نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۲۵ شماره ۳/ سال۱۳۹۴

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

**مینا وزیری‌گهر[۱و۲] ، کامران رضایزدی[۳*]، مهدی دهقان بنادکی[۳] و اردشیر نجاتی جوارمی [۳]**

تاریخ دریافت: ۹۲/٤/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۹

[۱]دانش آموخته دکتری تغذیه نشخوارکنندگان، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
[۲]محقق ارشد (دکتری تغذیه نشخوارکنندگان)، شرکت زانیار آریایی، تهران
[۳]دانشیاران گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
* مسئول مکاتبه: Email:rezayazdi@ut.ac.ir

**چکیده**

**زمینه مطالعاتی**: واردکردن چربی‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع در جیره گاوهای شیرده می‌تواند به عنوان استارتژی 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 شیرده با استفاده از روش های متاآنالیز و متارگرسیون بررسی شد. **روش کار**: در این مطالعه از بیست و پنج آزمایش شامل ۳۸ مقایسه آماری بین گروه های 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 (≤ 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 به‌ترتیب 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 شیرده، متاآنالیز

**مقدمه**

اخیرا علاقه به تولید شیر نشخوارکنندگان با غلظت‌های کمتری از اسیدهای چرب اشباع متوسط زنجیر[1] 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 CLA *cis*-9,*trans*-11 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 استفاه می‌باشند. وارد کردن چربی‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع در جیره اغلب نسبت اسیدهای چرب اشباع متوسط زنجیر شیر را کاهش می‌دهند (هالممیز-بوچت-فیلو و همکاران ۲۰۱۱ و هی و آرمنتانو ۲۰۱۱). همچنین به خوبی اثبات شده است که منابع مکمل چربی 18:2n-6 غلظت CLA *cis*-9,*trans*-11 شیر گاو را در مقایسه با منابع 18:1 *cis*-9 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 می دهد (ربیعی 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 می-شود (ربیعی 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 (اوئدا و همکاران ۲۰۰۳ و هالممیز-بوچت-فیلو و همکاران ۲۰۱۱) یا غیرشیرده (ساکمن و همکاران ۲۰۰۳ و شینگفیلد و همکاران ۲۰۱۱) تایید نشده است.

متاآنالیز[2] یک مطالعه مروری آماری می‌باشد که با ترکیب داده‌ها از چندین آزمایش مختلف و درنتیجه افزایش حجم نمونه‌ی مورد مطالعه توان آماری بالاتری را در جهت کمّی‌کردن اثر کلی تیمار ایجاد می‌کند. متارگرسیون[3] روشی است برای ارزیابی این‌که چگونه پاسخ متغیر[4] به تیمار با عوامل مداخله کننده[5] 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[6] و واریانس پاسخ متغیرها به تیمار با استفاده از روش متارگرسیون بود.

## مواد و روش ها

### 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 (*Journal 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

[1] Medium-chain saturated fatty acids

[2] Meta-analysis
[3] Meta-regression
[4] Outcome
[5] Covariate
[6] Heterogenity

چندین آزمایش گزارش شده بود و همچنین برخی آزمایش‌ها چند مقایسه‌ای[1] بودند (یعنی یک گروه شاهد در مقایسه با ۲ یا چند گروه آزمایشی). در نهایت مخزن داده[2] دارای شرایط لازم برای انجام مطالعه متاآنالیز حاضر شامل ۲۳ مقاله پژوهشی، ۲۵ آزمایش و ۳۸ مقایسه آماری بین گروه‌های آزمایشی (با مکمل روغن گیاهی) و شاهد (بدون مکمل روغن گیاهی) بود که روی ٤٣٣ گاو شیرده بررسی شده بودند. هر مشاهده در مخزن داده برابر با حداقل میانگین مربعات[3] یک تیمار آزمایشی بود.

**معیار انتخاب[4] مقاله‌ها و تیمارهای آزمایشی داخل مقاله‌ها**

آزمایش‌هایی که اثرات مکمل خوراکی (نه به صورت تزریق شکمبه‌ای یا پس‌شکمبه‌ای[5]) چربی گیاهی به شکل روغن آزاد (نه به شکل دانه کامل یا فرآوری‌شده یا منبع محافظت شده شکمبه‌ای) غنی از 18:2n-6، شامل روغن گلرنگ[6]، روغن لینولا[7]، 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[8]، 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 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[9] (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 متاآنالیز 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 زایش‌کرده، 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 کاملا مخلوط‌شده یا مجزا)، نوع و مقدار مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌ها، نوع و مقدار مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6، روش اضافه‌کردن مکمل روغن در جیره (مخلوط شده با کنسانتره یا با جیره کاملا مخلوط‌شده) و استفاده از مکمل بافری 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

[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

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 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.

