

متاآنالیز اثر روغن های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی قابلیت هضم، تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیری

مینا وزیری‌گهر^۱، کامران رضایزدی^{۳*}، مهدی دهقان بناذکی^۲ و اردشیر نجاتی جوارمی^۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۹

^۱دانش آموخته دکتری تغذیه نشخوارکنندگان، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۲محقق ارشد (دکتری تغذیه نشخوارکنندگان)، شرکت زانیار آریایی، تهران

^۳دانشیاران گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

* مسئول مکاتبه: Email: rezayazdi@ut.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: وارد کردن چربی‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع در جیره گاوهای شیری 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 هضم، تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیری با استفاده از روش‌های متاآنالیز و متارگرسیون بررسی شد. **روش کار:** در این مطالعه از بیست و پنج آزمایش شامل ۲۸ مقایسه آماری بین گروه‌های آزمایشی (با مکمل روغن گیاهی) و شاهد (بدون مکمل روغن گیاهی) که واجد شرایط لازم برای انجام متاآنالیز حاضر بودند استفاده شد. دو سطح مکمل روغن در جیره مورد ارزیابی قرار گرفت (\leq یا $>$ از ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره). **نتایج:** به طور کلی، مکمل روغن ماده خشک مصرفی را کاهش و تولید شیر را افزایش داد و تفاوت میانگین وزن‌داده‌شده‌ی آن‌ها به ترتیب $-۰/۳۰$ و $۰/۳۲$ کیلوگرم در روز بود، اگرچه این نتایج ناهمگن بودند. نوع علوفه جیره پایه عامل ناهمگنی تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی ماده خشک مصرفی بود، درحالی‌که تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره‌های آزمایشی و شاهد تغییرات نتایج تولید شیر را توضیح داد. استفاده از مکمل روغن تا ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره، قابلیت هضم مواد آلی و الیاف را در کل دستگاه گوارش بهبود داد. غلظت و تولید چربی شیر در هر دو سطح مکمل روغن کاهش یافت، اما تولید پروتئین و لاکتوز شیر تغییر نکرد. مقدار مکمل روغن در جیره و تفاوت تولید شیر بین گروه‌های آزمایشی و شاهد به ترتیب اثرات منفی و مثبتی را روی تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی غلظت و تولید چربی شیر نشان دادند. **نتیجه‌گیری نهایی:** به طور کلی، مکمل روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره ماده خشک مصرفی را کاهش و تولید شیر را افزایش داد و باعث بهبود بازده تولید شیر شد.

واژگان کلیدی: تولید شیر، روغن گیاهی، گاو شیری، متاآنالیز

مقدمه

اخیرا علاقه به تولید شیر نشخوارکنندگان با غلظت‌های کمتری از اسیدهای چرب اشباع متوسط زنجیر^۱ شامل 12:0، 14:0 و 16:0 و غلظت‌های بیشتری از 4:0 و اسیدهای چرب غیراشباع از جمله 18:1 *cis*-9، 18:2n-6 و *cis*-9،*trans*-11 CLA به دلیل توجه به سلامتی انسان افزایش یافته است (دبلیو.اچ.او ۲۰۰۳ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۸b). به طور معمول مکمل‌های چربی برای افزایش غلظت انرژی جیره گاوهای شیرده پرتولید استفاده می‌شوند (جنکینز و مک‌گویر ۲۰۰۶). دانه‌های روغنی و روغن‌های گیاهی از منابع عمده چربی مورد استفاده می‌باشند. وارد کردن چربی‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع در جیره اغلب نسبت اسیدهای چرب اشباع متوسط زنجیر شیر را کاهش می‌دهند (هالمیز-بوچت-فیلو و همکاران ۲۰۱۱ و هی و آرمنتانو ۲۰۱۱). همچنین به خوبی 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 (پالمکوئیست و همکاران ۲۰۰۵). مکمل کردن چربی در جیره علاوه بر تغییر در ترکیب اسیدهای چرب شیر، ماده خشک مصرفی، تولید شیر و تولید چربی شیر را نیز تغییر می‌دهد (ریبئی و همکاران ۲۰۱۲ و شینگفیلد و گارنسورسی ۲۰۱۲). مصرف دانه های کامل آفتابگردان، سویا و پنبه دانه باعث کاهش ماده خشک مصرفی و بهبود تولید شیر گاوهای شیرده می‌شود (ریبئی و همکاران ۲۰۱۲). مشکل عمده استفاده از روغن‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع اثرات محتمل منفی آن روی قابلیت هضم مواد مغذی می‌باشد (جنکینز ۱۹۹۲)، اگرچه این مورد در چندین مطالعه‌های *in vivo* روی گاوهای شیرده (اوتدا و همکاران ۲۰۰۳ و هالمیز-بوچت-فیلو و همکاران ۲۰۱۱) یا غیرشیرده

(ساگمن و همکاران ۲۰۰۳ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۱) تایید نشده است. متاآنالیز^۲ یک مطالعه مروری آماری می‌باشد که با ترکیب داده‌ها از چندین آزمایش مختلف و در نتیجه افزایش حجم نمونه‌ی مورد مطالعه توان آماری بالاتری را در جهت کمی‌کردن اثر کلی تیمار ایجاد می‌کند. متارگرسیون^۳ روشی است برای ارزیابی این‌که چگونه پاسخ متغیر^۴ به تیمار با عوامل مداخله کننده^۵ مختلف پیچیده شده است (لین و همکاران ۲۰۰۹). اهداف این مطالعه بررسی اثرات روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ماده خشک مصرفی، قابلیت هضم مواد مغذی، تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیرده با استفاده از متاآنالیز و همچنین شناسایی عوامل موثر در ناهمگنی^۶ و واریانس پاسخ متغیرها به تیمار با استفاده از روش متارگرسیون بود.

مواد و روش‌ها

مرور منابع

مروری جامع از مجله‌های معتبر (ارزیابی شده توسط داوران متخصص) انگلیسی زبان در زمینه علوم دامی (J Dairy Sci, Journal of Animal Science, Canadian Journal of Animal Science, Animal Feed Science and Technology, Livestock Science, Agricultural System, Animal, Animal Science, Journal of Dairy Research, Journal of Agricultural Science, Animal Physiology and Animal Nutrition, and Acta Agriculturae Scandinavica-Section A) و علوم تغذیه (of Nutrition, and British journal of Nutrition) برای یافتن مقاله‌های پژوهشی از سال ۱۹۹۰ تا سپتامبر ۲۰۱۲ انجام شد که در آن‌ها اثرات مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 روی عملکرد تولیدی گاوهای شیرده مورد بررسی قرار گرفته شده بود. در برخی مقاله‌ها

² Meta-analysis³ Meta-regression⁴ Outcome⁵ Covariate⁶ Heterogeneity¹ Medium-chain saturated fatty acids

روی مواد خوراکی عمده جیره بین گروه آزمایشی و شاهد ایجاد کرده بودند از مخزن داده حذف شدند زیرا تغییرات عمده در سایر مواد خوراکی جیره با اثرات مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 تداخل دارد. همچنین در مقاله‌ها بایستی حداقل یکی از متغیرهای پاسخ دهنده مورد نظر^۱ (ماده خشک مصرفی، تولید شیر، غلظت یا تولید چربی شیر، غلظت یا تولید پروتئین شیر یا غلظت یا تولید لاکتوز شیر) و همچنین مقدار واریانس (خطای استاندارد) آن گزارش شده بود. معیار حذف مقاله‌ها و یا تیمارهای آزمایشی داخل مقاله‌ها در این مطالعه متآنالیز به همراه یک مطالعه برای هر معیار در جدول ۱ آورده شده است.

استخراج و تلفیق داده‌ها

الگویی برای استخراج داده‌ها از مقاله‌ها به ازای هر متغیر پاسخ دهنده تشکیل شد که شامل نام نویسنده و سال انتشار مقاله، حداقل میانگین مربعات، مقدار واریانس و تعداد گاوها برای هر تیمار آزمایشی بود. همچنین هر کدام از داده‌های زیر که در مطالعه‌ها گزارش شده بودند استخراج و با داده‌های اصلی تلفیق شدند که شامل: نژاد (هلشتاین یا سایر نژادها)، روزهای شیردهی در شروع آزمایش، تعداد زایش (یک بار زایش کرده، چند بار زایش کرده یا مخلوط آن‌ها)، طرح آزمایشی (پیوسته یا مربع لاتین)، طول دوره آزمایشی (به روز)، دفعات شیردوشی و خوراک‌دهی (تعداد دفعات در روز)، نوع جیره (به صورت کاملاً مخلوط شده یا مجزا)، نوع و مقدار مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌ها، نوع و مقدار مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6، روش اضافه کردن مکمل روغن در جیره (مخلوط شده با کنسانتره یا با جیره کاملاً مخلوط شده) و استفاده از مکمل بافیری در جیره (بله یا خیر) بود. غلظت نشاسته و ترکیب اسیدهای چرب جیره‌ها با استفاده از جداول مواد خوراکی CPM-Dairy (version 3.0.7) برای آن دسته از مطالعه‌هایی

چندین آزمایش گزارش شده بود و همچنین برخی آزمایش‌ها چند مقایسه‌ای^۱ بودند (یعنی یک گروه شاهد در مقایسه با ۲ یا چند گروه آزمایشی). در نهایت مخزن داده^۲ دارای شرایط لازم برای انجام مطالعه متآنالیز حاضر شامل ۲۳ مقاله پژوهشی، ۲۵ آزمایش و ۲۸ مقایسه آماری بین گروه‌های آزمایشی (با مکمل روغن گیاهی) و شاهد (بدون مکمل روغن گیاهی) بود که روی ۴۳۳ گاو شیرده بررسی شده بودند. هر مشاهده در مخزن داده برابر با حداقل میانگین مربعات^۳ یک تیمار آزمایشی بود.

