

متآنالیز اثر روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده

مینا وزیری کهر^۱، مهدی دهقان بنادکی^{۲*}، کامران رضایزدی^۱ و اردشیر نجاتی جوارمی^۲

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۰

^۱دانش آموخته‌ی دکتری گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۲دانشیار گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

*مسئول مکاتبه: dehghanb@can.ut.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: وارد کردن چربی‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع در جیره گاوهای شیرده می‌تواند به عنوان استراتژی تغذیه‌ای برای تغییر ترکیب اسیدهای چرب شیر در جهت حفظ سلامتی انسان برای بلند مدت استفاده شود. **هدف:** در این مطالعه اثرات روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده با استفاده از روش‌های متآنالیز و متارگسیون بررسی شد. **روش کار:** از بیست آزمایش شامل ۲۷ مقایسه‌ی آماری بین گروه‌های آزمایشی و شاهد که واجد شرایط لازم برای انجام متآنالیز بودند استفاده شد. دو سطح مکمل روغن در جیره مورد ارزیابی قرار گرفت (\leq یا $>$ از ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره). **نتایج:** هر دو سطح مکمل روغن، غلظت اسیدهای چرب 6:0 تا 16:0 را در شیر کاهش دادند، ولی غلظت 18:0، 18:1 (از کربن ۹ تا ۱۲ و ۱۵)، *trans*-18:1 (از کربن ۶ تا ۱۴)، 18:2n-6، *cis*-9,*trans*-11 CLA و *trans*-10,*cis*-12 CLA در چربی شیر افزایش یافت. مکمل روغن در جیره تقریباً تا ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک، اثری روی غلظت اسیدهای چرب 4:0 و 18:3n-3 در چربی شیر نداشت. نتایج متارگسیون نشان داد که غلظت 18:2n-6 در جیره بیش از ۵۵ درصد تغییرات نتایج اسیدهای چرب 8:0 تا 15:0 را توضیح داد. تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب خوراک، سطح غلات جیره‌ی پایه و تعداد زایش، منابع ناهمگنی در نتایج *cis*-9 18:1 شیر بودند. غلظت 18:1 *trans*-11 18:1 در شیر با افزایش غلظت 18:2n-6 جیره و سطح علوفه جیره پایه افزایش یافت. با مکمل کردن روغن گلرنگ < آفتابگردان < ذرت < سویا < پنبه دانه مقادیر بالاتری از تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی متغیرهای 18:2n-6، *trans*-10,*cis*-12 CLA و 18:0 نشان داده شد. **نتیجه‌گیری نهایی:** مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 غلظت اسیدهای چرب اشباع را کاهش داد و اسیدهای چرب *trans* غیراشباع با یک باند دوگانه و چند باند دوگانه را افزایش داد.

واژگان کلیدی: چربی شیر، روغن گیاهی، گاو شیرده، متآنالیز

مقدمه

چربی شیر نشخوارکنندگان به دلیل بیوهیدروژناسیون گسترده‌ی^۱ اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه و سنتز *de novo* اسیدهای چرب اشباع کوتاه و متوسط زنجیر^۲ در غدد پستانی دارای غلظت‌های بالایی از اسیدهای چرب اشباع می باشد (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). مطالعه‌های بالینی و پزشکی تایید کرده‌اند که اگر اسیدهای چرب 14:0 و 16:0 در رژیم غذایی انسان بیش از حد مصرف شوند ممکن است بیماری‌های قلبی-عروقی افزایش یافته و حساسیت انسولینی کاهش یابد (دبلیو.اچ.او ۲۰۰۳ و فوناکی ۲۰۰۹). اگرچه شیر نشخوارکنندگان شامل اسیدهای چرب دیگری با خواص ضد سرطانی و موثر در کاهش بروز بیماری‌های قلبی از جمله 4:0 اسیدهای چرب فرد کربن و شاخه دار^۳، *cis-9 18:1* و اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند دوگانه^۴ از جمله *cis-9,trans-11, 18:2n-6*، *cis-9,trans-11 CLA*^۵ و 18:3n-3 نیز می‌باشد (دبلیو.اچ.او ۲۰۰۳ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۸b). شیر و محصولات لبنی منبع عمده‌ی اسیدهای چرب اشباع و *cis-9,trans-11 CLA* در رژیم غذایی انسان می باشند (شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۲). بنابراین، به‌جای تغییر عادت‌های غذایی مصرف کنندگان، علاقه‌ی قابل توجهی در جهت توسعه استراتژی‌هایی در زمینه تغذیه دام برای تغییر ترکیب اسیدهای چرب شیر نشخوارکنندگان بوجود آمده است. به‌طور معمول مکمل‌های چربی برای افزایش غلظت انرژی جیره‌ی گاوهای شیرده پرتولید استفاده می‌شوند (جنکینز و مک‌گویر ۲۰۰۶). دانه‌های روغنی و روغن‌های گیاهی از منابع عمده‌ی چربی مورد استفاه می‌باشند. وارد کردن چربی‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع در جیره اغلب نسبت اسیدهای چرب اشباع

متوسط زنجیر شیر را کاهش می‌دهند، به‌طوری‌که چربی‌های غنی از *cis-9 18:1*، *cis-9 18:1* و 18:3n-3 مقدار تغییرات نسبتاً مشابهی را روی این دسته از اسیدهای چرب شیر ایجاد می‌کنند (لور و همکاران ۲۰۰۵، هالمیز-بوچت-فیلو و همکاران ۲۰۱۱ و هی و آرمنتانو ۲۰۱۱) یا در برخی موارد، مقدار تغییرات بیشتری با چربی‌های غنی از 18:2n-6 ایجاد می‌شود (کلی و همکاران ۱۹۹۸، ریگو و همکاران ۲۰۰۹ و محمد و همکاران ۲۰۱۱). به‌علاوه به‌خوبی اثبات شده است که منابع مکمل چربی 18:2n-6 غلظت *cis-9,trans-11 CLA* شیر گاو را در مقایسه با منابع *cis-9 18:1* و 18:3n-3 به مقدار بیشتری افزایش می‌دهند (پالمکویست و همکاران ۲۰۰۵). یک مطالعه‌ی مروری کمی اثرات مکمل دانه سویا و آفتابگردان را روی ترکیب اسیدهای چرب شیر خلاصه کرده است، اما داده‌های مربوط به اشکال مختلف چربی-ها (به صورت روغن آزاد و منابع محافظت شده‌ی شکمبه‌ای) را مخلوط کرده است و همچنین مقدار مکمل چربی استفاده شده در جیره را بیان نکرده است (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a). درحالی‌که مقدار تغییرات در ترکیب چربی شیر بستگی به منبع چربی، شکل مکمل چربی، مقدار چربی اضافه شده و ترکیب جیره‌ی پایه دارد (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۲). همچنین شواهدی وجود دارد که استفاده از چربی به صورت روغن آزاد در افزایش *cis-9,trans-11 CLA* شیر موثرتر از استفاده از دانه‌های روغنی به شکل دانه کامل یا فرایند شده با مقدار مشابهی از چربی استفاده شده در جیره می‌باشند. روغن سویا در مقایسه با دانه‌ی سویای خرد یا تفت داده شده غلظت *cis-9,trans-11 CLA* شیر را به مقدار ۱/۲ واحد درصد (دایمن و همکاران ۲۰۰۰) و روغن منداب^۶ در مقایسه با دانه منداب آسیاب شده نسبت این اسیدچرب را در شیر به مقدار ۰/۴۴ واحد درصد افزایش داد (گیونز و همکاران ۲۰۰۹).

¹ Extensive ruminal biohydrogenation

² Short- and medium-chain saturated fatty acids

³ Odd- and branched-chain fatty acids (OBCFA)

⁴ Polyunsaturated fatty acids (PUFA)

⁵ Conjugated linoleic acid (CLA)

⁶ Rapeseed

داده برابر با حداقل میانگین مربعات^۷ یک تیمار آزمایشی بود.

جدول ۱- لیست مقاله‌های استفاده شده در متاآنالیز اثرات روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ترکیب اسیدهای چرب شیر^۱

| مطالعه |
|--|
| Wonsil et al. (1994) |
| Wu et al. (1994) |
| Jenkins et al. (1996) |
| Kalscheur et al. (1997) |
| Griinari et al. (1998) |
| Dhiman et al. (2000) |
| Leonardi et al. (2005) |
| Bell et al. (2006) |
| Bu et al. (2007) |
| Alzahal et al. (2008) |
| Doepel et al. (2008) |
| Huang et al. (2008) |
| Abdelqader et al. (2009) |
| Halmemies-Beauchet-Filleau et al. (2011) |
| He and Armentano (2011) |
| He et al. (2012) |
| O'Donnell-Megarot et al. (2012) |
| Vazirigohar et al. (2014) |

^۱ اطلاعات داده‌های عوامل حیوانی و خوراکی و نوع تیمارهای آزمایشی مربوط به تمام مطالعه‌های استفاده شده در متاآنالیز حاضر در وزیری گهر (۱۳۹۲) با جزئیات آمده است.