**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 | گاوهای چراکننده در مرتع |

[1] در این مطالعه برخی از تیمارهای آزمایشی حذف شدند

### 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[1]، ۹۵ درصد دامنه اطمینان[2] و سطح معنی داری آماری[3] اندازه‌ی اثر مکمل روغن، آنالیز آماری شدند. تخمین اندازه‌ی اثر با استفاده از آماره z استانداردشده انجام گرفت. اندازه‌ی اثر برای داده‌های پیوسته[4]، تفاوت میانگین استانداردشده[5] می‌باشد (رجوع به لین و همکاران ۲۰۰۹). آماره $I^2$ که با استفاده از آماره $X^2$ (Q) محاسبه می‌شود برای تعیین درجه 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 می باشد 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 وزن‌داده‌شده‌ی[6] 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

[1] Effect size
[2] 95% confidence interval
[3] *P*-value
[4] Continious data
[5] Standardized mean difference (SMD)
[6] Weighted mean difference (WMD)

و ٤٥ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره بود. برای اینکه بتوان اثر تیمار آزمایشی را روی هر متغیر پاسخ‌دهنده بررسی کرد حداقل داده‌های ٥ آزمایش لازم بود (گلیسر و همکاران ۲۰۰۸a و ربیعی و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به‌اینکه 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[1] 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 درنظر گرفته شد. متارگرسیون ابتدا به صورت تک متغیره[2] روی تمام عوامل مداخله‌کننده و با درنظر گرفتن سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۲۰ انجام گرفت. سپس تمام متغیرهایی که در متاگرسیون تک‌متغیره معنی‌دار بودند برای ارزیابی متارگرسیون چندمتغیره[3] استفاده شدند. در این روش از حذف مرحله‌ای عقب‌گرد [4] تا زمانی‌که تمام متغیرهای باقیمانده در مدل در سطح P<۰/۰۵ معنی دار شوند استفاده شد. نمودار جنگلی[5] با استفاده از دستور متان[6] رسم شد تا بتوان تفاوت میانگین استانداردشده 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 متاآنالیز 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 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 ۳۸ به ٦۲ و ٦۱ 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 18:1 *cis*-9 و 16:0 بودند. در بیشتر آزمایش ها 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 ماه خشک جیره قابلیت هضم مواد آلی و NDF را در کل دستگاه گوارش بهبود داد (P<۰/۰٥٤)، اما تاثیری روی هضم پروتئین خام نداشت (P>۰/۱۰؛ جدول ۳). اشکال ۱ و ۲ خلاصه نتایج ۲٥ 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 (≤و<۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک) نشان می‌دهند. استفاده از مکمل روغن به مقدار (میانگین ± انحراف معیار) ۷/۳ ± ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره ماده خشک مصرفی را کاهش داد

[1] Metareg command
[2] Univarite
[3] Multivariate
[4] Backward stepwise elimination
[5] Forest plot
[6] Metan command

(P=۰/۰٤۷؛ تفاوت میانگین وزن‌داده‌شده = ۰/۰۷۷-، ۹۵ درصد دامنه اطمینان=۰/٤٤۹- تا ۰/۲۹۵ کیلوگرم در روز)، اما تولید شیر را افزایش داد (P=۰/۰۰۱؛ تفاوت میانگین وزن‌داده‌شده = ۱/۰۱۵، ۹۵ درصد دامنه اطمینان = ۰/٤۰۵ تا ۱/٦۲۵ کیلوگرم در روز). همچنین با آنالیزکردن کل مقایسه‌ها، ماده خشک مصرفی کاهش (P <۰/۰۰۱) و تولید شیر افزایش یافت (P =۰/۰۳۸؛ 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 (جدول٤).

**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=۰/۰٤۱) اما تاثیری روی تولید پروتئین و لاکتوز شیر نداشت (P>۰/۱۰؛ جدول ۳). مکمل روغن به مقدار تقریبا ٤۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره ترشح چربی و لاکتوز را کاهش داد (P<۰/۰۰۱) اما تاثیری روی تولید پروتئین شیر نداشت (P>۰/۱۰؛ 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 ٤). وارد کردن تقریبا ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک مکمل روغن در جیره غلظت‌های چربی و پروتئین را به ترتیب به مقدار ۲/٤۳ و ۰/٤۵ گرم در کیلوگرم کاهش داد (P<۰/۰۱۵) و تمایل (P=۰/۰۹) به کاهش غلظت لاکتوز شیر به مقدار ۰/۱٦ گرم در کیلوگرم داشت (جدول ۳). درحالی‌که مکمل روغن گیاهی به مقدار تقریبا ٤۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره غلظت چربی شیر را به مقدار ۵/۳٦ گرم در کیلوگرم کاهش داد (P<۰/۰۰۱) اما روی غلظت‌های پروتئین و لاکتوز شیر اثری نداشت (P>۰/۱۰؛ جدول ۳). آنالیز متارگرسیون نشان داد که مقدار مکمل روغن در جیره اثر منفی روی تفاوت میانگین استانداردشده غلظت چربی شیر داشت (جدول ٤). نوع علوفه جیره پایه و 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 ٤).

**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 متاآنالیز مکمل روغن گیاهی به مقدار تقریبا 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 18:1 *cis*-9 (چلیکانی و همکاران ۲۰۰٤)، 18:2n-6 (بیتمن و جنکینز ۱۹۹۸ و ساکمن 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 متاآنالیز حاضر، در مطالعه‌ی رامیرز رامیرز و همکاران (۲۰۱۵) با واردکردن ۱۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک روغن ذرت 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 تاثیر باشند (هارواتاین و آلن ۲۰۰٦). مطالعه‌ی آلن و هارواتاین

