. & Fouladi-Nashta, A. (2013). Effects of different polyunsaturated fatty acid supplementations during the postpartum periods of early lactating dairy cows on milk yield, metabolic responses, and reproductive performances. *Journal of Animal Science*, 91, 713-721.
8. Grummer, R. R. (1993). Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76, 3882-3896.
9. Griinari, J. M., Dwyer, D. A., Mcguire, M. A., Bauman, D. E., Palmquist, D. L. & Nurmela, K. V. V. (1998). Trans-octadecenoic Acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81, 1251-1261.
10. Harvatine, K. J. & Allen, M. S. (2005). The effect of production level on feed intake, milk yield, and endocrine responses to two fatty acid supplements in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 4018-4027.
11. Hötger, K., Hammon, H. M., Weber, C., Görs, S., Tröscher, K., Bruckmaier, R. M. & Metges, C. C. (2013). Supplementation of conjugated linoleic acid in dairy cows reduces endogenous glucose production during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 96, 2258-2270.
12. Jahani-Moghadam, M., Mahjoubi, E. & Dirandeh, E. (2015). Effect of linseed feeding on blood metabolites, incidence of cystic follicles, and productive and reproductive performance in fresh Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98, 1828-1835.
13. Kay, J. K., Mackle, T. R., Auldist, M. J., Thomson, N. A. & Bauman, D. E. (2004). Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 CLA in dairy cows fed fresh pasture. *Journal of Dairy Science*, 87, 369-378.
14. Kay, J. K., Roche, J. R. & Baumgard, L. H. (2006). Effects of dietary conjugated linoleic acid on production and metabolic parameters in transition dairy cows grazing fresh pasture. *Journal of Dairy Research*, 73, 367-377.
15. Mashek, D. G., Bertics, S. J., & Grummer, R. R. (2005). Effects of intravenous triacylglycerol emulsions on hepatic metabolism and blood metabolites in fasted dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 100-109.
16. McCullough, R. S., Edel, A. L., Bassett, C. M. C., LaVallée, R. K., Dibrov, E., Blackwood, D. P., Ander, B. P. & Pierce, G. N. (2011). The alpha linolenic acid content of flaxseed is associated with an induction of adipose leptin expression. *Lipids*, 46, 1043-1052.
17. Moallem, U., Katz, M., Arieli, A. & Lehrer, H. (2007). Effects of peripartum propylene glycol or fats differing in fatty acid profiles on feed intake, production, and plasma metabolites in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 3846-3856.
18. Odens, L. J., Burgos, R., Innocenti, M., VanBaale, M. J. & Baumgard, L. H. (2007). Effects of varying doses of supplemental conjugated linoleic acid on production and energetic variables during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 90, 293-305.
19. Peterson, D. G., Baumgard, L. H. & Bauman, D. E. (2002). Milk Fat Response to Low Doses of trans-10, cis-12 Conjugated Linoleic Acid (CLA). *Journal of Dairy Science*, 85, 1764-1766.
20. Petit, H. V. (2002). Digestion, Milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *Journal of Dairy Science*, 85, 1482-1490.
21. Petti, H. V., Germiquet, C. & Lebel, D. (2004). Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 3889-3898.

22. Rezaei Roodbari, A., Towhidi, A., Zhandi, M., Rezayazdi, K., Rahimi Mianji, G., Dirandeh, E. & Colazo, M. G. (2016). Effect of conjugated linoleic acid supplementation during the transition period on plasma metabolites and productive and reproductive performances in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 294-303.
23. Santos, J. E. P., Bilby, T. R., Thatcher, W. W., Staples, C. R. & Silvestre, F. T. (2008). Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 23-30.
24. Schlegel, G., Ringseis, R., Windisch, W., Schwarz, F. J. & Eder, K. (2012). Effects of a rumen-protected mixture of conjugated linoleic acids on hepatic expression of genes involved in lipid metabolism in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95, 3905-3918.
25. Shirzadegan, K. & Jafari, M. A. (2014). The effect of different levels of sesame wastes on performance, Milk composition and blood metabolites in Holstein lactating dairy cows. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2, 1296-1303.
26. Takeuchi, H., Nakamoto, T., Mori, Y., Kawakami, M., Mabuchi, H., Ohishi, Y., Ichikawa, N., Koike, A. & Masuda, K. (2001). Comparative effects of dietary fat type on hepatic enzyme activities related to the synthesis and oxidation of fatty acid and to lipogenesis in rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 65, 1748-1754.
27. Were, B. A., Onkware, A. O., Gudu, S., Welander, M. & Carlsson, A. S. (2006). Seed oil content and fatty acid composition in east African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 Years. *Field Crops Research*, 97, 254-260.
28. Zebeli, Q., Ghareeb, K., Humer, E., Metzler-Zebeli, B. U. & Besenfelder, U. (2015). Nutrition, rumen health and inflammation in the transition period and their role on overall health and fertility in dairy cows. *Research in Veterinary Science*, 103, 126-136.
29. Zachut, M., Arieli, A., Lehrer, H., Livshitz, L., Yakoby, S. & Moallem, U. (2010). Effects of increased supplementation of n-3 fatty acids to transition dairy cows on performance and fatty acid profile in plasma, adipose tissue, and milk fat. *Journal of Dairy Science*, 93, 5877-5889.