در این مطالعه از مقاله‌هایی که دارای شرایط زیر بودند استفاده شد: گزارش تمام مواد خوراکی جیره‌های آزمایشی؛ عدم استفاده از روغن ماهی، جلبک‌های دریایی^۸ یا مونسین در جیره و جیره‌هایی که از مخلوط روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 و منابع غنی از 18:1 cis-9 یا 18:3n-3 استفاده کرده بودند؛ عدم استفاده از آزمایش‌هایی که تغییرات زیادی روی مواد خوراکی عمده جیره بین گروه آزمایشی و شاهد ایجاد کرده بودند؛ استفاده از یک گروه شاهد؛ تغذیه‌ی گاوها در جایگاه انفرادی و به‌صورت بسته و گزارش مقدار

متاآنالیز^۱ یک مطالعه‌ی مروری آماری و کمی می‌باشد که با ترکیب داده‌ها از چندین آزمایش مختلف و در نتیجه افزایش حجم نمونه مورد مطالعه، توان آماری بالاتری را در جهت کمی کردن اثر کلی تیمار ایجاد می‌کند. متارگرسیون^۲ روشی است برای ارزیابی این‌که چگونه پاسخ متغیر^۳ به تیمار با عوامل مداخله کننده^۴ مختلف پیچیده شده است (لین و همکاران ۲۰۰۹). اهداف این مطالعه بررسی اثرات روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده با استفاده از متاآنالیز و همچنین شناسایی عوامل موثر در ناهمگنی^۵ و واریانس پاسخ متغیرها به تیمار با استفاده از روش متارگرسیون بود.

مواد و روش‌ها

روش‌های مرور منابع، انتخاب مقاله‌ها و آنالیز آماری داده‌های متاآنالیز حاضر در وزیری گهر (۱۳۹۲) با جزئیات آمده است. به‌طور خلاصه، مروری جامع از مجلات معتبر انگلیسی زبان برای یافتن مقاله‌های پژوهشی از سال ۱۹۹۰ تا سپتامبر ۲۰۱۲ انجام شد که در آنها اثرات مکمل خوراکی روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 (شامل گلرنگ، لینولا، آفتابگردان، زرت، سویا یا پنبه دانه) روی عملکرد تولیدی گاوهای شیرده ارزیابی شده بود. در نهایت مخزن داده^۶ دارای شرایط لازم برای انجام متاآنالیز اثرات مکمل روغن روی ترکیب اسیدهای چرب شیر شامل ۱۸ مقاله‌ی پژوهشی (جدول ۱)، ۲۰ آزمایش و ۲۷ مقایسه‌ی آماری بین گروه‌های شاهد (بدون مکمل) و آزمایشی (با مکمل) بود که روی ۳۳۱ گاو شیرده بررسی شده بودند. هر مشاهده در مخزن

¹ Meta-analysis
² Meta-regression
³ Outcome
⁴ Covariate
⁵ Heterogeneity
⁶ Database

⁷ Least squares means

⁸ Marine algae

کیلوگرم ماده خشک جیره بود. برای ارزیابی منابع ناهمگنی در نتایج پاسخ هر متغیر به اثر مکمل روغن، آنالیز متارگرسیون با استفاده از دستور متارگ^۶ و به هر دو صورت تک متغیره^۷ و چند متغیره^۸ روی تمام عوامل مداخله کننده انجام شد. نمودار جنگلی^۹ نیز با استفاده از دستور متان^{۱۰} رسم شد (لین و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج

داده‌های عوامل حیوانی و خوراکی و نوع تیمارهای آزمایشی مربوط به تمام مطالعه‌های استفاده شده در متآنالیز حاضر (جدول ۱) در وزیر ی گهر (۱۳۹۲) خلاصه شده‌اند. در این مطالعه استفاده از روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در هر دو سطح مکمل کردن در جیره نسبت اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر (6:0 تا 16:0) و فرد کربن مستقیم (15:0 تا 17:0) را کاهش داد ($P < 0.001$) و غلظت 18:0 را افزایش داد ($P < 0.001$) ولی روی غلظت 20:0 چربی شیر اثری نداشت ($P = 0.10$) (جدول ۲). وارد کردن روغن گیاهی در جیره تا ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک اثری روی غلظت 4:0 چربی شیر نداشت ($P > 0.10$; شکل ۱). نتایج متارگرسیون چندمتغیره نشان داد که تفاوت تولید شیر بین گروه‌های آزمایشی و شاهد، منبع ناهمگنی در تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی 4:0 شیر بود، درحالی‌که غلظت 6:0 شیر تحت تاثیر تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره‌ها نیز قرار گرفت (جدول ۳). تفاوت غلظت 18:2n-6 جیره‌ها رابطه‌ای منفی با غلظت اسیدهای چرب 8:0 تا 15:0 شیر نشان داد و بیش از ۵۵ درصد تغییرات تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی این اسیدهای چرب را توضیح داد (جدول ۳). غلظت 16:0 شیر به طور شدیدی با افزایش غلظت 18:2n-6 جیره کاهش و با افزایش 16:0 جیره

واریانس متغیرها. الگویی برای استخراج داده‌ها از مقاله-ها به ازای هر متغیر شامل نام نویسنده، حداقل میانگین مربعات، مقدار واریانس و تعداد گاوها برای هر تیمار آزمایشی تشکیل شد. داده‌های زیر نیز از مقاله‌ها برای آنالیز متارگرسیون استخراج شدند: نژاد گاو؛ روزهای شیردهی؛ تعداد زایش؛ طول دوره آزمایشی؛ طرح آزمایشی؛ دفعات شیردوشی و خوراک دهی؛ نوع جیره؛ نوع و مقدار مواد خوراکی، ترکیبات شیمیایی جیره‌ها و مکمل روغن گیاهی؛ روش افزودن مکمل روغن در جیره و استفاده از مکمل بافیری در جیره. غلظت نشاسته و ترکیب اسیدهای چرب جیره‌ها با استفاده از جداول مواد خوراکی CPM-Dairy (version 3.0.7) برای آن دسته از مطالعه‌هایی که این مقادیر را گزارش نکرده بودند محاسبه شد. قبل از شروع آنالیز آماری داده‌ها، نوع علوفه و غلات جیره پایه گروه‌بندی شدند. اسیدهای چرب شیر که در مقاله‌ها به صورت 14:1، 16:1، 18:1، 18:2 و 18:3 گزارش شده بودند به ترتیب به عنوان *cis-18:1*، *cis-16:1*، *cis-14:1* و *cis-18:3* و *cis-18:2*، *cis-16:1*، *cis-14:1* و *cis-18:3* در نظر گرفته شدند. متآنالیز اثرات مکمل خوراکی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ترکیب اسیدهای چرب شیر با استفاده از نرم افزار Stata/SE (version 11.1) انجام شد. داده‌ها برای هر متغیر با استفاده از مدل‌های اثرات تصادفی برای تخمین اندازه اثر^۱ یا تفاوت میانگین استاندارد شده^۲، ۹۵٪ دامنه اطمینان^۳ و سطح معنی داری آماری^۴ آن، آنالیز آماری شدند. تفاوت میانگین وزن داده شده‌ی^۵ هر متغیر برای گزارش میانگین خام محاسبه شد (لین و همکاران، ۲۰۰۹). مخزن داده‌ها به ازای هر متغیر به دو زیر گروه (\leq و > 30 گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره مکمل روغن) تفکیک شد. مقدار متوسط روغن در زیر گروه اول و دوم به ترتیب حدود ۲۰ و ۴۵ گرم در

⁶ Metareg command

⁷ Univariate

⁸ Multivariate

⁹ Forest plot

¹⁰ Metan command

¹ Effect size

² Standardized mean difference (SMD)

³ 95% confidence interval

⁴ P-value

⁵ Weighted mean difference (WMD)

بحث

به‌طورکلی تمام اسیدهای چرب کوتاه زنجیر از 4:0 تا 12:0، اغلب (تقریباً ۹۵ درصد) اسید چرب 14:0 و ۵۰ درصد از اسید چرب 16:0 ترشح شده در شیر حاصل سنتز *de novo* در غدد پستانی می‌باشند، درحالی‌که تمام اسیدهای چرب ۱۸ کربنه و بلند زنجیرتر در شیر از جذب آن‌ها از روده کوچک و ذخایر چربی بدنی منشأ می‌گیرند (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). در مطالعه حاضر مکمل کردن روغن گیاهی غنی از 18:2n-6، غلظت اسیدهای چرب 6:0 تا 14:0 را در چربی شیر کاهش داد که می‌تواند با اثرات مهارکنندگی اسیدهای چرب بلند زنجیر روی فعالیت استیل کوا کربوکسیلاز و سنتز *de novo* اسیدهای چرب اشباع در سلول‌های ترشحی پستان توضیح داده شود (شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). غلظت 18:2n-6 خوراک عمده تغییرات نتایج اسیدهای چرب 8:0 تا 14:0 را توضیح داد که نشان می‌دهد عمده مهارکننده‌های سنتز *de novo* اساساً واسطه‌های بیوهیدروژناسیون 18:2n-6 می‌باشند (پالمکوئیست و همکاران ۲۰۰۵). مطابق با یافته‌های قبلی (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۳) نسبت‌های 4:0 تا 6:0 در شیر به مقدار کمی تحت تاثیر روغن گیاهی قرار گرفتند. به طور جالبی وارد کردن تقریباً ۲۰ گرم روغن گیاهی در هر کیلوگرم ماده‌ی خشک جیره تاثیر روی غلظت 4:0 شیر نداشت. این پاسخ ممکن است به دلیل سنتز آن از بتاهیدروکسی بوتیریک اسید باشد (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷). اثرات روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 روی اسیدچرب 15:0 شیر مشابه با اثرات آن روی اسیدهای چرب اشباع زوج کربن بود که نشان می‌دهد ترشح این اسیدچرب نیز در سطح پستان تنظیم می‌شود (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a).