معیار انتخاب^۴ مقاله‌ها و تیمارهای آزمایشی داخل مقاله‌ها

آزمایش‌هایی که اثرات مکمل خوراکی (نه به صورت تزریق شکمبه‌ای یا پس‌شکمبه‌ای^۵) چربی گیاهی به شکل روغن آزاد (نه به شکل دانه کامل یا فرآوری شده یا منبع محافظت شده شکمبه‌ای) غنی از 18:2n-6، شامل روغن گلرنگ^۶، روغن لینولا^۷، روغن آفتابگردان، روغن ذرت، روغن سویا یا روغن پنبه‌دانه، را روی گاوهای شیرده بررسی کرده بودند انتخاب شدند. جیره‌هایی که در آن‌ها از روغن ماهی، جلبک‌های دریایی^۸، مونسین یا مخلوط روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 و منابع غنی از *cis-9* 18:1 یا 18:3n-3 استفاده شده بود از مخزن داده حذف شدند. در این مطالعه از مقاله‌هایی استفاده شد که تمام مواد خوراکی جیره‌های آزمایشی را گزارش کرده بودند و در آن‌ها یک گروه شاهد استفاده شده بود و همچنین گاوها در جایگاه‌های انفرادی و به صورت بسته (نه به صورت خوراک‌دهی گروهی و یا در مرتع به صورت آزاد) تغذیه شده بودند. آزمایش‌هایی که تغییرات زیادی

¹ Multiple comparisons

² Database

³ Least squares means

⁴ Selection criteria

⁵ Post-ruminal infusion

⁶ Safflower

⁷ Linola

⁸ Marine algae

⁹ Interested response variable

عنوان تنها منبع علوفه در جیره. همچنین نوع غلات جیره پایه به سه دسته گروه‌بندی شد: ذرت (یا سورگوم) به عنوان تنها منبع، ذرت به عنوان منبع اصلی یا جو به عنوان منبع اصلی غلات در جیره.

که این مقادیر را گزارش نکرده بودند محاسبه شد. قبل از شروع آنالیز آماری داده‌ها، نوع علوفه جیره پایه به چهار دسته گروه‌بندی شد: یونجه (یا شبدر قرمز) به عنوان تنها منبع، یونجه به عنوان منبع اصلی، ذرت سیلوشده به عنوان تنها منبع یا گراس سیلوشده به

جدول ۱- معیار حذف مقاله‌ها و تیمارهای آزمایشی در این متاآنالیز به همراه گزارش یک مطالعه برای هر معیار استفاده شده

مطالعه	مجله	نوع روغن گیاهی غنی از 18:2n-6	دلیل حذف
Kelly et al. (1998)	J. Nutr.	روغن آفتابگردان	بدون گروه شاهد
Bauman et al. (2000)	J. Dairy Sci.	روغن آفتابگردان	واریانس یا P-value گزارش نشده
Piperova et al. (2000)	J. Nutr.	روغن سویا	تفاوت عمده در مقدار علوفه و غلات بین جیره‌های آزمایشی و شاهد
Loor & Herbein (2003)	J. Dairy Sci.	روغن گلرنگ	بدون گروه شاهد، تزریق شیردانی (CLA conjugated linoleic acid)
Loor & Herbein (2003)	Anim. Feed Sci. Tech.	روغن سویا	بدون گروه شاهد، مخلوط روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 با CLA
Jones et al. (2005)	J. Dairy Sci.	روغن آفتابگردان	مکمل روغن ماهی در جیره، خوراکدهی گروهی حیوانات
Bell et al. (2006) ¹	J. Dairy Sci.	روغن گلرنگ	مکمل مونتسین در جیره، مخلوط روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 با روغن کتان
Shingfield et al. (2006)	J. Dairy Sci.	روغن آفتابگردان	مکمل روغن ماهی در جیره
Relling & Reynolds (2007)	J. Dairy Sci.	روغن سویا	نمک کلسیمی روغن سویا
Rego et al. (2009)	J. Dairy Sci.	روغن آفتابگردان	گاواهای چراکننده در مرتع

¹ در این مطالعه برخی از تیمارهای آزمایشی حذف شدند

ناهمگنی پاسخ‌های هر متغیر پاسخ‌دهنده استفاده شد. در صورتی که مقدار I^2 بیشتر از ۵۰ درصد و یا آزمون ناهمگنی Q دارای معنی‌داری بیش از ۰/۱۰ باشد ناهمگنی معنی‌داری بین نتایج وجود دارد. استفاده از مدل اثرات تصادفی برای انجام متاآنالیز صحیح‌تر می‌باشد زیرا این مدل اثرات مدیریت، واریانس بین حیوانات و سایر تفاوت‌های موجود در اجرای هر مطالعه که با اثرات تیمار آزمایشی تداخل می‌کنند را در نظر می‌گیرد (استی-پیر ۲۰۰۱ و بورستین و همکاران ۲۰۱۰)، به‌خصوص زمانی‌که آزمون ناهمگنی معنی‌دار شود (ربیعی و همکاران ۲۰۱۲). تفاوت میانگین وزن‌داده‌شده^۶ هر متغیر پاسخ‌دهنده برای گزارش میانگین خام مقدار هر پاسخ محاسبه شد. برای بررسی اثرات سطوح مختلف مکمل روغن در جیره، مخزن داده به ازای هر متغیر پاسخ‌دهنده بر اساس مقدار مکمل به دو زیر گروه: ۱- کمتر یا مساوی ۳۰ گرم و ۲- بیشتر از ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره تفکیک شد. مقدار متوسط مکمل روغن در زیرگروه اول و دوم به ترتیب حدود ۲۰

آنالیز آماری داده‌ها

متاآنالیز اثرات مکمل خوراکی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ماده خشک مصرفی، قابلیت هضم مواد مغذی و تولید و ترکیب شیر با استفاده از نرم افزار Stata (Stata/SE version 11.1, StataCorp., LP, College Station, TX) انجام شد. داده‌ها برای هر متغیر پاسخ‌دهنده با استفاده از مدل‌های اثرات ثابت (کوهن ۱۹۸۸) و تصادفی (درسیمونین و لرد ۱۹۸۶) برای تخمین اندازه‌ی اثر^۱، ۹۵ درصد دامنه اطمینان^۲ و سطح معنی‌داری آماری^۳ اندازه‌ی اثر مکمل روغن، آنالیز آماری شدند. تخمین اندازه‌ی اثر با استفاده از آماره Z استاندارد شده انجام گرفت. اندازه‌ی اثر برای داده‌های پیوسته^۴، تفاوت میانگین استاندارد شده^۵ می‌باشد (رجوع به لین و همکاران ۲۰۰۹). آماره I^2 که با استفاده از آماره X^2 (Q) محاسبه می‌شود برای تعیین درجه

¹ Effect size

² 95% confidence interval

³ P-value

⁴ Continious data

⁵ Standardized mean difference (SMD)

⁶ Weighted mean difference (WMD)

و همکاران (۲۰۰۸a) و هالممیز-بوچت-فیلو و همکاران (۲۰۱۱) ایرشایر فنلاندی بودند. همچنین در بیشتر آزمایش‌ها گاوهای چندبار زایش کرده و یا مخلوطی از گاوهای یک‌بار و چندبار زایش کرده استفاده شده بود (در آزمایش اول مطالعه دایمن و همکاران (۲۰۰۰) گاوها یک بار زایش کرده بودند). گاوها اغلب با جیره کاملا مخلوط‌شده و در مطالعه هالممیز-بوچت-فیلو و همکاران (۲۰۱۱) علوفه و کنسانتره به صورت جداگانه تغذیه شده بود. نوع علوفه و غلات بین جیره‌های آزمایشی و شاهد (داخل مقایسه‌ها) تغییر نکرد و نسبت آن‌ها نیز به طور جزئی تغییر داشت. همچنین دامنه تغییرات نسبت علوفه به کنسانتره بین مقایسه‌ها کم بود (بین ۲۸ به ۶۲ و ۶۱ به ۳۹) و فقط در یک مقایسه ۸۰ درصد ماده خشک جیره کنسانتره بود. نوع علوفه و غلات بین مقایسه‌ها دامنه گسترده‌ای داشت. مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره اغلب جایگزین بخشی از علوفه، غلات یا مکمل پروتئینی جیره و در برخی موارد جایگزین مکمل چربی اشباع شده بود. مکمل روغن‌های گیاهی استفاده شده، غنی از 18:2n-6 و دارای سطوح بالایی از *cis-9 18:1* و 16:0 بودند. در بیشتر آزمایش‌ها مکمل روغن به ترکیب کنسانتره و در برخی موارد به جیره کاملا مخلوط شده اضافه شده بود.