(۲۰۰٦) 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 موادآلی، الیاف و نشاسته بهبود یافت. این بهبود هضم در شکمبه با جیره‌های حاوی مکمل چربی غیراشباع می-تواند 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 متاآنالیز در برخی مطالعه‌ها مکمل روغن گیاهی جایگزین چربی اشباع در جیره شده بود. به‌طورکلی در نشخوارکنندگان قابلیت هضم ظاهری و دردسترس بودن اسیدهای چرب ۱٦ کربنه تقریبا 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 ۱۹۹٤ 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 نسبتا بیشتر از پاسخ‌های گزارش شده در متاآنالیز 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 > ذرت 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 (کلّی و همکاران ۱۹۹۸ و هی و آرمنتانو ۲۰۱۱) اما در تمام موارد این چنین نبوده است (ریگو و همکاران ۲۰۰۹ و محمّد و همکاران ۲۰۱۱). مقایسه‌های مستقیم نیز نشان داده‌اند که جایگزین کردن یونجه خشک با ذرت سیلوشده (بریتو و برودریک ۲۰۰٦) یا ذرت سیلوشده با گراس سیلوشده (شینگفیلد و همکاران ۲۰۰۵، کلیم و همکاران ۲۰۰۸ و استرک و همکاران ۲۰۱۱) ماده

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 می دهد. در این مطالعه پاسخ غلظت چربی شیر به روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 وابسته به مقدار مکمل کردن آن در جیره بود. روغن های گیاهی خصوصا غنی از 18:2n-6 عامل مهمی برای تغییر متابولیسم چربی در شکمبه، تغییر پروفیل واسطه‌های بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای[1] و القاء افت چربی شیر[2] 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[3] از جمله *trans*-10,*cis*-12 CLA می باشد (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 می‌کند (بومگارد و همکاران ۲۰۰۰ و شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷). در یک متاآنالیز (وزیری‌گهر و همکاران، ۱۳۹٤)، 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 ۲۰۰٤ و شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷). (شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷ و وزیری‌گهر و همکاران ۲۰۱٤).