افزایش یافت (جدول ۳). غلظت 17:0 شیر با اضافه کردن بافر در جیره افزایش یافت، درحالی‌که نوع روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 منبع تغییرات تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی 18:0 شیر بود (جدول ۳). وارد کردن روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره غلظت - های 14:1 *cis-9* و 16:1 *cis-9* را کاهش داد ($P < 0.001$) و غلظت‌های 18:1 *cis-9* تا 18:1 *cis-12* و 18:1 *cis-15* و 18:1 *trans-6* تا 18:1 *trans-14* را در شیر افزایش داد ($P < 0.001$; جدول ۲). نتایج متارگسیون نشان داد که تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره‌ها روی غلظت *cis-9* 14:1 تاثیر داشت، درحالی‌که نوع علوفه جیره‌ی پایه و تفاوت غلظت 16:0 جیره‌ها روی تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی 16:1 *cis-9* شیر تاثیر داشتند (جدول ۳). تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب بین جیره‌ها، سطح غلات جیره پایه و تعداد زایش منابع ناهمگنی در تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی 18:1 *cis-9* غلظت 18:1 شیر بودند، درحالی‌که تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی 11 *trans* 18:1 شیر با افزایش غلظت 18:2n-6 جیره‌ها و سطح علوفه جیره‌ی پایه افزایش یافت (جدول ۳). مکمل روغن غلظت 18:2n-6، 18:2n-6 یا *cis-9,trans-11 CLA* یا *trans-10,cis-9 CLA* شیر را افزایش داد ($P < 0.001$; جدول ۲). وارد کردن روغن گیاهی در جیره تا ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک اثری روی غلظت 18:3n-3 چربی شیر نداشت ($P > 0.10$; شکل ۲). نتایج متارگسیون نشان داد که نوع روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 منبع ناهمگنی در نتایج 18:2n-6 و 18:2n-6 *trans-10,cis-12 CLA* و *cis-9,trans-11 CLA* جیره‌ها روی تفاوت غلظت *CLA* شیر اثر مثبت داشت، درحالی‌که غلظت 18:3n-3 شیر علاوه بر تفاوت غلظت 18:2n-6 تحت تاثیر تفاوت تولید شیر بین گروه‌ها نیز قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۲- اندازه اثر (تفاوت میانگین استاندارد شده) روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 در بین تمام مقایسات روی ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده^۱ و^۲

| تفاوت میانگین استاندارد شده (۹۵ درصد دامنه اطمینان) | | تفاوت میانگین وزن داده شده (۹۵ درصد دامنه اطمینان) | | متغیر پاسخ دهنده در گروه شاهد، میانگین \pm انحراف معیار (حداقل - حداکثر) | مقدار روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، میانگین \pm انحراف معیار | تعداد آزمایشات (تعداد مقایسات) | متغیر پاسخ دهنده، گرم در ۱۰۰ گرم اسیدهای چرب ^۲ |
|--|-----------------------------|---|--------------------------------|--|--|-----------------------------------|--|
| P-value | مدل اثرات تصادفی | | | | | | |
| <۰/۰۰۱ | (-۳/۹۸۱ ، -۱/۳۴۵) -۲/۶۶۳ | -۰/۵۹۳ (-۰/۹۰۳ ، -۰/۲۸۳) | ۳/۱۸ \pm ۱/۰۱۸ (۱/۰۷ - ۵/۱۷) | ۳۱/۰ \pm ۱۴/۶ | ۱۴ (۱۷) | 4:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۶/۷۲۸ ، -۴/۰۱۳) -۵/۳۷۱ | -۰/۵۹۲ (-۰/۸۱۳ ، -۰/۳۷۰) | ۲/۱۲ \pm ۰/۵۵۴ (۱/۰۲ - ۳/۳۸) | ۳۴/۸ \pm ۱۶/۱ | ۱۵ (۱۹) | 6:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۶/۴۷۵ ، -۴/۰۵۸) -۵/۲۶۷ | -۰/۳۵۵ (-۰/۴۹۳ ، -۰/۲۱۶) | ۱/۳۵ \pm ۰/۳۶۲ (۰/۸۱ - ۲/۲۰) | ۳۵/۱ \pm ۱۶/۵ | ۱۴ (۱۸) | 8:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۹/۳۳۱ ، -۶/۱۹۴) -۷/۷۶۲ | -۰/۹۷۱ (-۱/۲۷۲ ، -۰/۶۷۱) | ۳/۱۲ \pm ۰/۷۶۱ (۲/۲۱ - ۵/۲۰) | ۳۴/۸ \pm ۱۶/۰ | ۱۵ (۱۹) | 10:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۱۰/۵۳ ، -۷/۰۶۱) -۸/۷۹۵ | -۱/۱۵۱ (-۱/۴۶۸ ، -۰/۸۳۴) | ۳/۷۷ \pm ۰/۷۶۴ (۲/۷۶ - ۵/۴۰) | ۳۴/۸ \pm ۱۶/۰ | ۱۵ (۱۹) | 12:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۱۱/۲۶ ، -۷/۶۰۰) -۹/۴۲۷ | -۲/۶۹۴ (-۳/۳۷۹ ، -۲/۰۱۰) | ۱۲/۲ \pm ۱/۴۴۷ (۱۰/۳ - ۱۵/۱) | ۳۵/۲ \pm ۱۵/۳ | ۱۷ (۲۱) | 14:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۱۲/۲۲ ، -۷/۶۱۲) -۹/۹۲۱ | -۰/۳۰۸ (-۰/۳۹۶ ، -۰/۲۲۰) | ۱/۲۳ \pm ۰/۱۹۱ (۰/۹۹ - ۱/۶۸) | ۳۷/۳ \pm ۱۶/۳ | ۱۶ (۱۲) | 15:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۱۲/۲۸ ، -۸/۵۷۰) -۱۰/۴۲ | -۷/۴۹۹ (-۸/۹۰۸ ، -۶/۰۹۰) | ۳۳/۷ \pm ۳/۹۷ (۲۷/۵ - ۴۰/۸) | ۳۳/۱ \pm ۱۵/۷ | ۱۹ (۲۷) | 16:0 | |
| <۰/۰۰۱ | (-۱۰/۶۷ ، -۵/۹۷۶) -۸/۳۲۲ | -۰/۱۲۱ (-۰/۱۵۶ ، -۰/۰۸۶) | ۰/۵۶ \pm ۰/۰۹۱ (۰/۳۸ - ۰/۷۰) | ۳۲/۱ \pm ۱۳/۱ | ۱۰ (۱۳) | 17:0 | |
| <۰/۰۰۱ | ۴/۳۷۴ (۳/۵۳۶ ، ۵/۲۱۳) | ۲/۱۹۸ (۱/۶۷۴ ، ۲/۷۲۲) | ۹/۴۲ \pm ۱/۸۴۱ (۵/۷۳ - ۱۳/۴) | ۳۳/۰ \pm ۱۶/۰ | ۱۸ (۲۶) | 18:0 | |
| ۰/۵۰ | -۰/۲۷۵ (-۱/۰۷۷ ، ۰/۵۲۷) | -۰/۰۰۴ (-۰/۰۱۶ ، ۰/۰۰۸) | ۰/۱۵ \pm ۰/۰۹۰ (۰/۰۵ - ۰/۴۲) | ۳۷/۳ \pm ۱۶/۸ | ۱۱ (۱۵) | 20:0 | |