قابلیت هضم، ماده خشک مصرفی و تولید شیر

مصرف روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 تا ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره قابلیت هضم مواد آلی و NDF را در کل دستگاه گوارش بهبود داد ($P < 0.05$), اما تاثیری روی هضم پروتئین خام نداشت ($P > 0.10$); جدول ۳). اشکال ۱ و ۲ خلاصه نتایج ۲۵ آزمایش و ۳۸ مقایسه آماری بین گروه‌های آزمایشی و شاهد را به ترتیب روی ماده خشک مصرفی و تولید شیر در دو سطح مکمل روغن گیاهی در جیره (> 30 گرم در کیلوگرم ماده خشک) نشان می‌دهند. استفاده از مکمل روغن به مقدار (میانگین \pm انحراف معیار) $20 \pm 7/3$ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره ماده خشک مصرفی را کاهش داد

و ۴۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره بود. برای اینکه بتوان اثر تیمار آزمایشی را روی هر متغیر پاسخ‌دهنده بررسی کرد حداقل داده‌های ۵ آزمایش لازم بود (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a و ربیعی و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به اینکه عوامل حیوانی و خوراکی متفاوتی می‌توانند روی متغیرهای پاسخ‌دهنده اثرگذار باشند، بررسی تداخل این عوامل مداخله‌کننده با اثر تیمار آزمایشی مهم است. بنابراین آنالیز متارگرسیون با استفاده از دستور متارگ^۱ برای ارزیابی منابع ناهمگنی پاسخ هر متغیر به تیمار آزمایشی انجام شد. در این روش "اندازه‌ی اثر" مربوط به هر مقایسه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. متارگرسیون ابتدا به صورت تک متغیره^۲ روی تمام عوامل مداخله‌کننده و با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۲۰ انجام گرفت. سپس تمام متغیرهایی که در متارگرسیون تک‌متغیره معنی‌دار بودند برای ارزیابی متارگرسیون چندمتغیره^۳ استفاده شدند. در این روش از حذف مرحله‌ای عقب‌گرد^۴ تا زمانی‌که تمام متغیرهای باقیمانده در مدل در سطح $P < 0.05$ معنی‌دار شوند استفاده شد. نمودار جنگلی^۵ با استفاده از دستور متان^۶ رسم شد تا بتوان تفاوت میانگین استاندارد شده مربوط به هر متغیر را مشاهده کرد.

نتایج

مخزن داده‌ها

داده‌های عوامل حیوانی و خوراکی و نوع تیمارهای آزمایشی مربوط به هر مطالعه‌ی استفاده شده در این متآنالیز در جدول ۲ خلاصه شده‌اند. در برخی از آزمایش‌ها یک مقایسه و در برخی دیگر چندین مقایسه گزارش شده بود. در بیشتر آزمایش‌ها گاوهای هلشتاین استفاده شده بودند اگرچه گاوها در مطالعه‌های شینگفیلد

¹ Metareg command

² Univariate

³ Multivariate

⁴ Backward stepwise elimination

⁵ Forest plot

⁶ Metan command

تفاوت تولید شیر بین گروه‌ها روی غلظت پروتئین شیر موثر بودند، درحالی‌که غلظت NDF جیره پایه و روزهای شیردهی منابع ناهمگنی تفاوت میانگین استانداردشده‌ی غلظت لاکتوز شیر بودند (جدول ۴).

بحث

به‌طورکلی تصور می‌شود که روغن‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع به دلیل اثرات آن‌ها روی هضم موادآلی در شکمبه ماده خشک مصرفی را کاهش می‌دهند (جنکینز ۱۹۹۲ و شینگفیلد و گارنسورسی ۲۰۱۲). در این متآنالیز مکمل روغن گیاهی به مقدار تقریباً ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره ماده خشک مصرفی را کاهش داد، اما این کاهش مصرف با افزایش تولید شیر همراه بود که شاید به دلیل بهبود قابلیت هضم موادآلی و الیاف در کل دستگاه گوارش باشد. مطابق با نتایج حاضر روغن-های گیاهی غنی از *cis-9 18:1* (چلیکانی و همکاران ۲۰۰۴)، *18:2n-6* (بیتمن و جنکینز ۱۹۹۸ و ساکنم و همکاران ۲۰۰۳) یا *18:3n-3* (دورئو و همکاران ۲۰۰۹ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۱) زمانی‌که تا ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک در جیره مکمل شدند اثرات منفی روی قابلیت هضم الیاف یا موادآلی در کل دستگاه گوارش گاو نداشتند. موافق با این مطالعه‌ها و همچنین متآنالیز حاضر، در مطالعه‌ی رامیرز رامیرز و همکاران (۲۰۱۵) با واردکردن ۱۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک روغن زرت در جیره قابلیت هضم الیاف در کل دستگاه گوارش بهبود یافت. هر چند ممکن است مقادیر بیشتر روغن‌های گیاهی در جیره هضم در شکمبه یا در کل دستگاه گوارش را کاهش دهند (کلشور و همکاران ۱۹۹۷، اوئدا و همکاران ۲۰۰۳ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۸a) یا بدون تأثیر باشند (هارواتاین و آلن ۲۰۰۶). مطالعه‌ی آلن و هارواتاین

($P=0/047$)؛ تفاوت میانگین وزن داده‌شده = $0/077$ - ۹۵ درصد دامنه اطمینان = $0/449$ - تا $0/295$ کیلوگرم در روز)، اما تولید شیر را افزایش داد ($P=0/001$)؛ تفاوت میانگین وزن داده‌شده = $1/015$ ، ۹۵ درصد دامنه اطمینان = $0/405$ تا $1/625$ کیلوگرم در روز). همچنین با آنالیزکردن کل مقایسه‌ها، ماده خشک مصرفی کاهش ($P < 0/001$) و تولید شیر افزایش یافت ($P = 0/028$)؛ جدول ۳). نتایج متارگرسیون نشان داد که نوع علوفه جیره پایه و تفاوت غلظت *18:2n-6* بین جیره‌های آزمایشی و شاهد به ترتیب منابع ناهمگنی تفاوت میانگین استاندارد-شده‌ی ماده خشک مصرفی و تولید شیر بودند (جدول ۴).

چربی، پروتئین و لاکتوز شیر

مکمل روغن گیاهی غنی از *18:2n-6* به مقدار ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره ترشح چربی شیر را کاهش داد ($P=0/041$) اما تأثیری روی تولید پروتئین و لاکتوز شیر نداشت ($P > 0/10$)؛ جدول ۳). مکمل روغن به مقدار تقریباً ۴۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره ترشح چربی و لاکتوز را کاهش داد ($P < 0/001$) اما تأثیری روی تولید پروتئین شیر نداشت ($P > 0/10$)؛ جدول ۳). آنالیز متارگرسیون نشان داد که تفاوت تولید شیر بین گروه‌ها تنها منبع موثر روی واریانس نتایج تولید چربی، پروتئین و لاکتوز شیر بود (جدول ۴). وارد کردن تقریباً ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک مکمل روغن در جیره غلظت‌های چربی و پروتئین را به ترتیب به مقدار $2/43$ و $0/45$ گرم در کیلوگرم کاهش داد ($P < 0/015$) و تمایل ($P=0/09$) به کاهش غلظت لاکتوز شیر به مقدار $0/16$ گرم در کیلوگرم داشت (جدول ۳). درحالی‌که مکمل روغن گیاهی به مقدار تقریباً ۴۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره غلظت چربی شیر را به مقدار $0/36$ گرم در کیلوگرم کاهش داد ($P < 0/001$) اما روی غلظت‌های پروتئین و لاکتوز شیر اثری نداشت ($P > 0/10$)؛ جدول ۳). آنالیز متارگرسیون نشان داد که مقدار مکمل روغن در جیره اثر منفی روی تفاوت میانگین استانداردشده غلظت چربی شیر داشت (جدول ۴). نوع علوفه جیره پایه و

۲۰۰۶) نشان داد که با وارد کردن مکمل چربی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به جیره بدون چربی و جیره‌ی حاوی چربی اشباع، قابلیت هضم ظاهری شکمبه-ای مواد آلی، الیاف و نشاسته بهبود یافت. این بهبود هضم در شکمبه با جیره‌های حاوی مکمل چربی غیراشباع می‌تواند به دلیل تغییر جمعیت میکروبی شکمبه (جنکینز و همکاران ۲۰۰۸ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۳) یا مهار تخلیه شکمبه‌ای با افزایش ترشح کوله‌سیستوکینین، کاهش عبور شکمبه‌ای (آلن ۲۰۰۰) و افزایش زمان برای تجزیه پذیری الیاف در شکمبه و یا هر دو دلیل باشد. در این متآنالیز در برخی مطالعه‌ها مکمل روغن گیاهی جایگزین چربی اشباع در جیره شده بود. به‌طور کلی در نشخوارکنندگان قابلیت هضم ظاهری و در دسترس بودن اسیدهای چرب ۱۶ کربنه تقریباً ۷ برابر اسیدهای چرب ۱۸ کربنه می‌باشد (شیمدلی و همکاران ۲۰۰۸) و همچنین جذب اسیدهای چرب غیراشباع بیشتر از اسیدهای چرب اشباع در روده کوچک می‌باشد (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸b). حداقل بخشی از کاهش در ماده خشک مصرفی با روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 می‌تواند به اثرات متابولیکی اسیدهای چرب غیراشباع در سطح روده کوچک مربوط شود. در مطالعه‌های قبلی تزریق پس‌شکمبه‌ای چربی‌های غنی از 18:1 و 18:2 ماده خشک مصرفی را کاهش دادند و آن‌هایی که غنی از 18:2 بودند اثرات منفی بیشتری روی ماده خشک مصرفی داشتند (کریستنسن و همکاران ۱۹۹۴ و برومر و همکاران ۱۹۹۸). نتایج حاصل از متارگرسیون تک‌متغیره نیز نشان داد که تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب بین جیره‌ها اثر منفی روی کاهش ماده خشک مصرفی داشت (جدول ۳). با آنالیز تمام مقایسه‌ها، ماده خشک مصرفی و تولید شیر به ترتیب به مقدار