[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، د، ۱۰۰) | شیردوشی، خوراک دهی (تعداد دفعات | تیمار آزمایشی [1] | علوفه[1] | غلات[1] | NDF[2] | نشاسته[2] | کل اسیدهای چرب[2] | 16:0[2] | cis-9 18:1[2] | 18:2n-6[2] | 18:3n-3[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wonsil et al. (1994) | ٤، مربع لاتین | ٢١، ١٠٤ | ٢، ٢ | شاهد | یونجه خشک/ذرت سیلویی (١١:٤)، ٥٤٥ | ذرت، ٣٤٠ | **٢٨٠** | **٣١٣** | ٣١/٠ | ٥/٤٦ | ٤/٧١ | ١٣/٧ | ٣/٤٧ |
| | | | | روغن سویا، ٣٠ | یونجه خشک/ذرت سیلویی (١١:٤)، ٥٤٥ | ذرت، ٣١٠ | **٢٧٨** | **٢٩٠** | ٦١/٠ | ٩/٢٧ | ١٢/٤ | ٢٣/١ | ٥/١٩ |
| Wu et al. (1994) | ٦، پیوسته | ٥٦، ٥٠ | ٣، ١ | شاهد | یونجه خشک، ٤٣٠ | ذرت/جو و گندم (٤:٣)، ٤٢٦ | ٣١١ | **٣٠١** | ٣٢/٠ | ٦/٦٦ | ٥/١٨ | ١٢/٢ | ٢/٦٦ |
| | | | | روغن گلرنگ، ٢٢ | یونجه خشک، ٣٨٠ | ذرت/جو و گندم (٤:٣)، ٣٦٦ | ٣٢٥ | **٢٦٠** | ٧٠/٠ | ١٣/٤ | ١١/٤ | ٣٣/٦ | ٢/٣٨ |
| Jenkins et al. (1996) | ٩، مربع لاتین | ١٤، ١٣٨ | ٢، ١ | شاهد | ذرت سیلویی، ٤٢٠ | ذرت/جو (٤:٣)، ٣١٨ | ٤٠٤ | **٣٤٧** | ٣٣/٠ | ٥/٦٢ | ٦/٢٥ | ١٧/٣ | ١/٨٧ |
| | | | | روغن سویا، ٣٥ | ذرت سیلویی، ٤٢٠ | ذرت/جو (٤:٣)، ٢٧٣ | ٣٨٦ | **٣١٤** | ٦٢/٠ | ٨/٢٧ | ١١/٥ | ٣٧/٦ | ١/٦٢ |
| Kalscheur et al. (1997) | ٤، مربع لاتین | ٢١، ٢١٣ | ٢، ١ | شاهد | ذرت سیلویی/یونجه خشک (٣:٢)، ٦٠٠ | ذرت، ٢٠٥ | ٣٥٤ | **٢٧٤** | ٣٥/٧ | ٥/٥٢ | ٦/٥٠ | ١٧/٣ | ٣/٦٥ |
| | | | | روغن آفتابگردان، ٣٧ | ذرت سیلویی/یونجه خشک (٣:٢)، ٦٠٠ | ذرت، ١٧٠ | ٣٥٠ | **٢٤٨** | ٦٥/٧ | ٧/٩١ | ١٣/٨ | ٣٤/٤ | ٣/٩٥ |
| Simas et al. (1997) | ٨، پیوسته | ٦٣، ٩٥ | ٣، ١ | چربی اشباع مرواریدی، ٢٥ | یونجه خشک، ٣٨٣ | سورگوم خشک غلطکی،٣٤١ | ٢٨٣ | ٢٥٤ | ٥٥/٠ | ١٥/٥ | ٧/٦٥ | ١٥/٠ | ٢/٣٧ |
| | | | | روغن پنبه‌دانه، ٢٥ | یونجه خشک، ٣٨٣ | سورگوم خشک غلطکی،٣٤١ | ٢٨٣ | ٢٥٤ | ٥٥/٠ | ٩/٦٣ | ٨/٩١ | ٢٨/٨ | ٢/٠٩ |
| | | | | چربی اشباع مرواریدی، ٢٥ | یونجه خشک، ٣٨٣ | سورگوم بخاردیده پولکی،٣٤١ | ٢٨٣ | ٢٥٤ | ٥٦/٠ | ١٥/٧ | ٧/٨٤ | ١٥/٨ | ٢/٠٧ |
| | | | | روغن پنبه‌دانه، ٢٥ | یونجه خشک، ٣٨٣ | سورگوم بخاردیده پولکی،٣٤١ | ٢٨٣ | ٢٥٤ | ٥٦/٠ | ٩/٩٧ | ٩/٠٧ | ٣/٠٢ | ١/٩٦ |
| Griinari et al. (1998) | ٤، مربع لاتین | ١٤، ١٦٢ | ٢، NR | چربی اشباع، ٣٦ | یونجه خشک، ٥٠٠ | ذرت، ٣٦٥ | ٣٢١ | **٢٨٥** | **٢٦/٣** | **٢١/٥** | **٩/٢٢** | **١١/٩** | **٣/٥٦** |
| | | | | روغن ذرت، ٤٠ | یونجه خشک، ٥٠٠ | ذرت، ٣٦٥ | ٣٢١ | **٢٨٥** | **٢٦/٣** | **٩/٦٢** | **١٨/٢** | **٢٧/٣** | **٣/٥٦** |
| | | | | اسیدچرب اشباع، ٣٦ | یونجه خشک، ٢٠٠ | ذرت، ٥٨٨ | ١٤٨ | **٤٤٨** | **٣١/٩** | **٢٣/٦** | **١٢/٠** | **١٦/٨** | **٢/٠١** |
| | | | | روغن ذرت، ٤٠ | یونجه خشک، ٢٠٠ | ذرت، ٥٨٨ | ١٤٨ | **٤٤٨** | **٣١/٩** | **١٠/٤** | **٢٢/٠** | **٣٤/٠** | **٢/٠١** |
| Dhiman et al. (2000)-E1 | ٦، پیوسته | ٣٥، ١٢٨ | ٢، ١ | شاهد | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (٢:١)، ٥١٠ | ذرت، ٣١٩ | ٢٩٢ | **٢٧٣** | ٢٧/٠ | ٥/٧٠ | ٤/٩٧ | ١٢/٧ | ٢/٨٤ |
| | | | | روغن سویا، ٣٥ | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (٢:١)، ٥١٠ | ذرت، ٢٧٥ | ٢٨٥ | **٢٤٤** | ٦١/٠ | ٩/٨٢ | ١٢/٩ | ٣٠/٦ | ٥/٤٩ |
| Dhiman et al. (2000)-E2 | ٦، پیوسته | ٣٥ ،Mid | ٢، ١ | شاهد | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (٢:١)، ٥٥٠ | ذرت، ٢٨٦ | ٢٧٢ | **٢٥٥** | ٢٤/٠ | ٤/٢٧ | ٤/٤٢ | ١١/٥ | ٢/٨٨ |
| | | | | روغن سویا، ٥ | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (٢:١)، ٥٥٠ | ذرت، ٢٨٠ | ٢٧١ | **٢٥١** | ٢٩/٠ | ٤/٨٤ | ٥/٥١ | ١٤/٢ | ٣/٢٨ |
| | | | | روغن سویا، ١٠ | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (٢:١)، ٥٥٠ | ذرت، ٢٧٤ | ٢٧١ | **٢٤٧** | ٣٤/٠ | ٥/٤١ | ٦/٦٠ | ١٦/٩ | ٣/٦٧ |
| | | | | روغن سویا، ٢٠ | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (٢:١)، ٥٥٠ | ذرت، ٢٦١ | ٢٧٠ | **٢٣٨** | ٤٤/٠ | ٦/٤٧ | ٨/٨٤ | ٢٢/٤ | ٤/٤٩ |
| | | | | روغن سویا، ٤٠ | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (٢:١)، ٥٥٠ | ذرت، ٢٣٧ | ٢٦٧ | **٢٣٨** | ٦٣/٠ | ٨/٥٧ | ١٣/٠ | ٣٢/٨ | ٦/٠٥ |
| Veira et al. (2001) | ١٥، پیوسته | ٧٠ ،Mid | ٢، ٢ | شاهد | ذرت سیلویی/یونجه سیلویی (١:١)، ٥٥٠ | ذرت/جو (٩:٥)، ٢٧٨ | **٢٨٢** | **٢٨٣** | **٣٦/٠** | **٥/٤٢** | **٦/٦٩** | **١٦/٧** | **٤/١٦** |
| | | | | روغن سویا، ٣٠ | ذرت سیلویی/یونجه سیلویی (١:١)، ٥٥٠ | ذرت/جو (٩:٥)، ٢٧٨ | **٢٨٢** | **٢٨٣** | **٦٣/٠** | **٨/٢٨** | **١٢/٧** | **٣٠/٩** | **٦/٦٣** |