| | | | | | | |
|--------|-----------------------------|--------------------------|--|-------------|---------|--------------------------------------|
| <۰/۰۰۱ | (-۲/۹۳۰ ، -۱/۳۹۵) -۲/۱۶۳ | -۰/۲۲۶ (-۰/۳۱۷ ، -۰/۱۳۵) | ۱/۱۰ ± ۰/۱۵۰ (۰/۹۵ - ۱/۳۹) | ۳۷/۱ ± ۱۷/۰ | (۱۴) ۱۰ | <i>cis</i> -9 14:1 |
| <۰/۰۰۱ | (-۳/۴۷۹ ، -۱/۲۳۰) -۲/۳۵۴ | -۰/۱۴۲ (-۰/۳۱۰ ، ۰/۰۲۵) | ۱/۷۴ ± ۰/۳۵۲ (۰/۰۱ - ۲/۲۴) | ۳۷/۳ ± ۱۵/۳ | (۱۸) ۱۴ | <i>cis</i> -9 16:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۵/۹۵۸ (۴/۶۲۷ ، ۷/۲۸۹) | ۳/۸۷۳ (۲/۵۷۳ ، ۵/۱۷۴) | ۱۸/۴ ± ۲/۹۷ (۱۱/۶ - ۲۲/۴) | ۳۳/۰ ± ۱۳/۳ | (۲۰) ۱۶ | <i>cis</i> -9 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۱/۸۲۸ (۱/۰۱۱ ، ۲/۶۴۴) | -۰/۱۰۷ (-۰/۰۴۸ ، ۰/۱۶۷) | -۰/۶۶ ± ۰/۱۲۱ (۰/۰۰ - ۰/۸۹) | ۳۴/۵ ± ۱۷/۰ | (۱۳) ۸ | <i>cis</i> -11 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۸/۳۰۱ (۶/۵۹۶ ، ۱۰/۰۱) | -۰/۵۷۹ (-۰/۱۷۲ ، ۰/۹۸۷) | -۰/۳۳ ± ۰/۱۴۰ (۰/۰۹ - ۰/۴۹) | ۳۴/۹ ± ۱۷/۷ | (۱۲) ۸ | <i>cis</i> -12 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۳/۰۹۵ (۱/۵۸۰ ، ۴/۶۱۱) | -۰/۰۶۳ (-۰/۰۳۴ ، ۰/۰۹۳) | -۰/۲۰ ± ۰/۱۳۴ (۰/۰۶ - ۰/۴۱) | ۳۵/۹ ± ۱۸/۷ | (۷) ۱۰ | <i>cis</i> -15 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۶/۸۸۲ (۵/۰۸۳ ، ۸/۶۸۱) | -۰/۲۸۵ (-۰/۱۷۷ ، ۰/۳۹۳) | -۰/۲۵ ± ۰/۰۸۹ (۰/۰۷ - ۰/۳۶) | ۳۲/۹ ± ۱۶/۴ | (۱۴) ۹ | <i>trans</i> -6+7+8 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۸/۹۴۰ (۶/۶۶۸ ، ۱۱/۲۱) | -۰/۲۷۵ (-۰/۱۷۶ ، ۰/۳۷۴) | -۰/۲۵ ± ۰/۰۶۹ (۰/۱۳ - ۰/۳۳) | ۳۴/۲ ± ۱۷/۲ | (۱۳) ۹ | <i>trans</i> -9 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۳/۷۴۴ (۲/۶۰۳ ، ۴/۸۸۴) | ۱/۱۰۱ (۰/۰۰۶ ، ۱/۶۹۶) | -۰/۴۹ ± ۰/۱۶۸ (۰/۳۳ - ۰/۷۹) | ۳۳/۹ ± ۱۶/۶ | (۱۴) ۹ | <i>trans</i> -10 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۸/۶۷۶ (۶/۹۷۹ ، ۱۰/۳۷) | ۲/۷۹۹ (۱/۳۰۵ ، ۴/۲۹۳) | ۱/۰۴ ± ۰/۳۷۶ (۰/۵۷ - ۱/۶۱) | ۳۴/۳ ± ۱۶/۰ | (۱۵) ۱۰ | <i>trans</i> -11 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۱۰/۵۲ (۸/۰۹۲ ، ۱۲/۹۵) | -۰/۵۷۸ (-۰/۳۹۰ ، ۰/۷۶۵) | -۰/۳۴ ± ۰/۰۹۱ (۰/۲۱ - ۰/۴۸) | ۳۶/۵ ± ۱۶/۰ | (۱۳) ۸ | <i>trans</i> -12 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۶/۵۵۱ (۳/۹۸۳ ، ۹/۱۱۹) | -۰/۴۸۴ (-۰/۲۶۲ ، ۰/۷۰۶) | -۰/۵۲ ± ۰/۲۱۰ (۰/۲۸ - ۰/۷۷) | ۳۴/۹ ± ۱۸/۹ | (۸) ۵ | <i>trans</i> -13+14 18:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۵/۷۵۴ (۴/۴۵۶ ، ۷/۰۵۱) | -۰/۸۳۷ (-۰/۶۱۱ ، ۱/۰۶۲) | ۲/۶۳ ± ۰/۸۵۱ (۱/۳۸ - ۵/۰۴) | ۳۳/۱ ± ۱۵/۷ | (۲۷) ۱۹ | 18:2n-6 |
| <۰/۰۰۱ | ۹/۸۲۰ (۷/۸۵۹ ، ۱۱/۷۸) | ۱/۳۹۱ (۰/۸۶۶ ، ۱/۹۱۶) | -۰/۵۴ ± ۰/۲۳۸ (۰/۳۲ - ۱/۱۰) ± ۰/۰۲۱۱ (۰/۰۰۳ - ۰/۰۵) | ۳۶/۶ ± ۱۵/۸ | (۱۹) ۱۴ | <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 CLA |
| <۰/۰۰۱ | ۳/۲۵۹ (۲/۲۷۴ ، ۴/۲۴۵) | -۰/۰۲۵ (-۰/۰۰۹ ، ۰/۰۴۰) | ± ۰/۰۲۱۱ (۰/۰۰۳ - ۰/۰۵) -۰/۰۲۱ | ۲۸/۵ ± ۱۳/۶ | (۱۱) ۸ | <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 CLA |
| ۰/۰۲۸ | (-۲/۳۴۰ ، -۰/۴۴۹) -۱/۳۹۵ | -۰/۰۲۴ (-۰/۰۶۶ ، ۰/۰۱۷) | -۰/۵۲ ± ۰/۲۵۰ (۰/۱۸ - ۱/۲۰) | ۳۲/۸ ± ۱۶/۶ | (۲۴) ۱۶ | 18:3n-3 |

^۱آزمون ناهمگنی در نتایج تمام متغیرهای پاسخ دهنده در سطح $P < ۰/۰۰۱$ معنی دار بود.

^۲هر دو سطح مکمل روغن (\leq و > ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره مکمل روغن) برای تمام متغیرها ارزیابی شده اند ولی به دلیل محدودیت در این جدول نشان داده نشده اند.

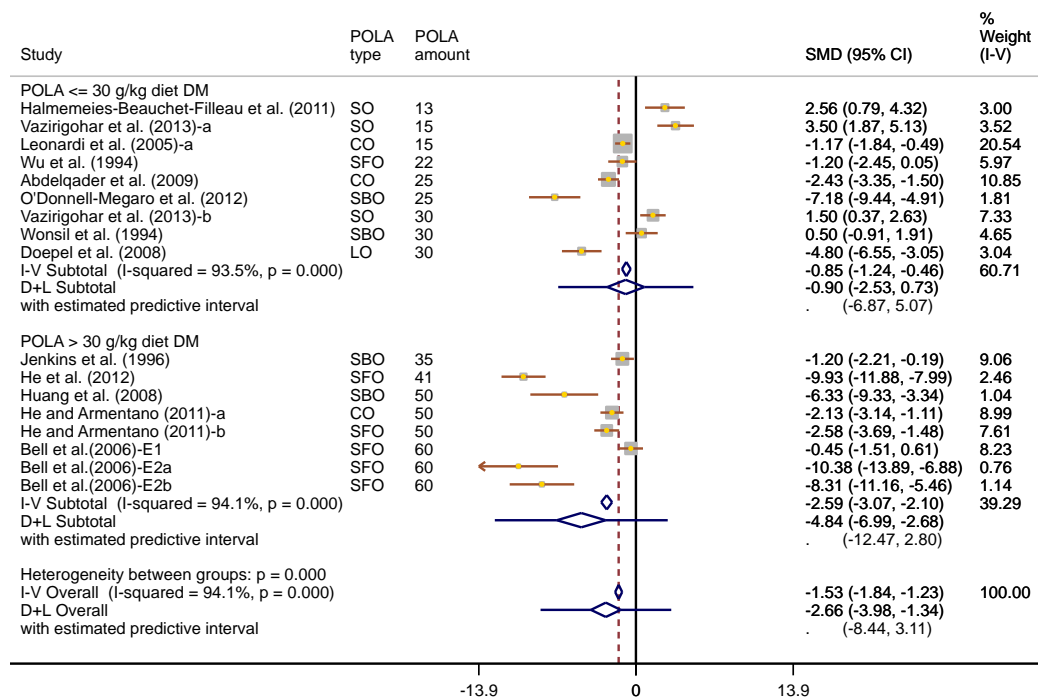
^۳واحدهای گزارش شده مربوط به مقدار متغیر در گروه شاهد و تفاوت میانگین وزن داده شده می باشند.

جدول ۳- منابع ناهمگنی نتایج ترکیب اسیدهای چرب شیر در پاسخ به مکمل خوراکی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در گاوهای شیرده حاصل از آنالیز متارگرسیون