۰/۳۰- و ۰/۳۲ کیلوگرم در روز کاهش و افزایش داشت. تخمین‌های بدست آمده در این مطالعه نسبتاً بیشتر از پاسخ‌های گزارش شده در متآنالیز قبلی بود که اثرات دانه‌های روغنی کامل غنی از 18:2n-6 را روی ماده خشک مصرفی و تولید شیر در گاوهای شیری شیرده بررسی کرده بودند (ربیعی و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به-اینکه روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 تولید شیر را افزایش و ماده خشک مصرفی را کاهش می‌دهند به‌نظر می‌رسد که باعث بهبود بازده تولید شیر می‌شوند. نتایج ماده خشک مصرفی به مقدار زیادی ناهمگن بود و نتایج متارگرسیون نشان داد که کاهش ماده خشک مصرفی در جیره‌های بر پایه گراس سیلوشده < نرت سیلوشده > یونجه خشک یا سیلوشده بود. ترکیب جیره پایه ممکن است عامل مهمی در چگونگی اثر مکمل چربی روی تخمیر شکمبه باشد. چربی‌هایی که از تخمیر و هضم طبیعی در شکمبه ممانعت می‌کنند اغلب اثر منفی کمتری با جیره‌های بر پایه علف خشک دارند (جنکینز ۱۹۹۲). اثر منفی غلظت 18:2n-6 جیره، ناهمگنی نتایج تولید شیر را توضیح داد اگرچه مکمل روغن غلظت 18:1 *cis-9* جیره را نیز افزایش داده بود. برخی مطالعه‌ها نشان داده‌اند که گاوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی چربی‌های غنی از 18:2n-6 در مقایسه با چربی‌های غنی از 18:1 *cis-9* تولید شیر کمتری داشتند (کلی و همکاران ۱۹۹۸ و هی و آرمنتانو ۲۰۱۱) اما در تمام موارد این چنین نبوده است (ریگو و همکاران ۲۰۰۹ و محمد و همکاران ۲۰۱۱). مقایسه‌های مستقیم نیز نشان داده‌اند که جایگزین کردن یونجه خشک با نرت سیلوشده (بریتو و برودریک ۲۰۰۶) یا نرت سیلوشده با گراس سیلوشده (شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۵، کلیم و همکاران ۲۰۰۸ و استرک و همکاران ۲۰۱۱) ماده

می‌کند (بومگارد و همکاران ۲۰۰۰ و شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷). در یک متاآنالیز (وزیری‌گهر و همکاران، ۱۳۹۴)، نسبت *trans-10,cis-12 CLA* شیر با مکمل روغن گیاهی علی‌رغم این موضوع، نشان داده شده است که غلظت *trans-10,cis-12 CLA* شیر در زمان وقوع افت چربی شیر خیلی کمتر از سطوح این ایزومر در زمانی است که کاهش قابل مقایسه‌ای در سنتز چربی شیر با تزریق پس‌شکمبه‌ای *trans-10,cis-12 CLA* اتفاق می‌افتد، به‌طوری‌که این موضوع پیشنهاد می‌کند ممکن است سایر اسیدهای چرب یا مکانیسم‌های دیگری نیز در افت چربی شیر دخیل باشند (دی‌وت و همکاران ۲۰۰۴ و شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷). (شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷ و وزیرگیهر و همکاران ۲۰۱۴).

خشک مصرفی را در گاوهای شیرده کاهش می‌دهند. مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 غلظت و ترشح چربی شیر را کاهش داد. به‌طوری‌که مقدار کاهش در تولید چربی شیر بیشتر از مطالعه قبلی بود که اثرات دانه کامل پنبه‌دانه، آفتابگردان یا سویا را روی تولید چربی شیر بررسی کرده بود (ربیعی و همکاران ۲۰۱۲)، مطابق با این نظر که مکمل چربی به صورت روغن آزاد سنتز چربی شیر را بیشتر از دانه روغنی کامل با مقدار مشابهی از چربی اضافه شده به جیره کاهش می‌دهد. در این مطالعه پاسخ غلظت چربی شیر به روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 وابسته به مقدار مکمل کردن آن در جیره بود. روغن‌های گیاهی خصوصاً غنی از 18:2n-6 عامل مهمی برای تغییر متابولیسم چربی در شکمبه، تغییر پروفیل واسطه‌های بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای^۱ و القاء افت چربی شیر^۲ می‌باشند (بومن و گریناری ۲۰۰۳ و شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷). مسیر بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای اسیدهای چرب غیراشباع نشان داده است که اسیدچرب 18:2n-6 سوبسترای عمده واسطه‌های بیوهیدروژناسیون با اثرات ضد چربی^۳ از جمله *trans-10,cis-12 CLA* می‌باشد (شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۰). افزایش یافت و روغن‌هایی که غلظت بالاتری از 18:2n-6 داشتند، به ترتیب روغن گلرنگ < آفتابگردان < ذرت < سویا < پنبه دانه، در شیر القاء کردند. به‌طوری‌که افزایش تشکیل این ایزومر در شکمبه در زمان وقوع افت چربی شیر ناشی از جیره اثبات شده است (شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷). مطالعه‌های تزریق پس‌شکمبه‌ای بدون ابهام تایید کرده‌اند که این ایزومر اسیدچرب از سنتز چربی شیر در گاوهای شیری ممانعت

¹ Biohydrogenation intermediates

² Diet-induced milk fat depression

³ Antilipogenic effects

جدول ۲- حیوانات، طرح آزمایشی، مدیریت، مواد خوراکی عمده و ترکیبات شیمیایی جیره های شاهد و آزمایشی مطالعات استفاده شده در متاآنالیز

مطالعه	گاوها، طرح آزمایشی	طول دوره آزمایشی (به روز)	روزهای شیردهی، طول دوره آزمایشی (به روز)	شیردوشی، خوراک دهی (تعداد دفعات در روز)	تیمار آزمایشی ^۱	علوفه ^۱	غلالت ^۱	INDF	نشاسته ^۲	کل اسیدهای چرب ^۲	۱6:0 ^۲	18:1 cis ^۲	18:2n-6 ^۲	18:3n-3 ^۲
Wonsil et al. (1994)	۴، مربع لاتین	۲۱، ۱۰۴	۲، ۲	شاهد	یونجه خشک/ذرت سیلویی (۱۱:۴)، ۵۴۰	ذرت، ۳۴۰	۲۸۰	۲۱۳	۲۱۰	۴/۷۱	۵/۴۶	۱۳/۷	۲/۴۷	
Wu et al. (1994)	۶، پیوسته	۵۶، ۵۰	۱، ۳	شاهد	یونجه خشک/ذرت سیلویی (۱۱:۴)، ۵۴۰	ذرت، ۳۱۰	۲۹۰	۲۷۸	۶۱/۰	۹/۲۷	۱۲/۴	۲۳/۱	۵/۱۹	
Jenkins et al. (1996)	۹، مربع لاتین	۱۴، ۱۲۸	۱، ۲	شاهد	یونجه خشک، ۴۳۰	ذرت/جو و گندم (۴:۳)، ۴۲۶	۳۲۵	۳۱۱	۳۲/۰	۶/۶۶	۱۱/۴	۲۳/۶	۲/۲۸	
Kalscheur et al. (1997)	۴، مربع لاتین	۲۱، ۲۱۳	۱، ۲	شاهد	ذرت سیلویی/یونجه خشک (۳:۲)، ۶۰۰	ذرت/جو و گندم (۴:۳)، ۳۱۸	۴۰۴	۳۴۷	۲۳/۰	۵/۶۲	۱۳/۴	۱۷/۳	۱/۸۷	
Simas et al. (1997)	۸، پیوسته	۶۳، ۹۵	۱، ۳	چربی اشباع مروریدی، ۲۵	ذرت سیلویی/یونجه خشک (۳:۲)، ۶۰۰	ذرت، ۱۷۰	۳۵۰	۲۴۸	۶۵/۷	۷/۹۱	۱۳/۸	۲۴/۴	۳/۹۵	
Griinari et al. (1998)	۴، مربع لاتین	۱۴، ۱۶۲	NR، ۲	چربی اشباع، ۳۶	یونجه خشک، ۲۸۳	سورگوم خشک غلطکی، ۳۴۱	۲۸۳	۲۸۳	۵۵/۰	۹/۶۳	۷/۶۵	۱۵/۰	۲/۳۷	
Dhiman et al. (2000)-E1	۶، پیوسته	۳۵، ۱۲۸	۱، ۲	شاهد	یونجه خشک، ۲۸۳	سورگوم خشک غلطکی، ۳۴۱	۲۸۳	۲۸۳	۵۶/۰	۹/۹۷	۷/۸۴	۱۵/۸	۲/۰۷	
Dhiman et al. (2000)-E2	۶، پیوسته	۳۵، Mid	۱، ۲	شاهد	یونجه خشک، ۲۸۳	سورگوم بخار دیده پولکی، ۳۴۱	۲۸۳	۲۸۳	۵۶/۰	۹/۹۷	۹/۰۷	۳/۰۲	۱/۹۶	
Veira et al. (2001)	۱۵، پیوسته	۷۰، Mid	۲، ۲	شاهد	یونجه خشک، ۲۰۰	ذرت، ۳۶۵	۳۲۱	۲۸۵	۲۶/۳	۹/۶۲	۱۸/۲	۲۷/۳	۳/۵۶	
				اسیدچرب اشباع، ۳۶	یونجه خشک، ۲۰۰	ذرت، ۵۸۸	۱۴۸	۴۴۸	۳۱/۹	۲۳/۶	۱۲/۰	۱۶/۸	۲/۰۱	
				روغن ذرت، ۴۰	یونجه خشک، ۲۰۰	ذرت، ۵۸۸	۱۴۸	۴۴۸	۳۱/۹	۱۰/۴	۲۲/۰	۳۴/۰	۲/۰۱	
				یونجه خشک، ۳۶	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۱۰	ذرت، ۳۱۹	۲۹۲	۲۷۳	۲۷/۰	۵/۷۰	۴/۹۷	۱۲/۷	۲/۸۴	
				روغن سویا، ۳۵	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۱۰	ذرت، ۲۷۵	۲۸۵	۲۴۴	۶۱/۰	۹/۸۲	۱۲/۹	۳۰/۶	۵/۴۹	
				شاهد	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۵۰	ذرت، ۲۸۶	۲۷۲	۲۵۵	۲۴/۰	۴/۲۷	۴/۴۲	۱۱/۵	۲/۸۸	
				روغن سویا، ۵	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۵۰	ذرت، ۲۸۰	۲۷۱	۲۵۱	۲۹/۰	۴/۸۴	۵/۵۱	۱۴/۲	۳/۲۸	
				روغن سویا، ۱۰	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۵۰	ذرت، ۲۷۴	۲۷۱	۲۴۷	۳۴/۰	۵/۴۱	۶/۶۰	۱۶/۹	۳/۶۷	
				روغن سویا، ۲۰	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۵۰	ذرت، ۲۶۱	۲۷۰	۲۳۸	۴۴/۰	۶/۴۷	۸/۸۴	۲۲/۴	۴/۴۹	
				روغن سویا، ۴۰	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۵۰	ذرت، ۲۳۷	۲۶۷	۲۳۸	۶۳/۰	۸/۵۷	۱۳/۰	۳۲/۸	۶/۰۵	
				شاهد	ذرت سیلویی/یونجه سیلویی (۱:۱)، ۵۵۰	ذرت/جو (۹:۵)، ۲۷۸	۲۸۲	۲۸۲	۳۶/۰	۵/۴۲	۶/۶۹	۱۶/۷	۴/۱۶	
				روغن سویا، ۳۰	ذرت سیلویی/یونجه سیلویی (۱:۱)، ۵۵۰	ذرت/جو (۹:۵)، ۲۷۸	۲۸۲	۲۸۲	۶۳/۰	۸/۲۸	۱۲/۷	۳۰/۹	۶/۶۳	