**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، روزهای شیردهی[1]، دهی (تعداد دفعات شیردوشی، خوراک تیمار آزمایشی[1] | علوفه[1] | غلات[1] | NDF[2] | نشاسته[2] | کل اسیدهای چرب[2] | 16:0[2] | cis-9 18:1[2] | 18:2n-6[2] | 18:3n-3[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Leonardi et al. (2005) | ۲۰، مربع لاتین | ۹۴، ۲۱ ۲، ۲ شاهد | ذرت سیلویی/یونجه سیلویی (۳:۲)، ٤٥٠ | ذرت، ۳۰۱ | ۲۷٦ | **۳۱۶** | ۳۸/۰ | ٦/٥٤ | ٦/۸۰ | ۱٦/٥ | ۳/٥۰ |
| | | روغن ذرت، ۱٥ | ذرت سیلویی/یونجه سیلویی (۳:۲)، ٤٥٠ | ذرت، ۲۹۰ | ۲۷۸ | **۳۰۷** | ٥۰/۰ | ۸/۳٥ | ۹/٦٥ | ۲۳/۰ | ٤/٤۰ |
| Zheng et al. (2005) | ۱۲، مربع لاتین | ۳۸، ۲۱ ۳، ۳ شاهد | یونجه خشک/ذرت و گراس سیلویی (۱:۱)،٥۲٦ | ذرت، ۳۱۰ | ۳۳۷ | **۳۰۰** | **۲۸/۳** | **٥/۰۴** | **۴/۸۱** | **۱۳/۳** | **۲/۹۱** |
| | | روغن پنبه‌دانه، ۲۰ | یونجه خشک/ذرت و گراس سیلویی (۱:۱)،٥۲٦ | ذرت، ۳۱۰ | ۳۳۷ | **۳۰۰** | **۴٥/۹** | **۸/۸۹** | **۷/۲۴** | **۲۲/۰** | **۲/۹۱** |
| | | روغن سویا، ۲۰ | یونجه خشک/ذرت و گراس سیلویی (۱:۱)،٥۲٦ | ذرت، ۳۱۰ | ۳۳۷ | **۳۰۰** | **۴٥/۹** | **۶/۶۹** | **۷/۷۹** | **۲۱/۶** | **۴/۱۱** |
| | | روغن ذرت، ۲۰ | یونجه خشک/ذرت و گراس سیلویی (۱:۱)،٥۲٦ | ذرت، ۳۱۰ | ۳۳۷ | **۳۰۰** | **۴٥/۹** | **۶/۹۰** | **۹/٥۶** | **۲۱/۲** | **۲/۹۱** |
| Bell et al. (2006)-E1 | ۷، پیوسته | ۲۱۳، ۱٤ ۲، ۱ شاهد | یونجه سیلویی و خشک/جو سیلویی (۳:۲)، ٦۰۰ | ذرت/جو (۲:۱)، ۳۰۹ | ٤٤۱ | **۲۲۶** | **۲۳/۹** | **٥/۳۲** | **۲/۹۷** | **۸/۳۷** | **۳/۲۷** |
| | | روغن گلرنگ، ٦۰ | یونجه سیلویی و خشک/جو سیلویی (۳:۲)، ٦۰۰ | ذرت/جو (٥:٤)، ۲۳٤ | ٤٦۷ | **۱۷۱** | **۷۴/۰** | **۸/٥۹** | ۱۰/۱ | **۴۷/۰** | **۳/۲۶** |
| Bell et al. (2006)-E2 | ۱۰، پیوسته | NR، ٥٦ ۲، ۱ شاهد | یونجه سیلویی و خشک/جو سیلویی (٥:٤)، ٦۰۰ | ذرت/جو (۱:۱)، ۲۹۱ | ٤۳۷ | **۲۰۸** | **۳٥/۱** | **۸/۴۱** | **۸/۰۴** | **۷/٥۴** | **۳/۱۳** |
| | | روغن گلرنگ، ٦۰ | یونجه سیلویی و خشک/جو سیلویی (٥:٤)، ٦۰۰ | ذرت/جو (٤:۳)، ۲۲٦ | ٤۳۸ | **۱۷۲** | **۷۴/۱** | **۸/٥۹** | **۱۰/٥** | **۴۷/۰** | **۳/۰۸** |