| | | | | عوامل مداخله کننده | | | عرض از مبدا | | |
|----------------------|-------------------|----------------------------|------------|--------------------|-----------------------|---|-------------|-----------------------|------------------|
| P-value ^۱ | Adjusted R-Square | R ² residual, % | Tau-Square | P-value | ضریب ± خطای استاندارد | مورد | P-value | ضریب ± خطای استاندارد | متغیر پاسخ دهنده |
| — | ۵۷/۹ | ۹۰/۸ | ۶/۷۰ | <۰/۰۰۱ | ۱/۳۴ ± ۰/۳۰۲ | تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد | <۰/۰۰۱ | -۳/۱۸ ± ۰/۶۸۲ | 4:0 |
| <۰/۰۰۱ | ۷۵/۲ | ۷۹/۴ | ۵/۱۳ | ۰/۰۲۹ | ۰/۹۵ ± ۰/۳۹۶ | تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد | ۰/۱۱ | -۲/۸۰ ± ۱/۶۶۳ | 6:0 |
| | | | | ۰/۰۳۳ | -۰/۱۷ ± ۰/۰۷۳ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | | | |
| — | ۶۷/۹ | ۸۵/۷ | ۵/۹۴ | <۰/۰۰۱ | -۰/۳۱ ± ۰/۰۵۸ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۸۸ | ۰/۱۹ ± ۱/۲۲۴ | 8:0 |
| — | ۶۹/۶ | ۷۹/۶ | ۶/۶۴ | <۰/۰۰۱ | -۰/۳۴ ± ۰/۰۶۲ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۲۰ | -۱/۷۰ ± ۱/۲۸۶ | 10:0 |
| — | ۶۴/۸ | ۸۰/۴ | ۹/۲۸ | <۰/۰۰۱ | -۰/۳۳ ± ۰/۰۷۷ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۱۰ | -۲/۸۳ ± ۱/۶۰۹ | 12:0 |
| — | ۵۶/۰ | ۸۲/۰ | ۱۶/۷ | <۰/۰۰۱ | -۰/۳۹ ± ۰/۰۹۲ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۲۷ | -۲/۳۱ ± ۲/۰۱۴ | 14:0 |
| — | ۶۸/۱ | ۸۱/۵ | ۱۲/۴ | <۰/۰۰۱ | -۰/۴۰ ± ۰/۰۸۵ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۳۷ | -۱/۸۰ ± ۱/۹۵۸ | 15:0 |
| <۰/۰۰۱ | ۵۶/۳ | ۸۲/۶ | ۲۱/۹ | <۰/۰۰۱ | -۰/۴۲ ± ۰/۱۰۱ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۱۱ | -۳/۳۷ ± ۲/۰۵۲ | 16:0 |
| | | | | ۰/۰۲۱ | ۰/۴۴ ± ۰/۱۷۶ | تفاوت غلظت 16:0 بین جیره آزمایشی و شاهد | | | |
| — | ۳۵/۹ | ۸۹/۳ | ۲۲/۱ | ۰/۰۲۷ | -۷/۹۶ ± ۳/۱۳۳ | استفاده از مکمل بافر در جیره، بله در مقابل خیر | ۰/۶۹ | ۱/۷۳ ± ۴/۲۴۷ | 17:0 |
| — | ۴۶/۰ | ۷۵/۱ | ۳/۰۰ | ۰/۰۰۱ | -۱/۰۱ ± ۰/۲۶۲ | نوع مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره | <۰/۰۰۱ | ۷/۹۴ ± ۱/۰۲۴ | 18:0 |
| — | ۶۸/۷ | ۶۴/۰ | ۰/۶۲ | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۹ ± ۰/۰۲۲ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۵۹ | -۰/۲۸ ± ۰/۵۱۶ | cis-9 14:1 |
| <۰/۰۰۱ | ۶۴/۷ | ۸۹/۷ | ۷/۰۴ | ۰/۰۰۴ | ۴/۴۱ ± ۱/۳۷۸ | نوع علوفه جیره پایه | ۰/۰۰۱ | -۱۲/۲ ± ۳/۱۳ | cis-9 16:1 |
| | | | | ۰/۰۰۸ | ۰/۳۳ ± ۰/۱۰۷ | تفاوت غلظت 16:0 بین جیره آزمایشی و شاهد | | | |
| ۰/۰۰۳ | ۵۲/۱ | ۸۵/۴ | ۷/۹۰ | ۰/۰۱۵ | ۰/۱۱ ± ۰/۰۴۱ | تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۰۲۹ | -۹/۳۰ ± ۳/۸۸۷ | cis-9 18:1 |
| | | | | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰۶ | مقدار غلات جیره پایه | | | |
| | | | | ۰/۰۲۴ | ۳/۶۷ ± ۱/۴۷۶ | تعداد زایش، چند شکم در مقابل مخلوطی از یک شکم و چند شکم | | | |
| — | ۶۴/۹ | ۶۹/۹ | ۰/۸۰ | ۰/۰۰۶ | -۱/۳۵ ± ۰/۴۰۰ | نوع غلات جیره پایه | <۰/۰۰۱ | ۳/۹۸ ± ۰/۷۵۲ | cis-11 18:1 |
| ۰/۰۱۳ | ۶۸/۸ | ۷۰/۰ | ۴/۹۷ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۳ ± ۰/۰۰۸ | مقدار غلات جیره پایه | ۰/۹۴ | ۰/۱۸ ± ۲/۲۶۲ | cis-12 18:1 |
| | | | | ۰/۰۲۵ | ۰/۱۸ ± ۰/۰۶۸ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | | | |
| — | ۴۱/۳ | ۸۸/۰ | ۳/۴۰ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱۳ | مقدار نشاسته جیره پایه | ۰/۲۲ | -۳/۸۵ ± ۲/۸۵۷ | cis-15 18:1 |
| — | ۳۱/۵ | ۸۴/۲ | ۶/۰۱ | ۰/۰۴۱ | -۲/۵۱ ± ۱/۱۰۱ | نوع علوفه جیره پایه | <۰/۰۰۱ | ۱۲/۵ ± ۲/۶۴ | trans-6+7+8 18:1 |
| — | ۳۷/۶ | ۷۸/۸ | ۶/۸۵ | ۰/۰۲۹ | -۰/۰۳ ± ۰/۰۱۲ | مقدار نشاسته جیره پایه | <۰/۰۰۱ | ۱۵/۸ ± ۲/۹۵ | trans-9 18:1 |

| | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|--------|---------------|--|--------|---------------|----------------------------|
| ۰/۰۰۲ | ۷۴/۶ | ۵۶/۳ | ۲/۳۳ | -۰/۰۰۵ | ۰/۱۸ ± ۰/۰۵۱ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۹۰ | -۰/۳۳ ± ۲/۵۷۸ | <i>trans-11 18:1</i> |
| | | | | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۱ ± ۰/۰۰۵ | مقدار علوفه جیره پایه | | | |
| - | ۴۵/۴ | ۸۲/۲ | ۱۲/۹ | -۰/۰۳۰ | ۴/۷۶ ± ۱/۹۱۰ | نوع علوفه جیره پایه | ۰/۸۰ | ۱/۰۴ ± ۳/۹۶۵ | <i>trans-12 18:1</i> |
| - | ۶۴/۴ | ۸۶/۴ | ۱۰/۳ | <۰/۰۰۱ | -۲/۶۵ ± ۰/۴۹۴ | نوع مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2-6 در جیره | <۰/۰۰۱ | ۱۵/۷ ± ۱/۹۸ | <i>18:2n-6</i> |
| - | ۳۴/۲ | ۸۱/۱ | ۱۱/۳ | -۰/۰۱۷ | ۰/۲۰ ± ۰/۰۷۵ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۰۰۳ | ۵/۸۸ ± ۱/۷۰۰ | <i>cis-9,trans-11 CLA</i> |
| - | ۵۳/۷ | ۷۴/۵ | ۱/۲۶ | ۰/۰۱۲ | -۱/۱۶ ± ۰/۳۷۰ | نوع مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2-6 در جیره | ۰/۰۰۱ | ۷/۸۰ ± ۱/۵۴۰ | <i>trans-10,cis-12 CLA</i> |
| <۰/۰۰۱ | ۵۷/۰ | ۸۹/۴ | ۵/۰۲ | -۰/۰۱۲ | -۰/۱۵ ± ۰/۰۵۳ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | ۰/۶۹ | ۰/۴۸ ± ۱/۲۰۳ | <i>18:3n-3</i> |

^۱ سطح معنی داری تمام متغیرها در مدل‌های چند متغیره.

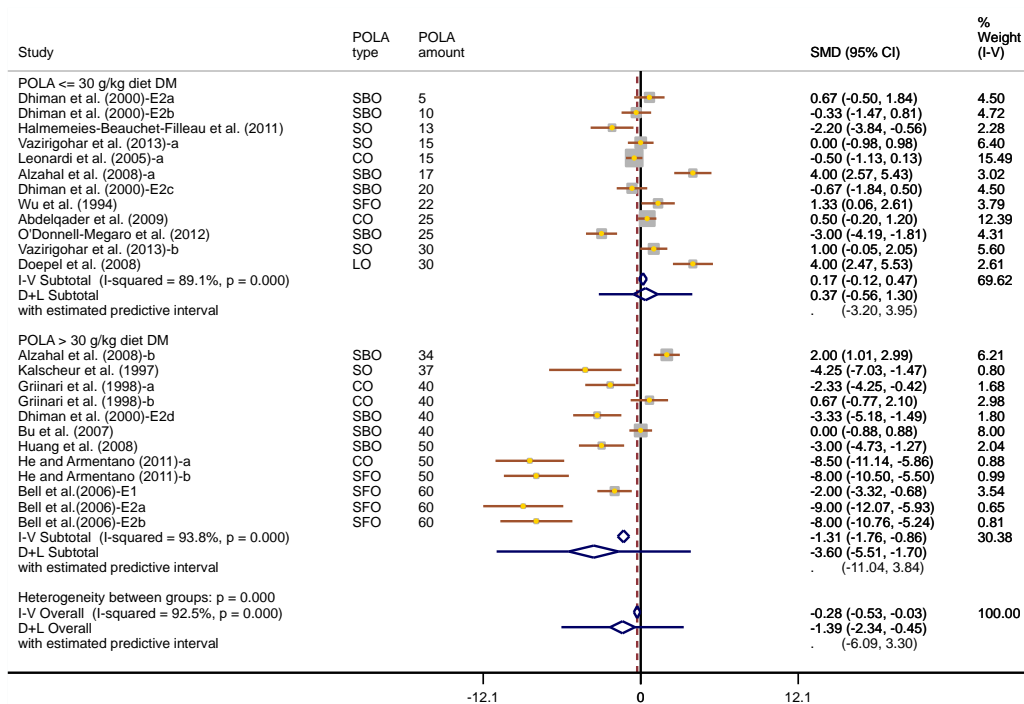


Standardized mean difference of milk 4:0 content

شکل ۱- نمودار جنگلی اثر مکمل خوراکی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 (بر اساس گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) روی

غلظت اسید چرب 4:0 چربی شیر در گاوهای شیرده

خلاصه‌ای از تخمین اثر تیمار با استفاده از مدل اثرات ثابت (روش I-V) و مدل اثرات تصادفی (روش D+L) نشان داده شده است. محور X ها تفاوت میانگین استاندارد شده را نشان می‌دهد. اندازه مربعات به نسبت وزن مربوط به هر مطالعه می باشد و مقدار عددی آنها نیز در همان خط بیان شده است. طول خطوط افقی (که روی مربعات قرار گرفته است) ۹۵ درصد دامنه اطمینان تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 را روی غلظت اسید چرب 4:0 چربی شیر در هر مقایسه (۱۷ مقایسه) نشان می‌دهد. الماسی (لوزی) که در انتها در طرف چپ خط صاف آمده است، اثر منفی مکمل روغن را روی غلظت اسید چرب 4:0 چربی شیر در بین تمام مقایسات نشان می‌دهد.