جدول ۲ (ادامه) - حیوانات، طرح آزمایشی، مدیریت، مواد خوراکی عمده و ترکیبات شیمیایی جیره های شاهد و آزمایشی مطالعات استفاده شده در متاآنالیز

مطالعه	گاوها، طرح آزمایشی	طول دوره آزمایشی (به روز)	روزهای شیردهی، (تعداد دفعات در روز)	شیردهی، خوراک-دهی (تعداد دفعات در روز)	تیمار آزمایشی ^۱	علوفه ^۱	غلالت ^۱	NDF ^۲	نشاسته ^۲	کل اسیدهای چرب ^۲	16:0	18:1 cis-9	18:2n-6	18:3n-3
Abdelqader et al. (2009)	۱۶، مربع لاتین	۲۸، ۲۰۶	۱، ۲	۲۵	روغن پالم، ۲۵	ذرت سیلویی/یونجه خشک (۶:۵)، ۵۵۰	ذرت، ۱۲۰	۲۴۶	۲۳۹	۵۲/۰	۱۳/۷	۸/۴۷	۱۲/۷	۲/۷۸
Ye et al. (2009)	۱۲، پیوسته	۶۳، ۱۵۰	۳، ۳	شاهد	گراس خشک و یونجه مخلوط (۵:۴)، ۴۶۱	ذرت، ۲۲۸	۳۹۰	۲۶۶	۲۰/۰	۲/۳۹	۴/۶۳	۷/۵۴	۲۲/۵	
Halmemies et al. (2011)	۵، مربع لاتین	۱۹، ۱۱۵	۴، ۲	شاهد	شیدر قرمز سیلویی، ۵۵۴	ذرت، ۲۱۵	۳۸۰	۲۵۶	۴۰/۰	۴/۴۰	۴/۰۹	۷/۶۰	۷/۸۹	
He & Armentano (2011)	۱۲، مربع لاتین	۲۱، ۱۵۹	۲، ۲	شاهد	یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۹:۴)، ۵۹۵	ذرت، ۶۸	۲۹۹	۱۷۲	۲۷/۱	۴/۱۳	۲/۱۸	۶/۱۸	۴/۰۲	
He et al. (2012)	۲۸، مربع لاتین	۲۱، ۹۷	۳، ۲	شاهد	یونجه خشک/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۲۴	ذرت، ۲۰۶	۲۹۳	۲۲۸	۲۴/۴	۳/۸۰	۳/۶۰	۸/۹۰	۳/۶۰	
O'Donnell et al. (2012)	۱۲، پیوسته	۲۸، NR	۱، ۳	شاهد	ذرت سیلویی/هیلاژ علف مخلوط (۶:۵)، ۶۱۰	ذرت، ۸۴	۳۹۲	۲۰۳	۳۶/۴	۱۲/۰	۵/۷۵	۱۲/۴	۳/۴۹	
Vazirigohar et al. (2014)	۸، پیوسته	۲۱، ۹۰	۲، ۳	چربی پالم، ۳۰	یونجه خشک/ذرت سیلویی (۵:۴)، ۳۹۱	جو/ذرت (۵:۱)، ۳۱۲	۲۹۳	۲۰۰	۷۱/۲	۳۵/۱	۱۱/۵	۱۳/۹	۳/۳۰	
				چربی پالم/روغن آفتابگردان (۱:۱)، ۳۰	یونجه خشک/ذرت سیلویی (۵:۴)، ۳۹۱	جو/ذرت (۵:۱)، ۳۱۲	۲۸۲	۱۹۴	۷۳/۵	۲۶/۳	۱۳/۸	۲۲/۲	۳/۱۴	
				روغن آفتابگردان، ۳۰	یونجه خشک/ذرت سیلویی (۵:۴)، ۳۹۱	جو/ذرت (۵:۱)، ۳۱۲	۳۰۶	۱۹۳	۶۸/۰	۱۲/۵	۱۴/۷	۲۹/۵	۳/۲۶	

E = آزمایش، Mid = اواسط دوره شیردهی، NR = گزارش نشده.

^۱ نوع (نسبت هر ماده خوراکی در پرانتز) و مقدار (پس از ویرگول، براساس گرم در کیلوگرم ماده خشک) مکمل چربی، علوفه یا غلات در جیره.

^۲ ترکیب شیمیایی جیره ها بر اساس گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره؛ مقادیری که به صورت برجسته بیان شده اند از جداول CPM-Dairy تخمین زده شده اند؛ غلظت کل اسیدهای چرب جیره در مطالعات Wonsil et al. (1994)، Jenkins et al. (1996)، Alzahal et al. (2008) و Doepel et al. (2008) بر اساس عصاره اتری اندازه گیری شده منهای ۱۰ تخمین زده شده اند.

جدول ۳- اندازه اثر (تفاوت میانگین استاندارد شده) روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 در دو سطح \leq یا $>$ ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره روی ماده خشک مصرفی، قابلیت هضم مواد مغذی در کل دستگاه گوارش و تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیرده^۱