| | | روغن گلرنگ، ٦۰ | یونجه سیلویی و خشک/جو سیلویی (٥:٤)، ٦۰۰ | ذرت/جو (٤:۳)، ۲۲۳ | ٤٥۲ | **۱۷۰** | **۷۴/۰** | **۸/٥۸** | **۱۰/٥** | **۴۶/۹** | **۳/۰۷** |
| Bu et al. (2007) | ۱۰، پیوسته | ۱۷۰، ٦۳ ۲، ۳ شاهد | چاودار و یونجه خشک/ذرت سیلویی (۳:۲)،٥۸۹ | ذرت، ۱۹۷ | ٤۱۸ | **۲۴۴** | ۳۲/۷ | ۷/٦۰ | ۳/۰۸ | ۱۲/۲ | ۸/۱٦ |
| | | روغن سویا، ٤۰ | چاودار و یونجه خشک/ذرت سیلویی (۳:۲)،٥۹۱ | ذرت، ۱٤۸ | ٤۱۳ | **۲۰۷** | ۷٤/۷ | ۱٥/٥ | ۱٦/٤ | ۳۰/۳ | ۹/۲۳ |
| Alzahal et al. (2008) | ۱۲، پیوسته | ۱۳۸، ۳٥ ۲، ۲ شاهد | ذرت سیلویی/هیلاژ علف مخلوط (٥:٤)، ٥۷۰ | ذرت، ۱۹۲ | ۳٦۲ | **۲٥۶** | ۲۳/۰ | ۳/٥۰ | ۰/۰۸ | ۹/۸٤ | ۲/۷٤ |
| | | روغن سویا، ۱۷ | ذرت سیلویی/هیلاژ علف مخلوط (٥:٤)، ٥۷۰ | ذرت، ۱۹۲ | ۳٥٥ | **۲٥۷** | ۳۳/۰ | ٤/۹۲ | ۰/۱۰ | ۱٤/۳ | ۳/۹٦ |
| | | روغن سویا، ۳٤ | ذرت سیلویی/هیلاژ علف مخلوط (٥:٤)، ٥۷۰ | ذرت، ۱۹۲ | ۳٤۸ | **۲٥۷** | ۳۹/۰ | ٥/۷۷ | ۰/۱۰ | ۱۷/۲ | ٤/۷۲ |
| Doepel et al. (2008) | ۱۰، پیوسته | ۲٤٤، ۲۱ ۲، ۱ چربی اشباع، ۳۰ | یونجه سیلویی/جو سیلویی (۷:٤)، ٥۳۸ | جو/ذرت (۳:۱)، ۳۱۰ | ۲۹۹ | **۲۰۹** | ۳۹/۰ | ۹/۰۳ | ۱/۳۰ | ۰/۱٤ | ۰/۰٥ |
| | | روغن لینولا، ۳۰ | یونجه سیلویی/جو سیلویی (۷:٤)، ٥٤۰ | جو/ذرت (۳:۱)، ۳۰۹ | ۲۹۸ | **۲۰۸** | ٤۰/۰ | ۱/٥٦ | ٤/۹۳ | ۲۱/۳ | ۰/٦۲ |
| Huang et al. (2008) | ٦، پیوسته | NR، ۲۸ NR، ۲ شاهد | ذرت سیلویی/یونجه خشک (۹:٥)، ٤۸۳ | ذرت، ۲٤۲ | ۳۰٥ | **۲۸۱** | ۱۸/۰ | ۳/۰٦ | ۳/٦٥ | ۹/۲۳ | ۱/۰۷ |
| | | روغن سویا، ٥۰ | ذرت سیلویی/یونجه خشک (۹:٥)، ٤٥۹ | ذرت، ۲۳۰ | ۲۹۰ | **۲۶۸** | ٦۸/۰ | ۹/۳۷ | ۱۳/٤ | ۳٤/٥ | ٥/۰٥ |
| Shingfield et al. (2008) | ٤، مربع لاتین | ۱٦٦، ۱۳ ۲، ۲ شاهد | گراس سیلویی، ٦۰۰ | جو، ۲۰٦ | ٤۰۳ | **۱۳٥** | ۱۷/٥ | ۳/۳۱ | ۲/٤۰ | ٤/۳٦ | ٥/٥۳ |
| | | روغن آفتابگردان، ۱۰ | گراس سیلویی، ٦۰۰ | جو، ۲۰٦ | ۳۹۳ | **۱۳٥** | ۳۲/۱ | ٤/۱۸ | ٥/٤۷ | ۱٤/۳ | ٥/۳۲ |
| | | روغن آفتابگردان، ۳۰ | گراس سیلویی، ٦۰۰ | جو، ۲۰٦ | ۳۸۱ | **۱۳٥** | ۷٤/٤ | ٥/۱۱ | ۸/٦۹ | ۲٤/٥ | ٥/۱٤ |
| | | روغن آفتابگردان، ٥۰ | گراس سیلویی، ٦۰۰ | جو، ۲۰٦ | ۳۷۳ | **۱۳٥** | ٦۲/۱ | ٥/۹۸ | ۱۱/۷ | ۳٤/۳ | ٥/۱۱ |