Standardized mean difference of milk 18:3n-3 content

شکل ۲- نمودار جنگلی اثر مکمل خوراکی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 (بر اساس گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) روی غلظت اسید چرب 18:3n-3 چربی شیر در گاوهای شیرده

خلاصه‌ای از تخمین اثر تیمار با استفاده از مدل اثرات ثابت (روش I-V) و مدل اثرات تصادفی (روش D+L) نشان داده شده است. محور X ها تفاوت میانگین استاندارد شده را نشان می‌دهد. اندازه مربعات به نسبت وزن مربوط به هر مطالعه می‌باشد و مقدار عددی آن‌ها نیز در همان خط بیان شده است. طول خطوط افقی (که روی مربعات قرار گرفته است) ۹۵ درصد دامنه اطمینان تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 را روی غلظت اسید چرب 18:3n-3 چربی شیر در هر مقایسه (۲۴ مقایسه) نشان می‌دهد. الماسی (لوزی) که در انتها در طرف چپ خط صاف آمده است، اثر منفی مکمل روغن را روی غلظت اسید چرب 18:3n-3 چربی شیر در بین تمام مقایسات نشان می‌دهد.

مصرف و از پیش ساخته شدن^۱ این اسید چرب در سطح سلول‌های ترشحی پستان باشد (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). نتایج حاصل از متارگسیون در ارتباط با اثرات منفی 18:2n-6 و مثبت 16:0 جیره روی غلظت 16:0 شیر می‌تواند تاییدی بر این پیشنهاد باشد. به‌طور کلی بخشی از افزایش نسبت 18:0 در چربی شیر می‌تواند به افزایش مصرف 18:0 و یا جریان خروجی^۲ شکمبه‌ای 18:0 به دلیل بیوهیدروژناسیون کامل اسیدهای چرب غیراشباع

مکمل کردن روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره به مقدار تقریباً ۲۰ و ۴۵ گرم در کیلوگرم ماده‌ی خشک جیره، غلظت اسید چرب 16:0 را در شیر به ترتیب به مقدار ۵/۶۹ و ۹/۱۲ واحد درصد کاهش داد (نتایج نشان داده نشده‌اند). این پاسخ کاهش می‌تواند مربوط به ممانعت از سنتز *de novo* این اسید چرب در غدد پستانی باشد (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). اگرچه در برخی از مطالعه‌های استفاده شده در این متاآنالیز، روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 با مکمل چربی اشباع غنی از 16:0 جایگزین شده بود. بنابراین بخشی از کاهش غلظت 16:0 شیر می‌تواند به کاهش

¹ Preformed

² Outflow

استاندارد شده‌ی 18:1 *cis-9* شیر این پیشنهاد را تایید می‌کند. افزایش سطح کنسانتره یا غلات در جیره‌های حاوی مکمل چربی منجر به کاهش نرخ بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای اسیدهای چرب غیراشباع از جمله 18:1 *cis-9* شده و غلظت این ایزومر را در جریان خروجی شکمبه‌ای (ساکمن و همکاران ۲۰۰۳) و یا در شیر (گرینری و همکاران ۱۹۹۸ و روی و همکاران ۲۰۰۶) افزایش می‌دهد.

مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 باعث افزایش فراوانی نسبی اسیدهای چرب 18:1 *trans-6* (تا 12-*trans*) در چربی شیر گاو نیز شد که این تغییرات می‌تواند به دلیل بیوهیدروژناسیون ناقص^۲ اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه باشد (شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). مکمل‌های چربی غنی از 18:1 *cis-9* و 18:2n-6 به ترتیب باعث غنی شدن 18:1 *trans-6* تا 18:1 *trans-9* و 18:1 *trans-10* تا 18:1 *trans-12* در چربی شیر می‌شوند (شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۳). در بیشتر جیره‌ها، 18:1 *trans-11* فراوان‌ترین اسید چرب *trans* در چربی شیر می‌باشد (پالمکویست و همکاران ۲۰۰۵). درحالی‌که تشکیل شکمبه‌ای 18:1 *trans-10* و وجود آن در چربی شیر در جیره‌های بر پایه‌ی نشاسته زیاد یا الیاف کم افزایش می‌یابد (گرینری و همکاران ۱۹۹۸ و روی و همکاران ۲۰۰۶). این موضوع می‌تواند اثر مثبت سطح علوفه جیره‌ی پایه را روی 18:1 *trans-11* شیر در این متآنالیز توضیح دهد.

غلظت CLA 18:1 *cis-9,trans-11* شیر به ترتیب به مقدار ۰/۴۷ و ۲/۱۳ واحد درصد در گاوهایی که به‌طور متوسط حدود ۲۰ و ۴۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 را مصرف کرده بودند افزایش یافت (نتایج نشان داده نشده‌اند). غنی شدن چربی شیر از CLA 18:1 *cis-9,trans-11* مرتبط با بیوهیدروژناسیون ناقص 18:1 *cis-9* و 18:2n-6 در شکمبه بوده که منجر به افزایش تامین 18:1 *trans-11*

خوراک مربوط شود (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). در این متآنالیز مصرف 18:0 با مکمل روغن تغییر نکرد، بنابراین افزایش غلظت 18:0 شیر به بیوهیدروژناسیون کامل 18:2n-6 و 18:0 *cis-9* در شکمبه مربوط می‌شود. همچنین نتایج متارگرسیون نشان داد که روغن‌های گیاهی با غلظت 18:2n-6 بالاتر نسبت‌های بیشتری از 18:0 را در شیر القاء کردند. به‌طوری‌که نشان داده شده است نرخ بیوهیدروژناسیون 18:1 *cis-9*، 18:2n-6 و 18:3n-3 به ترتیب بین ۵۸ تا ۸۷ درصد، ۷۰ تا ۹۵ درصد و ۸۵ تا ۱۰۰ درصد تغییر می‌کند (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸b و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰).

اسید چرب 16:1 *cis-9* از لحاظ فراوانی دومین اسید چرب غیراشباع با یک باند دوگانه‌ی *cis* در چربی شیر می‌باشد که در گاوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 غلظت کمتری داشت. در یک مطالعه مروری کمی نیز، 16:1 *cis-9* با اکثر مکمل‌های چربی کاهش یافت (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a). کاهش غلظت 16:1 *cis-9* می‌تواند مرتبط با کاهش تامین 16:0 در دسترس برای تبدیل شدن به 16:1 *cis-9* از طریق فعالیت دلتا-۹ دسچوراز^۱ در غدد پستانی باشد، به‌طوری‌که حدود ۵۰ درصد از این اسید چرب در شیر از این مسیر تولید می‌شود (موسلی و مک‌گویر ۲۰۰۷). در این مطالعه، مکمل کردن روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 به مقدار حدود ۲۰ و ۴۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره نسبت 18:1 *cis-9* شیر را به ترتیب به مقدار ۳/۱۹ و ۴/۵۸ واحد درصد افزایش داد (نتایج نشان داده نشده‌اند). اسید چرب 18:1 *cis-9* در چربی شیر یا از جذب مستقیم 18:1 *cis-9* یا غیراشباع شدن 18:0 در غدد پستانی منشأ می‌گیرد (شیلیارد و همکاران ۲۰۰۷ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). اثرات مثبت تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب بین جیره‌های آزمایشی و شاهد و همچنین سطح غلات جیره پایه روی تفاوت میانگین

² Incomplete biohydrogenation¹ Δ9-desaturase

11 18:1 و *cis-9,trans-11 CLA* در شیر در بین تمام آزمایش‌ها یافت شد که در زیر نشان داده شده است.

در دسترس برای غیراشباع شدن در غدد پستانی می‌شود. در این مطالعه رابطه نزدیکی بین غلظت‌های *trans-*

$[cis-9,trans-11 CLA (g/100 g \text{ total fatty acids}) = 0.11 (SE = 0.117; P = 0.36) + 0.43 (SE = 0.022; P < 0.001) trans-11 18:1 (g/100 g \text{ fatty acids}), RMSE = 0.230, N_{\text{experiments}} = 11, N_{\text{treatments}} = 26]$

11 CLA شیر را توضیح ندادند. در مطالعه‌های دیگر نیز افزایش سطح علوفه جیره حاوی روغن آفتابگردان اثری روی غلظت *cis-9,trans-11 CLA* شیر نداشت (روی و همکاران ۲۰۰۶ و وزیری گهر و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش نسبت علوفه به کنسانتره در جیره‌های حاوی روغن آفتابگردان از ۱۲ به ۸۸ تا ۳۶ به ۶۴ نیز اثری روی جریان دئودنومی *cis-9,trans-11 CLA* در گوساله‌های نر اخته شده نداشت (ساکمن و همکاران ۲۰۰۳).