تفاوت میانگین استاندارد شده (۹۵ درصد دامنه اطمینان)		تفاوت میانگین وزن‌داده 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 ^۲
P-value	مدل اثرات تصادفی						
<۰/۰۰۱	-۰/۱۹۹ (-۰/۰۹۲ ، -۰/۳۰۶)	-۰/۳۰۳ (-۰/۵۸۱ ، -۰/۰۲۶)	۲۱/۶ \pm ۲/۹۸ (۱۵/۱ - ۲۸/۲)	۳۱/۰ \pm ۱۴/۶ : O	۲۵ (۳۸)	ماده خشک مصرفی، کیلوگرم در روز	
۰/۰۴۷	-۰/۵۲۹ (-۰/۰۵۱ ، -۰/۰۰۷)	-۰/۰۷۷ (-۰/۴۴۹ ، ۰/۲۹۵)	۲۲/۴ \pm ۳/۲۰ (۱۵/۱ - ۲۸/۲)	۲۰/۷ \pm ۷/۳۲ : A	۱۵ (۲۲)		
۰/۰۰۲	-۰/۹۴۰ (-۰/۵۲۷ ، -۰/۳۵۲)	-۰/۱۶۲۸ (-۰/۰۳۵ ، -۰/۲۲۰)	۲۰/۵ \pm ۲/۳۰ (۱۵/۱ - ۲۳/۸)	۴۵/۱ \pm ۹/۲۲ : B	۱۳ (۱۶)		
						قابلیت هضم مواد مغذی، درصد	
۰/۰۴۴	۱/۴۵۴ (۰/۰۳۸ ، ۲/۸۷۰)	۰/۸۳۷ (-۰/۲۳۵ ، ۲/۹۱۰)	۶۸/۳ \pm ۶/۳۸ (۵۳/۰ - ۷۳/۲)	۲۳/۰ \pm ۷/۷۳ : A	۷ (۱۰)	مواد آلی	
۰/۲۱	۰/۳۸۲ (-۰/۲۱۸ ، ۰/۹۸۲)	۰/۵۰۱ (-۰/۵۳۰ ، ۱/۵۳۳)	۶۵/۸ \pm ۴/۵۱ (۵۸/۰ - ۷۱/۷)	۲۳/۰ \pm ۳/۷۳ : A	۷ (۱۰)	پروتئین خام	
۰/۰۵۴	۰/۹۵۳ (-۰/۰۱۶ ، ۱/۹۲۱)	۳/۳۱۸ (-۰/۱۷۵ ، ۶/۸۱۱)	۵۱/۵ \pm ۱۱/۲ (۳۶/۲ - ۶۵/۰)	۲۱/۳ \pm ۷/۷۰ : A	۸ (۵)	NDF	
						تولید، گرم در روز یا به صورت بیان شده	
۰/۰۳۸	۰/۵۴۵ (۰/۰۳۰ ، ۱/۰۶۰)	۰/۳۲۴ (-۰/۳۱۳ ، ۰/۹۶۱)	۳۰/۴ \pm ۶/۳۱ (۱۶/۸ - ۴۴/۶)	۳۱/۰ \pm ۱۴/۶ : O	۲۵ (۳۸)	شیر، کیلوگرم در روز	
۰/۰۰۱	۰/۹۹۱ (۰/۴۲۳ ، ۱/۵۶۰)	۱/۰۱۵ (۰/۴۰۵ ، ۱/۶۲۵)	۳۱/۷ \pm ۷/۱۴ (۱۶/۸ - ۴۴/۶)	۲۰/۷ \pm ۷/۳۲ : A	۱۵ (۲۲)		
۰/۸۰	-۰/۱۱۵ (-۰/۹۷۹ ، ۰/۷۵۰)	-۰/۱۶۷ (-۰/۸۵۴ ، ۰/۵۱۹)	۲۸/۵ \pm ۴/۵۲ (۱۶/۸ - ۳۳/۷)	۴۵/۱ \pm ۹/۲۲ : B	۱۳ (۱۶)		
<۰/۰۰۱	-۱/۷۱۲ (-۲/۴۰۴ ، -۱/۰۱۹)	-۱۲۳/۲ (-۱۷۲/۳ ، -۷۳/۲۵)	۱۰۸۱ \pm ۱۶۶ (۷۷۰ - ۱۴۹۰)	۳۱/۴ \pm ۱۴/۹ : O	۲۳ (۳۶)	چربی شیر	
۰/۰۴۱	-۰/۶۸۸ (-۱/۳۴۹ ، -۰/۰۲۷)	-۵۲/۳۷ (-۹۹/۳۴ ، -۵/۴۰۶)	۱۱۳۳ \pm ۱۷۷ (۸۱۸ - ۱۴۹۰)	۲۰/۴ \pm ۷/۳۸ : A	۱۳ (۲۰)		
<۰/۰۰۱	-۳/۱۷۵ (-۴/۶۰۷ ، -۱/۷۴۳)	-۲۱۱/۵ (-۲۹۲/۵ ، -۱۳۰/۶)	۱۰۱۶ \pm ۱۲۸ (۷۷۰ - ۱۱۷۰)	۴۵/۱ \pm ۹/۲۲ : B	۱۳ (۱۶)		
۰/۴۰	۰/۱۷۲ (-۰/۲۲۹ ، ۰/۵۷۳)	۴/۳۹۹ (-۹/۹۴۵ ، ۱۸/۷۴)	۹۸۴ \pm ۱۸۲/۲ (۵۶۲ - ۱۳۶۰)	۳۱/۳ \pm ۱۴/۷ : O	۲۴ (۳۷)	پروتئین شیر	
۰/۱۶	۰/۳۳۹ (-۰/۱۳۱ ، ۰/۸۰۹)	۱۵/۱۸ (-۰/۴۰۴ ، ۳۰/۷۷)	۱۰۲۷ \pm ۲۰۱/۰ (۵۶۲ - ۱۳۶۰)	۲۰/۸ \pm ۷/۴۹ : A	۱۴ (۲۱)		
۰/۸۷	-۰/۰۵۹ (-۰/۷۵۴ ، ۰/۶۳۶)	-۱۰/۱۷ (-۳۶/۸۸ ، ۱۶/۵۴)	۹۲۷ \pm ۱۴۰/۷ (۵۶۲ - ۱۰۹۰)	۴۵/۱ \pm ۹/۲۲ : B	۱۳ (۱۶)		
۰/۲۵	-۰/۳۳۶ (-۰/۹۱۴ ، ۰/۸۶۳)	-۲۲/۵۹ (-۶۷/۶۱ ، ۲۲/۴۲)	۱۵۲۴ \pm ۳۲۲/۲ (۸۱۸ - ۲۱۷۰)	۳۲/۸ \pm ۱۶/۰ : O	۱۶ (۲۲)	لاکتوز شیر	
۰/۴۶	۰/۲۳۵ (-۰/۳۹۴ ، ۰/۲۴۱)	۳۲/۷۰ (-۱۰/۳۶ ، ۷۵/۷۶)	۱۵۵۶ \pm ۳۹۳/۵ (۸۱۸ - ۲۱۷۰)	۲۲/۴ \pm ۷/۱۹ : A	۱۰ (۱۴)		
<۰/۰۰۱	-۱/۳۶۰ (-۲/۱۰۴ ، -۰/۶۱۶)	-۱۱۱/۱ (-۱۷۱/۶ ، -۵۰/۵۷)	۱۴۶۶ \pm ۱۹۳/۹ (۱۱۳۰ - ۱۶۵۰)	۵۱/۰ \pm ۸/۸۰ : B	۶ (۸)		

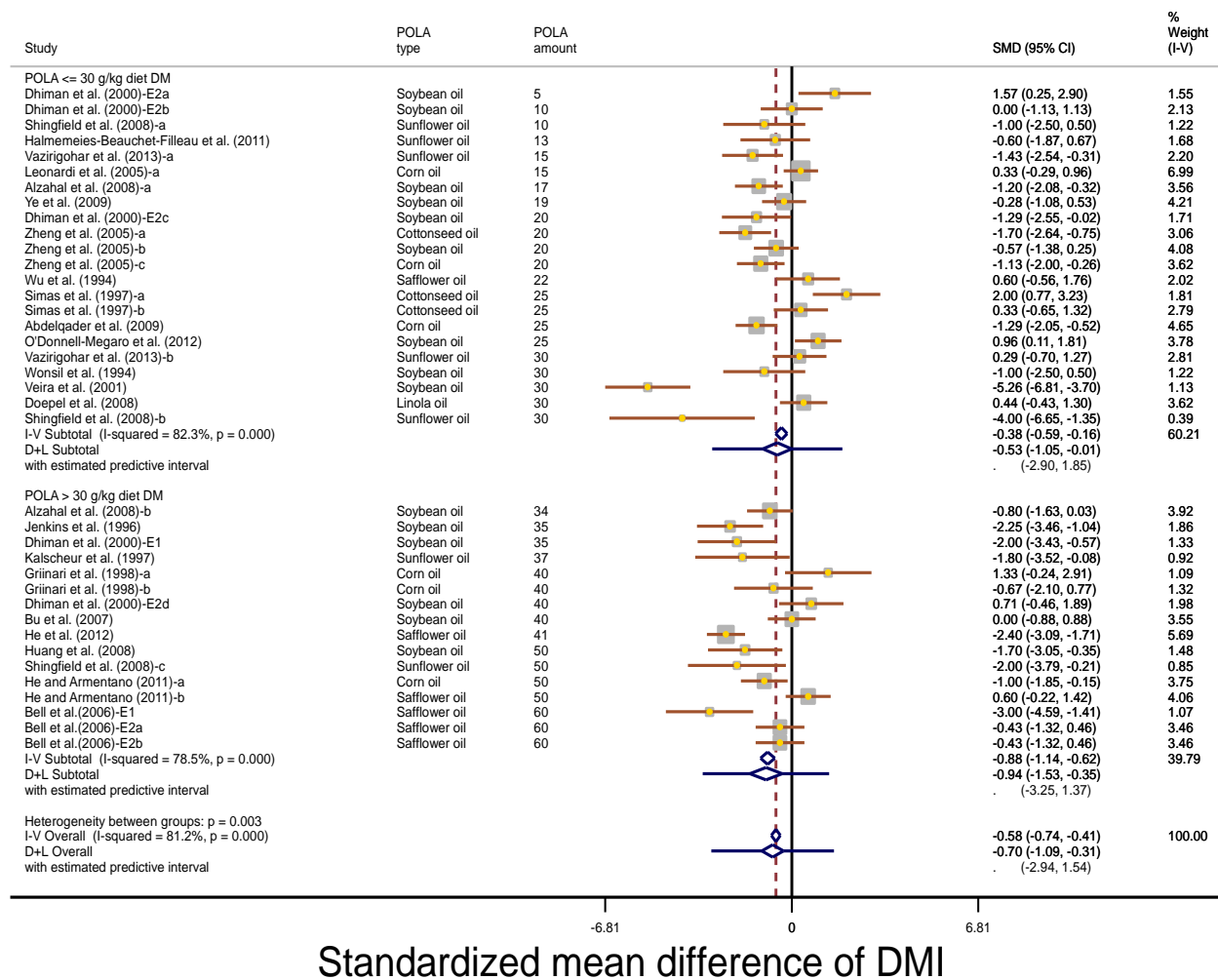
جدول ۳ (ادامه) - اندازه اثر (تفاوت میانگین استاندارد شده) روغن های گیاهی غنی از 18:2n-6 در ۲ سطح یا > ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره روی ماده خشک مصرفی، قابلیت هضم مواد مغذی در کل دستگاه گوارش و تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیرده^۱