**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 | روزهای شیردهی، طول دوره آزمایشی (به روز) | شیردوشی، خوراک-دهی (تعداد دفعات در روز) | تیمار آزمایشی[1] | علوفه[1] | غلات[1] | NDF[2] | نشاسته[2] | کل اسیدهای چرب[2] | 16:0[2] | cis-9 18:1[2] | 18:2n-6[2] | 18:3n-3[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Abdelqader et al. (2009) | ۱۶، مربع لاتین | ۲۸، ۲۰۶ | ۳، ۱ | روغن پالم، ۲۵ | ذرت سیلویی/یونجه خشک (۶:۵)، ۵۵۰ | ذرت، ۱۲۰ | ۳۴۶ | **۲۳۹** | ۵۳/۰ | ۱۳/۷ | ۸/۴۷ | ۱۲/۷ | ۲/۷۸ |
| | | | | روغن ذرت، ۲۵ | ذرت سیلویی/یونجه خشک (۶:۵)، ۵۵۰ | ذرت، ۱۲۰ | ۳۴۴ | **۲۳۹** | ۵۳/۰ | ۹/۰۰ | ۱۲/۸ | ۲۲/۵ | ۲/۹۰ |
| 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 | ۰/۳۳ |
| | | | | روغن سویا، ۱۹ | گراس خشک و یونجه مخلوط (۵:۴)، ۴۶۱ | ذرت، ۲۱۵ | ۳۸۰ | **۲۵۶** | ۴۰/۰ | ۴/۴۰ | ۱۱/۰ | ۱۵/۸ | ۰/۸۸ |
| Halmemies et al. (2011) | ۵، مربع لاتین | ۱۹، ۱۱۵ | ۲، ۴ | شاهد | شبدر قرمز سیلویی، ۵۵۴ | جو/گندم (۱:۱)، ۹۰ | ۳۲۱ | **۱۳۲** | ۲۶/۰ | ۴/۴۶ | ۴/۰۹ | ۷/۶۰ | ۴/۸۹ |
| | | | | روغن آفتابگردان، ۱۳ | شبدر قرمز سیلویی، ۵۵۴ | جو/گندم (۱:۱)، ۹۰ | ۳۱۷ | **۱۳۴** | ۳۷/۰ | ۵/۰۰ | ۷/۰۰ | ۱۴/۴ | ۴/۹۱ |
| 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 | ۳/۱۸ | ۶/۱۸ | ۴/۰۲ |
| | | | | روغن ذرت، ۵۰ | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۹:۴)، ۵۹۵ | ذرت، ۶۸ | ۲۹۰ | ۱۴۶ | ۷۷/۷ | ۹/۷۰ | ۱۷/۰ | ۳۶/۶ | ۴/۶۵ |
| | | | | روغن گلرنگ، ۵۰ | یونجه سیلویی/ذرت سیلویی (۹:۴)، ۵۹۵ | ذرت، ۶۸ | ۲۹۰ | ۱۴۶ | ۷۶/۵ | ۷/۲۵ | ۱۰/۵ | ۴۴/۵ | ۴/۰۸ |
| He et al. (2012) | ۲۸، مربع لاتین | ۲۱، ۹۷ | ۲، ۳ | شاهد | یونجه خشک/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۲۴ | ذرت، ۲۰۶ | ۲۹۳ | ۲۲۸ | ۲۴/۴ | ۳/۸۰ | ۳/۶۰ | ۸/۹۰ | ۳/۶۰ |
| | | | | روغن گلرنگ، ۴۱ | یونجه خشک/ذرت سیلویی (۲:۱)، ۵۲۴ | ذرت، ۱۶۵ | ۲۹۳ | ۲۰۲ | ۶۵/۱ | ۶/۲۰ | ۱۰/۴ | ۳۸/۶ | ۴/۱۰ |
| O'Donnell et al. (2012) | ۱۲، پیوسته | NR، ۲۸ | ۳، ۱ | شاهد | ذرت سیلویی/هیلاژ علف مخلوط (۶:۵)، ۶۱۰ | ذرت، ۸۴ | ۳۹۲ | **۲۰۳** | **۳۶/۴** | ۱۲/۰ | **۵/۷۵** | **۱۲/۴** | **۳/۴۹** |
| | | | | روغن سویا، ۲۵ | ذرت سیلویی/هیلاژ علف مخلوط (۶:۵)، ۶۱۰ | ذرت، ۸۴ | ۳۹۲ | **۲۰۳** | **۵۸/۹** | ۱۴/۱ | **۹/۷۳** | **۲۶/۱** | **۵/۳۳** |
| Vazirigohar et al. (2014) | ۸، پیوسته | ۲۱، ۹۰ | ۳، ۲ | 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.