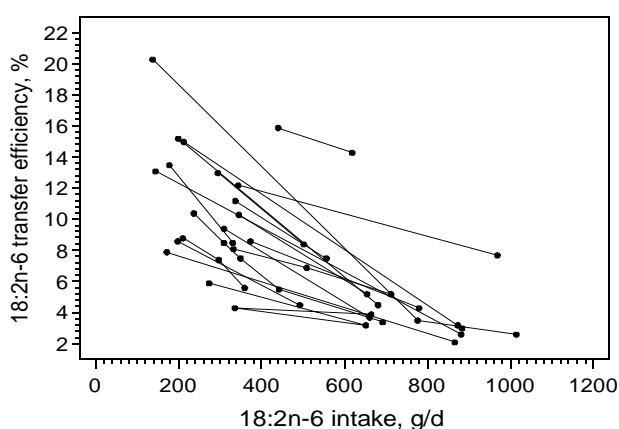
افزایش غلظت 18:2n-6 در شیر گاوهای تغذیه شده با جیره حاوی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 مربوط به افزایش مصرف این اسید چرب می‌باشد. در این مطالعه میانگین بازده انتقال ظاهری 18:2n-6 از خوراک به شیر ۷/۸۵ درصد و مطابق با گزارش قبلی بود (استرک و همکاران ۲۰۱۱). بازده انتقال 18:2n-6 با افزایش مصرف 18:2n-6 کاهش یافت (شکل ۳)، که می‌تواند به دلیل نرخ بیشتر بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای با غلظت‌های بیشتر روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره باشد (شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۸a). به علاوه نرخ انتقال اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند دوگانه از خوراک به شیر به وارد شدن این اسیدهای چرب به بخش‌های مختلف چربی پلاسما نیز بستگی دارد، به طوری که اسید چرب 18:2n-6 اغلب وارد بخش فسفولیپید و استرهای کلسترول می‌شود (لور و همکاران ۱۹۹۸). که بر خلاف تری‌آسیل-گلیسرول به مقدار جزئی توسط لیپوپروتئین‌لیپاز غدد پستانی هیدرولیز می‌شوند. اگرچه اثر مقدار دئودنومی 18:2n-6 بر وارد شدن این اسیدهای چرب در چربی پلاسما به خوبی شناخته نشده است.

در این مطالعه غلظت‌های 18:3n-3 در شیر گاوهایی که جیره های بدون مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 را

این رابطه می‌تواند بیانگر این باشد که نسبت بالایی از *cis-9,trans-11 CLA* شیر از سنتز داخلی در غدد پستانی منشا می‌گیرد (پالمکویست و همکاران ۲۰۰۵). در نتایج متارگرسیون متاآنالیز حاضر غلظت 18:2n-6 جیره منبع ناهمگنی نتایج *trans-11 18:1* و *cis-9,trans-* 11 CLA در شیر بود، درحالی‌که تفاوت غلظت *cis-9* 18:1 بین جیره‌ها حتی در نتایج متارگرسیون تک متغیره اثری روی این ایزومرهای اسید چرب چربی شیر نداشت. این نتایج بیان می‌کند که منابع خوراکی 18:2n-6 موثرتر از *cis-9 18:1* در افزایش غلظت *trans-11 18:1* و *cis-9,trans-11 CLA* در چربی شیر می‌باشند (شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۳). مقایسه‌های مستقیم نشان داده‌اند که روغن گلرنگ یا آفتابگردان غلظت‌های *trans-* 11 18:1 و *cis-9,trans-11 CLA* شیر را با شدت بیشتری نسبت به روغن منداب یا گلرنگ غنی از اسید اولئیک افزایش می‌دهند (ریگو و همکاران ۲۰۰۹، هالممیز-بوچت-فیلو و همکاران ۲۰۱۱ و هی و آرمنتانو ۲۰۱۱). به علاوه شواهدی وجود دارد که چربی‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 جریان خروجی *cis-9,trans-11 CLA* از شکمبه را افزایش می‌دهند (شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۸a و لوک و گارنسورسی ۲۰۰۲) و بنابراین تامین بیشتر *cis-9,trans-11 CLA* از پیش ساخته شده در غدد پستانی بخشی از افزایش این ایزومر را در شیر گاوهایی که روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 را مصرف کرده بودند توضیح می‌دهد. بیان شده است که چربی‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره‌های بر پایه علوفه باعث افزایش بیشتری از *cis-9,trans-11 CLA* شیر می‌شود (دی-هورست و همکاران ۲۰۰۶). در این مطالعه هیچ کدام از بخش‌های کربوهیدرات جیره، ناهمگنی نتایج *cis-9,trans-*

بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای 18:3n-3 بالا است (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸b و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰) خصوصاً وقتی مقادیر زیادی 18:2n-6 در شکمبه در دسترس باشد که این می‌تواند دلیلی برای عدم تاثیر روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در سطوح کمتر یا مساوی ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره روی غلظت 18:3n-3 در چربی شیر باشد.

دریافت کردند مطابق با گزارش‌های قبلی (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۳) ۵۰٪ گرم در ۱۰۰ گرم کل اسیدهای چرب شیر بود. غلظت 18:3n-3 در چربی شیر حتی با مکمل چربی‌های گیاهی غنی از 18:3n-3 به سختی به بیشتر از ۱ گرم در ۱۰۰ گرم اسیدهای چرب می‌رسد (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a). در این مطالعه مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 غلظت این اسید چرب را در چربی شیر کاهش داد. به‌طور کلی



شکل ۳- رابطه بین مصرف 18:2n-6 (گرم در روز) و بازده انتقال ظاهری 18:2n-6 از خوراک به شیر (درصد) در گاوهای

شیرده در بین تمام آزمایش‌ها. تعداد آزمایش‌ها = ۱۸ و تعداد تیمارهای آزمایشی = ۴۵

نمودار با استفاده از PROC GLM در نرم افزار SAS (version 9.1) رسم شده است.

نتیجه گیری

سطح غلات جیره پایه و تعداد زایش منابع ناهمگنی در نتایج 18:1 cis-9 شیر بودند. غلظت 18:1 trans-11 در شیر با افزایش غلظت 18:2n-6 جیره و سطح علوفه جیره پایه افزایش یافت. با مکمل کردن روغن گلرنگ < آفتابگردان < زرت < سویا < پنبه دانه مقادیر بالاتری از تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی متغیرهای 18:2n-6، trans-10, cis-12 CLA و 18:0 نشان داده شد.

مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره با کاهش غلظت اسیدهای چرب 6:0 تا 16:0 و افزایش غلظت‌های 18:0، 18:1 cis-9، 18:1 trans-11، 18:1 cis-18:2n-6 و 9, trans-11 CLA و trans-10, cis-12 CLA در چربی شیر همراه بود. مکمل روغن در جیره تا ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک اثری روی غلظت‌های 4:0 و 18:3n-3 در چربی شیر نداشت. غلظت 18:2n-6 در جیره عمده تغییرات نتایج اسیدهای چرب 8:0 تا 15:0 را توضیح داد، درحالی‌که غلظت 16:0 شیر تحت تاثیر 16:0 جیره نیز قرار گرفت. تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب خوراک،

منابع مورد استفاده

- وزیری گهر م. ۱۳۹۲. اثرات اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند دوگانه و الیاف مصرفی روی تولید چربی و ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده هلشتاین: متاآنالیز و آزمایش‌های تولیدی. رساله دکتری. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. کرج. ایران.
- Abdelqader MM, Hippen AR, Kalscheur KF, Schingoethe DJ and Garcia AD, 2009. Isolipidic additions of fat from corn germ, corn distillers grains, or corn oil in dairy cow diets. *J Dairy Sci* 92: 5523–5533.
- AlZahal O, Odongo NE, Mutsvangwa T, Or-Rashid MM, Duffield TF, Bagg R, Dick P, Vessie G and McBride BW, 2008. Effects of monensin and dietary soybean oil on milk fat percentage and milk fatty acid profile in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 91: 1166–1174.
- Bell JA, Griinari JM and Kennelly JJ, 2006. Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin, and vitamin E on concentration of conjugated linoleic acid in bovine milk fat. *J Dairy Sci* 89: 733–748.
- Bu DP, Wang JQ, Dhiman TR and Liu SJ, 2007. Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. *J Dairy Sci* 90: 998–1007.
- Chilliard Y, Glasser F, Ferlay A, Bernard L, Rouel J and Doreau M, 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur J Lipid Sci Technol* 109: 828–855.
- Dewhurst RJ, Shingfield KJ, Lee MRF and Scollan ND, 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim Feed Sci Technol* 131: 168–206.
- Dhiman TR, Satter LD, Pariza MW, Galli MP, Albright K and Tolosa MX, 2000. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J Dairy Sci* 83: 1016–1027.
- Doepel L, Toronchuk GP and Crowe JRE, 2008. The effect of dietary linoleic oil on CLA and other fatty acids in bovine milk. *Can J Anim Sci* 88: 321–324.
- Funaki M, 2009. Saturated fatty acids and insulin resistance. *J Med Invest* 56: 88–92.
- Givens DI, Kliem KE, Humphries DJ, Shingfield KJ and Morgan R, 2009. Effect of replacing calcium salts of palm oil distillate with rapeseed oil, milled or whole rapeseeds on milk fatty acid composition in cows fed maize silage-based diets. *Animal* 3: 1067–1074.
- Glasser F, Ferlay A and Chilliard Y, 2008a. Oilseed supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. *J Dairy Sci* 91: 4687–4703.
- Glasser F, Schmidely P, Sauvant D and Doreau M, 2008b. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of flows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal* 2: 691–704.
- Griinari JM, Dwyer DA, McGuire MA, Bauman DE, Palmquist DL and Nurmela KVV, 1998. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 81: 1251–1261.
- Halmemies-Beauchet-Filleau A, Kokkonen T, Lampi A-M, Toivonen V, Shingfield KJ and Vanhatalo A, 2011. Effect of plant oils and camelina expeller on milk fatty acid composition in lactating cows fed diets based on red clover silage. *J Dairy Sci* 94: 4413–4430.
- He M and Armentano LE, 2011. Effect of fatty acid profile in vegetable oils and antioxidant supplementation on dairy cattle performance and milk fat depression. *J Dairy Sci* 94: 2481–2491.
- He M, Perfield KL, Green HB and Armentano LE, 2012. Effect of dietary fat blend enriched in oleic or linoleic acid and monensin supplementation on dairy cattle performance, milk fatty acid profiles, and milk fat depression. *J Dairy Sci* 95: 1447–1461.
- Huang Y, Schoonmaker JP, Bradford BJ and Beitz DC, 2008. Response of milk fatty acid composition to dietary supplementation of soy oil, conjugated linoleic acid, or both. *J Dairy Sci* 91: 260–270.
- Jenkins TC and McGuire MA, 2006. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *J Dairy Sci* 89: 1302–1310.
- Jenkins TC, Bateman HG and Block SM, 1996. Butylsoyamide increases unsaturation of fatty acids in plasma and milk of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 79: 585–590.
- Kalscheur KF, Teter BB, Piperova LS and Erdman RA, 1997. Effect of fat source on duodenal flow of *trans*-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 2115–2126.