تفاوت میانگین استاندارد شده (۹۵ درصد دامنه اطمینان)		تفاوت میانگین وزن داده شده (۹۵ درصد دامنه اطمینان)		متغیر پاسخ دهنده در گروه شاهد، میانگین ± انحراف معیار (حداقل - حداکثر)	مقدار روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، میانگین ± انحراف معیار	تعداد آزمایشات (تعداد مقایسات)	متغیر پاسخ دهنده ^۲
P-value	مدل اثرات تصادفی						
							غلظت، گرم در کیلوگرم
<۰/۰۰۱	-۲/۶۴۳ (-۲/۲۹۸، -۱/۹۸۷)	-۳/۵۳۳ (-۴/۴۸۱، -۲/۵۸۴)	۳۶/۰ ± ۴/۵۴ (۲۹/۱ - ۴۸/۸)	۳۰/۸ ± ۱۴/۹ : O	(۳۶) ۲۳	چربی شیر	
<۰/۰۰۱	-۱/۹۶۳ (-۲/۷۸۱، -۱/۱۴۶)	-۲/۴۲۷ (-۳/۴۶۳، -۱/۳۹۰)	۳۶/۲ ± ۴/۹۲ (۲۹/۱ - ۴۸/۸)	۲۰/۳ ± ۷/۲۰ : A	(۲۱) ۱۴		
<۰/۰۰۱	-۲/۶۴۵ (-۴/۵۹۳، -۲/۶۹۷)	-۵/۳۵۹ (-۶/۸۴۶، -۳/۸۷۱)	۳۵/۹ ± ۴/۱۱ (۲۸/۸ تا ۳۱/۹)	۴۵/۴ ± ۹/۴۸ : B	(۱۵) ۱۲		
۰/۰۱۵	-۰/۵۶۳ (-۱/۰۱۷، -۰/۱۰۹)	-۰/۲۱۷ (-۰/۵۴۶، ۰/۱۱۱)	۳۲/۴ ± ۱/۵۴ (۳۰/۱ - ۳۵/۳)	۳۰/۸ ± ۱۵/۱ : O	(۳۵) ۲۲	پروتئین شیر	
<۰/۰۰۱	-۰/۸۷۵ (-۱/۳۳۵، -۰/۴۱۴)	-۰/۴۴۸ (-۰/۶۹۱، -۰/۲۰۴)	۳۲/۴ ± ۱/۵۰ (۳۰/۱ - ۳۵/۰)	۲۰/۵ ± ۷/۴۴ : A	(۲۱) ۱۴		
۰/۹۳	-۰/۰۳۹ (-۰/۹۳۰، -۰/۸۵۲)	-۰/۲۰۰ (-۰/۵۴۹، ۰/۹۴۹)	۳۲/۴ ± ۱/۶۵ (۳۰/۱ - ۳۵/۳)	۴۶/۱ ± ۹/۳۷ : B	(۱۴) ۱۱		
۰/۰۵۴	-۰/۵۱۹ (-۱/۰۴۵، ۰/۰۰۸ تا)	-۰/۳۲۰ (-۰/۵۷۸، -۰/۰۶۲)	۴۸/۵ ± ۱/۸۷ (۴۲/۰ - ۵۰/۹)	۲۰/۷ ± ۱۵/۳ : O	(۳۳) ۲۲	لاکتوز شیر	
۰/۰۹	-۰/۵۳۳ (-۱/۱۵۱، ۰/۰۸۵)	-۰/۱۵۷ (-۰/۴۷۶، ۰/۱۶۳)	۴۸/۹ ± ۱/۷۲ (۴۲/۵ - ۵۰/۹)	۲۰/۹ ± ۷/۴۶ : A	(۲۱) ۱۴		
۰/۳۶	-۰/۴۶۷ (-۱/۴۵۸، ۰/۵۲۵)	-۰/۵۹۷ (-۱/۰۵۰، -۰/۱۴۳)	۴۸/۰ ± ۲/۰۶ (۴۲/۰ - ۴۹/۹)	۴۷/۸ ± ۹/۱۲ : B	(۱۲) ۱۰		

A = مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در سطح کمتر یا مساوی ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره، B = مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در سطح بیشتر از ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره، O = استفاده از مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 به طور کلی در جیره.

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

^۲ واحدهای گزارش شده مربوط به مقدار متغیر در گروه شاهد و تفاوت میانگین وزن داده شده می باشند.



Standardized mean difference of DMI

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

جیره) روی ماده خشک مصرفی در گاوهای شیری

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 Xها 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 شده مکمل روغن را روی ماده خشک مصرفی و تولید شیر در هر مقایسه (۳۸ مقایسه) نشان می‌دهد. الماسی (لوزی) که در انتها در طرف چپ خط صاف آمده است، اثر منفی مکمل روغن را روی ماده خشک مصرفی در بین تمام مقایسات نشان می‌دهد.

جدول ۴- منابع ناهمگنی نتایج ماده خشک مصرفی و تولید و ترکیب شیر در پاسخ به مکمل خوراکی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در گاوهای شیرده حاصل از آنالیز متارگرسیون

P-value	Adjusted R-Square	F ² residual, %	Tau-Square	عوامل مداخله کننده		عرض از مبدا		متغیر پاسخ دهنده	
				P-value	ضریب ± خطای استاندارد	مورد	P-value		ضریب ± خطای استاندارد
—	۲۰/۶	۸۰/۰	۱/۱۶	۰/۰۰۴	۰/۸۳ ± ۰/۲۶۸	نوع علوفه جیره پایه	۰/۰۸	۱/۱۲ ± ۰/۶۲۴	ماده خشک مصرفی (۱)، کیلوگرم در روز
—	۹/۴۰	۸۰/۴	۱/۲۲	۰/۰۰۴	۰/۰۲۷ ± ۰/۰۱۳	تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب بین جیره آزمایشی و شاهد	۰/۷۹	۰/۱۰ ± ۰/۳۵۹	ماده خشک مصرفی (۲)، کیلوگرم در روز
									تولید، گرم دروز یا به صورت بیان شده
—	۳۱/۸	۸۲/۵	۱/۸۰	۰/۰۰۲	۰/۰۸ ± ۰/۰۲۵	تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد	<۰/۰۰۱	۱/۹۱ ± ۰/۴۹۱	شیر، کیلوگرم در روز
—	۴۳/۰	۸۷/۰	۴/۱۰	<۰/۰۰۱	۰/۹۸ ± ۰/۲۱۱	تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد	<۰/۰۰۱	۲/۴۲ ± ۰/۴۰۲	چربی شیر
—	۵۸/۶	۶۸/۰	۰/۶۵	<۰/۰۰۱	۰/۵۱ ± ۰/۰۹۶	تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد	۰/۵۹	۰/۱۰ ± ۰/۱۸۰	پروتئین شیر
—	۹۴/۹	۲۷/۷	۰/۰۸	<۰/۰۰۱	۰/۶۱ ± ۰/۰۶۵	تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد	۰/۰۰۲	۰/۴۴ ± ۰/۱۲۷	لاکتوز شیر
									غلظت، گرم در کیلوگرم
—	۲۰/۴	۸۵/۵	۳/۴۸	۰/۰۰۶	۰/۰۷ ± ۰/۰۲۴	مقدار روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 جیره	۰/۴۷	۰/۵۸ ± ۰/۷۸۷	چربی شیر
۰/۰۰۲	۳۴/۶	۷۷/۶	۱/۲۲	۰/۰۰۵	۰/۹۷ ± ۰/۳۲۲	نوع علوفه جیره پایه	۰/۰۱۹	۱/۸۶ ± ۰/۷۵۳	پروتئین شیر
									تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد
۰/۰۰۲	۳۳/۷	۸۳/۹	۱/۶۱	۰/۰۴۹	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۵	غلظت NDF جیره پایه	۰/۰۰۱	۰/۲۸ ± ۱/۴۷۷	لاکتوز شیر
									روز شیردهی

^۱ سطح معنی داری تمام متغیرها در مدل های چند متغیره.

ماده خشک با بهبود قابلیت هضم مواد آلی و الیاف در کل دستگاه گوارش همراه بود. نوع علوفه جیره پایه عامل ناهمگنی نتایج ماده خشک مصرفی بود، درحالی‌که تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره‌های آزمایشی و شاهد تغییرات نتایج تولید شیر را توضیح داد. مکمل روغن غلظت و تولید چربی شیر را کاهش داد، اما تولید پروتئین و لاکتوز شیر تغییر نکرد. مقدار مکمل روغن و تفاوت تولید شیر بین گروه‌های آزمایشی و شاهد به ترتیب اثرات منفی و مثبتی را روی تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی غلظت و تولید چربی شیر نشان دادند.

احیاء^۱ CLA *trans-10,cis-12* در مسیر بیوهیدروژناسیون 18:2n-6 در شکمبه به عنوان منبع اصلی 18:1 *trans-10* در شکمبه در نظر گرفته می‌شود (مکین و همکاران ۲۰۱۰)، اگرچه در برخی موارد این اسیدچرب از ایزومریزاسیون 18:1 *cis-9* نیز تشکیل می‌شود (موسلی و همکاران ۲۰۰۲). در متآنالیز دیگری نسبت 18:1 *trans-10* چربی شیر با مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 افزایش داشت، اما هیچ کدام از عوامل مداخله‌کننده تغییرات نتایج این ایزومر اسیدچرب را توضیح ندادند (وزیری‌گهر و همکاران، ۲۰۱۴). مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره غلظت پروتئین شیر را کاهش داد اما اثری روی تولید پروتئین شیر نداشت. بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش غلظت پروتئین شیر به دلیل اثر رقیق‌شدن^۲ باشد (دی پیترز و کنت ۱۹۹۲) که می‌تواند اثر منفی تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد را روی تفاوت میانگین استاندارد شده‌ی غلظت پروتئین شیر در این مطالعه توضیح دهد. به‌طور کلی تصور می‌شود که مصرف انرژی عامل عمده تغذیه ای موثر بر غلظت پروتئین شیر باشد (لوک و شینگفیلد ۲۰۰۴). در این مطالعه اضافه کردن روغن گیاهی به جیره بر پایه گراس سیلوشده غلظت پروتئین شیر را نسبت به ذرت سیلوشده با شدت بیشتری کاهش داد. یافته‌های قبلی نیز نشان داده اند که جایگزین کردن ذرت سیلوشده با گراس سیلوشده در جیره‌های حاوی مکمل چربی (شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۵ و استرک و همکاران ۲۰۱۱) یا بدون مکمل چربی (کلیم و همکاران ۲۰۰۸) غلظت پروتئین شیر را کاهش می‌دهد.