- Kelly ML, Berry JR, Dwyer DA, Griinari JM, Chouinard PY, Van Amburgh ME and Bauman DE, 1998. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J Nutr* 128: 881–885.
- Lean IJ, Rabiee AR, Duffield TF and Dohoo IR, 2009. Invited review: Use of meta-analysis in animal health and reproduction: Methods and applications. *J Dairy Sci* 92: 3545–3565.
- Leonardi C, Bertics S and Armentano LE, 2005. Effect of increasing oil from distillers grains or corn oil on lactation performance. *J Dairy Sci* 88: 2820–2827.
- Lock AL and Garnsworthy PC, 2002. Independent effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cows' milk. *Anim Sci* 74: 163–176.
- Lor JJ, Ferlay A, Ollier A, Ueda K, Doreau M and Chilliard Y, 2005. High-concentrate diets and polyunsaturated oils alter *trans* and conjugated isomers in bovine rumen, blood, and milk. *J Dairy Sci* 88: 3986–3999.
- Lor JJ and Herbein JH, 1998. Exogenous conjugated linoleic acid isomers reduce bovine milk fat concentration and yield by inhibiting de novo fatty acid synthesis. *J Nutr* 128: 2411–2419.
- Mohammed R, McGinn SM and Beauchemin KA, 2011. Prediction of enteric methane output from milk fatty acid concentrations and rumen fermentation parameters in dairy cows fed sunflower, flax, or canola seeds. *J Dairy Sci* 94: 6057–6068.
- Mosley EE and McGuire MA, 2007. Methodology for the *in vivo* measurement of the delta9-desaturation of myristic, palmitic, and stearic acids in lactating dairy cattle. *Lipids* 42: 939–945.
- O'Donnell-Megaró AM, Capper JL, Weiss WP and Bauman DE, 2012. Effect of linoleic acid and dietary vitamin E supplementation on sustained conjugated linoleic acid production in milk fat from dairy cows. *J Dairy Sci* 95: 7299–7307.
- Palmquist DL, Lock AL, Shingfield KJ and Bauman DE, 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. Pages 179–217 in *Advances in Food and Nutrition Research*. Vol. 50. S.-L. Taylor, ed. Elsevier Academic Press, San Diego, CA.
- Rego OA, Alves SP, Antunes LMS, Rosa HJD, Alfaia CFM, Prates JAM, Cabrita ARJ, Fonseca AJM and Bessa RJB, 2009. Rumen biohydrogenation-derived fatty acids in milk fat from grazing dairy cows supplemented with rapeseed, sunflower, or linseed oils. *J Dairy Sci* 92: 4530–4540.
- Roy A, Ferlay A, Shingfield KJ and Chilliard Y, 2006. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to plant oils in cows given different basal diets, with particular emphasis on *trans*-C18:1 fatty acids and isomers of conjugated linoleic acid. *Anim Sci* 82: 479–492.
- Sackmann JR, Duckett SK, Gillis MH, Realini CE, Parks AH and Egelston RB, 2003. Effect of forage and sunflower oil levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid for mentation in beef steers fed finishing diets. *J Animal Sci* 81: 3174–3181.
- Shingfield KJ, Ahvenjärvi S, Toivonen V, Vanhatalo A, Huhtanen P and Griinari JM, 2008a. Effect of incremental levels of sunflower-seed oil in the diet on ruminal lipid metabolism in lactating cows. *Br J Nutr* 99: 971–983.
- Shingfield KJ, Bernard L, Leroux C and Chilliard Y, 2010. Role of *trans* fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal* 4: 1140–1166.
- Shingfield KJ, Bonnet M and Scollan ND, 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant derived foods. *Animal* 7: 132–162.
- Shingfield KJ, Chilliard Y, Toivonen V, Kairenius P and Givens DI, 2008b. *Trans* fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. Pages 3–65 in *Bioactive components of milk, advances in experimental medicine and biology*. Vol. 606. Z. Bösze, ed. Springer, New York, US.
- Sterk A, Van Vuuren AM, Hendriks WH and Dijkstra J, 2011. Effects of different fat sources, technological forms and characteristics of the basal diet on milk fatty acid profile in lactating dairy cows – a meta-analysis. *J Agric Sci* 150: 495–517.
- Vazirigohar M, Dehghan-Banadaky M, Rezayazdi K, Krizsan SJ, Nejati-Javaremi A and Shingfield KJ, 2014. Fat source and dietary forage-to-concentrate ratio influences milk fatty acid composition in lactating cows. *Animal* 8: 163–174.
- Wonsil BJ, Herbein JH and Watkins BA, 1994. Dietary and ruminally derived *trans*-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *J Nutr* 124: 556–565.

- World Health Organization (WHO), 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series No. 916. WHO, Geneva, Switzerland.
- Wu Z, Huber JT, Chan SC, Simas JM, Chen KH, Varela JG, Santos F, Fontes C, JR and Yu P, 1994. Effect of source and amount of supplemental fat on lactation and digestion in cows. *J Dairy Sci* 77: 1644–1651.
- Zheng HC, Liu JX, Yao JH, Yuan Q, Ye HW, Ye JA and Wu YM, 2005. Effects of dietary sources of vegetable oils on performance of high-yielding lactating cows and conjugated linoleic acids in milk. *J Dairy Sci* 88: 2037–2042.

A meta-analysis of the impact of plant oils rich in 18:2n-6 on milk fatty acid composition in lactating cows

M Vazirigohar¹, M Dehghan-Banadaky^{2*}, K Rezayazdi² and A Nejati-Javaremi²

Received: January 26, 2014

Accepted: December 01, 2014

¹Ph.D Graduated Student, Department of Animal Science, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, 31587-77871, Karaj, Iran

²Associate Professors, Department of Animal Science, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, 31587-77871, Karaj, Iran

*Corresponding author: dehghanb@can.ut.ac.ir

Abstract

BACKGROUND: Including plant oils rich in unsaturated fatty acids in lactating cow diets can be used as a nutritional strategy to alter milk fatty acid composition for long-term human health. **OBJECTIVES:** Effects of dietary plant oils rich in 18:2n-6 (POLA) on milk fatty acid (FA) composition in lactating cows, using meta-analysis and meta-regression approach were evaluated. **METHODS:** Twenty experiments containing 27 comparisons between treatment and control groups, which met the selection criteria, were used. Two levels of supplementing POLA were evaluated: \leq and $>$ 30 g/kg diet DM. **RESULTS:** The POLA, at both level, reduced relative proportions of 6:0–16:0, enhanced 18:0, *cis* (Δ 9–12, and 15) and *trans* 18:1 (Δ 6–14), 18:2n-6, *cis*-9,*trans*-11 CLA, and *trans*-10,*cis*-12 CLA, whereas approximately 20 g/kg DM oil supplementation had no effect on 4:0 and 18:3n-3 concentrations in milk fat. Results of meta-regression showed that dietary 18:2n-6 content explained more than 55% of variation in results of 8:0–15:0. Dietary total FA content differences, grain level of basal diets, and parity were the sources of heterogeneity in milk *cis*-9 18:1. Milk *trans*-11 18:1 increased with increased dietary 18:2n-6 content and forage level of basal diets. Safflower oil $>$ sunflower oil $>$ corn oil $>$ soybean oil $>$ cottonseed oil induced higher standardized mean difference of milk 18:2n-6, *trans*-10, *cis*-12 CLA and 18:0 content. **CONCLUSIONS:** Feeding POLA lowered milk saturated FA and increased *trans*, monounsaturated and polyunsaturated FA.

Key words: Milk fat, Plant oil, Lactating cow, Meta-analysis