نتیجه گیری

مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره با کاهش ماده خشک مصرفی، افزایش تولید و بازده تولید شیر همراه بود. مکمل روغن در جیره تا ۳۰ گرم در کیلوگرم

¹ Reduction

² Dillution effect

منابع مورد استفاده

- وزیری گهر م، دهقان بنادکی م، رضایزدی ک و نجاتی جوارمی ا. ۱۳۹۴. متآنالیز اثر روغن های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده. پژوهش های علوم دامی، جلد ۲۵. صفحه های ۱۲۳ تا ۱۴۰.
- 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, 200. 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.
- Bateman HG and Jenkins TC, 1998. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. *J Dairy Sci* 81: 2451–2458.
- Bauman DE and Griinari JM, 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition* 23: 203–227.
- Baumgard LH, Corl BA, Dwyer DA, Saebo A and Bauman DE, 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *Americ J Physiol* 278: R179–R184.
- 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.
- Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT and Rothstein HR, 2010. A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research Synthesis Methods* 1: 97–111.
- Bremmer DR, Ruppert LD, Clark JH and Drackley JK, 1998. Effects of chain length and unsaturation of fatty acid mixtures infused into the abomasum of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 81: 176–188.
- Brito AF and Broderick GA, 2006. Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 89: 3924–3938.
- 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.
- Chelikani PK, Bell JA and Kennelly JJ, 2004. Effects of feeding or abomasal infusion of canola oil in Holstein cows. 1. Nutrient digestion and milk composition. *J Dairy Res* 71: 279–287.
- Christensen RA, Drackley JK, LaCount DW and Clark JH, 1994. Infusion of four long-chain fatty acid mixtures into the abomasum of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 77: 1052–1069.
- Cohen J, 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Academic Press, New York, NY.
- DePeters EJ and Cant JP, 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A review. *J Dairy Sci* 75: 2043–2070.
- DerSimonian R and Laird N, 1986. Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials* 7: 177–188.
- de Veth MJ, Griinari JM, Pfeiffer AM and Bauman DE, 2004. Effect of CLA on milk fat synthesis in dairy cows: Comparison of inhibition by methyl esters and free fatty acids, and relationships among studies. *Lipids* 39: 365–372.
- 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 linola oil on CLA and other fatty acids in bovine milk. *Canadian J Anim Sci* 88: 321–324.
- Doreau M, Laverroux S, Normand J, Chesneau G and Glasser F, 2009. Effect of linseed fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on fatty acid rumen metabolism and intestinal digestibility in cows. *Lipids* 44: 53–62.
- 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: 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.
- Harvatine KJ and Allen MS, 2006. Effects of fatty acid supplements on ruminal and total tract nutrient digestion in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 89: 1092–1103.
- 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, 1992. Lipid metabolism in the rumen. *J Dairy Sci* 76: 3851–3863.
- 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.
- Jenkins TC, Wallace RJ, Moate PJ and Mosley EE, 2008. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *J Anim Sci* 86: 397–412.
- 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.
- Kliem KE, Morgan R, Humphries DJ, Shingfield KJ and Givens DI, 2008. Effect of replacing grass silage with maize silage in the diet on bovine milk fatty acid composition. *Animal* 2: 1850–1858.
- 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 Shingfield KJ, 2004. Optimising milk composition. In *Dairying-Using Science to Meet Consumers' Needs*, Occasional Publication No. 29 of the British Society of Animal Science, pp. 107-188. Edited by E. Kebreab, J. Mills and D.E. Beaver. Nottingham University Press, Nottingham.
- Lock AL, Tyburczy C, Dwyer DA, Harvatine KJ, Destailats F, Mouloungui Z, Candy L, Bauman DE, 2007. Trans-10 octadecenoic acid does not reduce milk fat synthesis in dairy cows. *Journal of Nutrition* 137: 71–76.
- McKain N, Shingfield KJ and Wallace RJ, 2010. Metabolism of conjugated linoleic acids and 18:1 fatty acids by ruminal bacteria: products and mechanisms. *Microbiology* 156: 579–588.
- 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, Powell GL, Riley MB and Jenkins TC, 2002. Microbial biohydrogenation of oleic acid to trans isomers in vitro. *J Lipid Res* 43: 290–296.
- 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.
- Rabiee AR, Breinhild K, Scott W, Golder HM, Block E and Lean IJ, 2012. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *J Dairy Sci* 95: 3225–3247.
- Ramirez Ramirez HA, Castillo Lopez E, Harvatine KJ and Kononoff PJ, 2015. Fat and starch as additive risk factors for milk fat depression in dairy diets containing corn dried distillers grains with solubles. *J Dairy Sci* 98: 1–12 (Article In Press).

- 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.
- Sackmann JR, Duckett SK, Gillis MH, Realini CE, Parks AH and Eggelston RB, 2003. Effect of forage and sunflower oil levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid for mention in beef steers fed finishing diets. *J Anim Sci* 81: 3174–3181.
- Shingfield KJ and Griinari JM, 2007. Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. *European J of Lipid Sci and Technol* 109: 799–816.
- Shingfield KJ and Garnsworthy PC, 2012. Rumen lipid metabolism and its impacts on milk production and quality. In *Recent Advances in Animal Nutrition 2012* (Ed. Garnsworthy PC and Wiseman J), Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp. 53–93.
- 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. *Brit J Nutri* 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, Lee MRF, Humphries DJ, Scollan ND, Toivonen V, Beever DE and Reynolds CK, 2011. Effect of linseed oil and fish oil alone or as an equal mixture on ruminal fatty acid metabolism in growing steers fed maize silage-based diets. *J Anim Sci* 89: 3728–3741.
- Shingfield KJ, Reynolds CK, Lupoli B, Toivonen V, Yurawecz MP, Delmonte P, Griinari JM, Grandison AS and Beever DE, 2005. Effect of forage type and proportion of concentrate in the diet on milk fatty acid composition in cow given sunflower oil and fish oil. *Animal Science* 80: 225–238.
- Shingfield KJ, Sæbø A, Sæbø P-C, Toivonen V and Griinari JM, 2009. Effect of abomasal infusions of a mixture of octadecenoic acids on milk fat synthesis in lactating cows. *J Dairy Sci* 92: 4317–4329.
- Simas JM, Huber JT, Theurer CB, Chen KH, Santos FAP and Wu Z, 1997. Influence of fat source and sorghum grain treatment on performance and digestibilities of High yielding Dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 2907–2912.
- Sterk A, Johansson BEO, Taweel HZH, Murphy M, van Vuuren AM, Hendriks WH and Dijkstra J, 2011. Effects of forage type, forage to concentrate ratio, and crushed linseed supplementation on milk fatty acid profile in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 94: 6078–6091.
- St-Pierre NR, 2001. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J Dairy Sci* 84 741–755.
- Ueda K, Ferlay A, Chabrot J, Looor JJ, Chilliard Y and Doreau M, 2003. Effect of linseed oil supplementation on ruminal digestion in dairy cows fed diets with different forage: concentrate ratios. *J Dairy Sci* 86: 3999–4007.
- 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.
- Veira DM, Charmley LL, Charmley E and Lee AJ, 2001. The effect of feeding soybean oil to mid-lactation dairy cows on milk production and composition and on diet digestion. *Canadian J Anim Sci* 81: 425–428.
- Wonsil BJ, Herbein JH and Watkins BA, 1994. Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *J Nutrit* 124: 556–565.
- 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.
- Ye JA, Wang C, Wang HF, Ye HW, Wang BX, Liu HY, Wang YM, Yang ZQ and Liu JX, 2009. Milk production and fatty acid profile of dairy cows supplemented with flaxseed oil, soybean oil, or extruded soybeans. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Anim Sci* 59 (2): 121–129.
- 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 digestibility, milk production and composition in lactating cows

M Vazirigohar^{1,2}, K Rezayazdi^{3*}, M Dehghan-Banadaky³ and A Nejati-Javaremi³

Received: July 13, 2013 Accepted: May 30, 2014

¹PhD, Department of Animal Science, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran

²Senior Scientist (Ruminant Nutrition, PhD), Xaniar Ariaie Co, Tehran, Iran

³Associate Professors, Department of Animal Science, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding author: rezayazdi@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 digestion, milk production and composition in lactating cows, using meta-analysis and meta-regression approach were evaluated. **METHODS:** Twenty-five experiments containing 38 comparisons between treatment (with plant oils) and control (without plant oils) group, which met the selection criteria, were used. Two levels of supplementing POLA were evaluated: \leq and $>$ 30 g/kg diet DM. **RESULTS:** Overall, plant oils decreased dry matter intake (DMI) and increased milk production and the weighted mean differences were -0.30 and 0.32 kg/d, respectively, but the results were heterogeneous. Forage type of basal diet was the source of heterogeneity for standardized mean difference (SMD) of DMI, whereas dietary 18:2n-6 content differences between treatment and control diets explained the variation in results of milk yield. Feeding POLA up to 30 g/kg diet DM improved organic matter and fiber total-tract digestibility. Milk fat content and secretion lowered at both level of POLA inclusion, but milk protein and lactose output did not change. Amount of plant oil in the diet and milk yield differences between groups showed negative and positive influences on SMD of milk fat content and yield, respectively. **CONCLUSION:** Feeding POLA improved milk production efficiency with decreased DMI and increased milk production.

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