[1] 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.

[2] ترکیب شیمیایی جیره‌ها بر اساس گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره؛ مقادیری که به صورت برجسته بیان شده‌اند از جداول CPM-Dairy تخمین زده شده‌اند؛ 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 شده‌اند.

**جدول ۳- اندازه اثر (تفاوت میانگین استانداردشده) روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 در دو سطح ≤ یا < از 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[1]**

| متغیر پاسخ دهنده[2] | تعداد آزمایشات (تعداد مقایسات) | مقدار روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، میانگین ± انحراف معیار | متغیر پاسخ دهنده در گروه شاهد، میانگین ± انحراف معیار (حداقل – حداکثر) | تفاوت میانگین وزن‌داده‌شده (۹۵ درصد دامنه اطمینان) | تفاوت میانگین استانداردشده (۹۵ درصد دامنه اطمینان) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | مدل اثرات تصادفی | *P*-value |
| ماده خشک مصرفی، کیلوگرم در روز | ۲۵ (۳۸) | O : ۱۴/۶ ± ۳۱/۰ | ۲۱/۶ ± ۲/۹۸ (۲۸/۲ – ۱۵/۱) | −۰/۳۰۳ (−۰/۰۲۶ ، −۰/۵۸۱) | −۰/۶۹۹ (−۰/۳۰۶ ، −۱/۰۹۲) | <۰/۰۰۱ |
| | ۱۵ (۲۲) | A : ۷/۳۲ ± ۲۰/۷ | ۲۲/۴ ± ۳/۲۰ (۲۸/۲ – ۱۵/۱) | −۰/۰۷۷ (۰/۲۹۵ ، −۰/۴۴۹) | −۰/۵۲۹ (−۰/۰۰۷ ، −۱/۰۵۱) | ۰/۰۴۷ |
| | ۱۳ (۱۶) | B : ۹/۲۲ ± ۴۵/۱ | ۲۰/۵ ± ۲/۳۰ (۲۳/۸ – ۱۵/۱) | −۰/۶۲۸ (−۰/۲۲۰ ، −۱/۰۳۵) | −۰/۹۴۰ (−۰/۳۵۲ ، −۱/۵۲۷) | ۰/۰۰۲ |
| قابلیت هضم مواد مغذی، درصد | | | | | | |
| مواد آلی | ۷ (۱۰) | A : ۷/۷۳ ± ۲۳/۰ | ۶۸/۳ ± ۶/۳۸ (۷۳/۲ – ۵۳/۰) | ۰/۸۳۷ (۲/۹۱۰ ، −۱/۲۳۵) | ۱/۴۵۴ (۲/۸۷۰ ، ۰/۰۳۸) | ۰/۰۴۴ |
| پروتئین خام | ۷ (۱۰) | A : ۳/۷۳ ± ۲۳/۰ | ۶۵/۸ ± ۴/۵۱ (۷۱/۷ – ۵۸/۰) | ۰/۵۰۱ (۱/۵۳۳ ، −۰/۵۳۰) | ۰/۳۸۲ (۰/۹۸۲ ، −۰/۲۱۸) | ۰/۲۱ |
| NDF | ۸ (۵) | A : ۷/۷۰ ± ۲۱/۳ | ۵۱/۵ ± ۱۱/۲ (۶۵/۰ – ۳۶/۲) | ۳/۳۱۸ (۶/۸۱۱ ، −۰/۱۷۵) | ۰/۹۵۳ (۱/۹۲۱ ، −۰/۰۱۶) | ۰/۰۵۴ |
| تولید، گرم در روز یا به صورت بیان شده | | | | | | |
| شیر، کیلوگرم در روز | ۲۵ (۳۸) | O : ۱۴/۶ ± ۳۱/۰ | ۳۰/۴ ± ۶/۳۱ (۴۴/۶ – ۱۶/۸) | ۰/۳۲۴ (۰/۹۶۱ ، −۰/۳۱۳) | ۰/۵۴۵ (۱/۰۶۰ ، ۰/۰۳۰) | ۰/۰۳۸ |
| | ۱۵ (۲۲) | A : ۷/۳۲ ± ۲۰/۷ | ۳۱/۷ ± ۷/۱۴ (۴۴/۶ – ۱۶/۸) | ۱/۰۱۵ (۱/۶۲۵ ، ۰/۴۰۵) | ۰/۹۹۱ (۱/۵۶۰ ، ۰/۴۲۳) | ۰/۰۰۱ |
| | ۱۳ (۱۶) | B : ۹/۲۲ ± ۴۵/۱ | ۲۸/۵ ± ۴/۵۲ (۳۳/۷ – ۱۶/۸) | −۰/۶۶۷ (۰/۵۱۹ ، −۱/۸۵۴) | −۰/۱۱۵ (۰/۷۵۰ ، −۰/۹۷۹) | ۰/۸۰ |
| چربی شیر | ۲۳ (۳۶) | O : ۱۴/۹ ± ۳۱/۴ | ۱۰۸۱ ± ۱۶۶ (۱۴۹۰ – ۷۷۰) | −۱۲۳/۲ (−۷۳/۲۵ ، −۱۷۲/۳) | −۱/۷۱۲ (−۱/۰۱۹ ، −۲/۴۰۴) | <۰/۰۰۱ |
| | ۱۳ (۲۰) | A : ۷/۳۸ ± ۲۰/۴ | ۱۱۳۳ ± ۱۷۷ (۱۴۹۰ – ۸۱۸) | −۵۲/۳۷ (−۵/۴۰۶ ، −۹۹/۳۴) | −۰/۶۸۸ (−۰/۰۲۷ ، −۱/۳۴۹) | ۰/۰۴۱ |
| | ۱۳ (۱۶) | B : ۹/۲۲ ± ۴۵/۱ | ۱۰۱۶ ± ۱۲۸ (۱۱۷۰ – ۷۷۰) | −۲۱۱/۵ (−۱۳۰/۶ ، −۲۹۲/۵) | −۳/۱۷۵ (−۱/۷۴۳ ، −۴/۶۰۷) | <۰/۰۰۱ |
| پروتئین شیر | ۲۴ (۳۷) | O : ۱۴/۷ ± ۳۱/۳ | ۹۸۴ ± ۱۸۲/۲ (۱۳۶۰ – ۵۶۲) | ۴/۳۹۹ (۱۸/۷۴ ، −۹/۹۴۵) | ۰/۱۷۲ (۰/۵۷۳ ، −۰/۲۲۹) | ۰/۴۰ |
| | ۱۴ (۲۱) | A : ۷/۴۹ ± ۲۰/۸ | ۱۰۲۷ ± ۲۰۱/۰ (۱۳۶۰ – ۵۶۲) | ۱۵/۱۸ (۳۰/۷۷ ، −۰/۴۰۴) | ۰/۳۳۹ (۰/۸۰۹ ، −۰/۱۳۱) | ۰/۱۶ |
| | ۱۳ (۱۶) | B : ۹/۲۲ ± ۴۵/۱ | ۹۲۷ ± ۱۴۰/۷ (۱۰۹۰ – ۵۶۲) | −۱۰/۱۷ (۱۶/۵۴ ، −۳۶/۸۸) | −۰/۰۵۹ (۰/۶۳۶ ، −۰/۷۵۴) | ۰/۸۷ |
| لاکتوز شیر | ۱۶ (۲۲) | O : ۱۶/۰ ± ۳۲/۸ | ۱۵۲۴ ± ۳۳۲/۲ (۲۱۷۰ – ۸۱۸) | −۲۲/۵۹ (۲۲/۴۲ ، −۶۷/۶۱) | −۰/۳۳۶ (۰/۸۶۳ ، −۰/۹۱۴) | ۰/۲۵ |
| | ۱۰ (۱۴) | A : ۷/۱۹ ± ۲۲/۴ | ۱۵۵۶ ± ۳۹۳/۵ (۲۱۷۰ – ۸۱۸) | ۳۲/۷۰ (۷۵/۷۶ ، −۱۰/۳۶) | ۰/۲۳۵ (۰/۲۴۱ ، −۰/۳۹۴) | ۰/۴۶ |
| | ۶ (۸) | B : ۸/۸۰ ± ۵۱/۰ | ۱۴۶۶ ± ۱۹۳/۹ (۱۶۵۰ – ۱۱۳۰) | −۱۱۱/۱ (−۵۰/۵۷ ، −۱۷۱/۶) | −۱/۳۶۰ (−۰/۶۱۶ ، −۲/۱۰۴) | <۰/۰۰۱ |

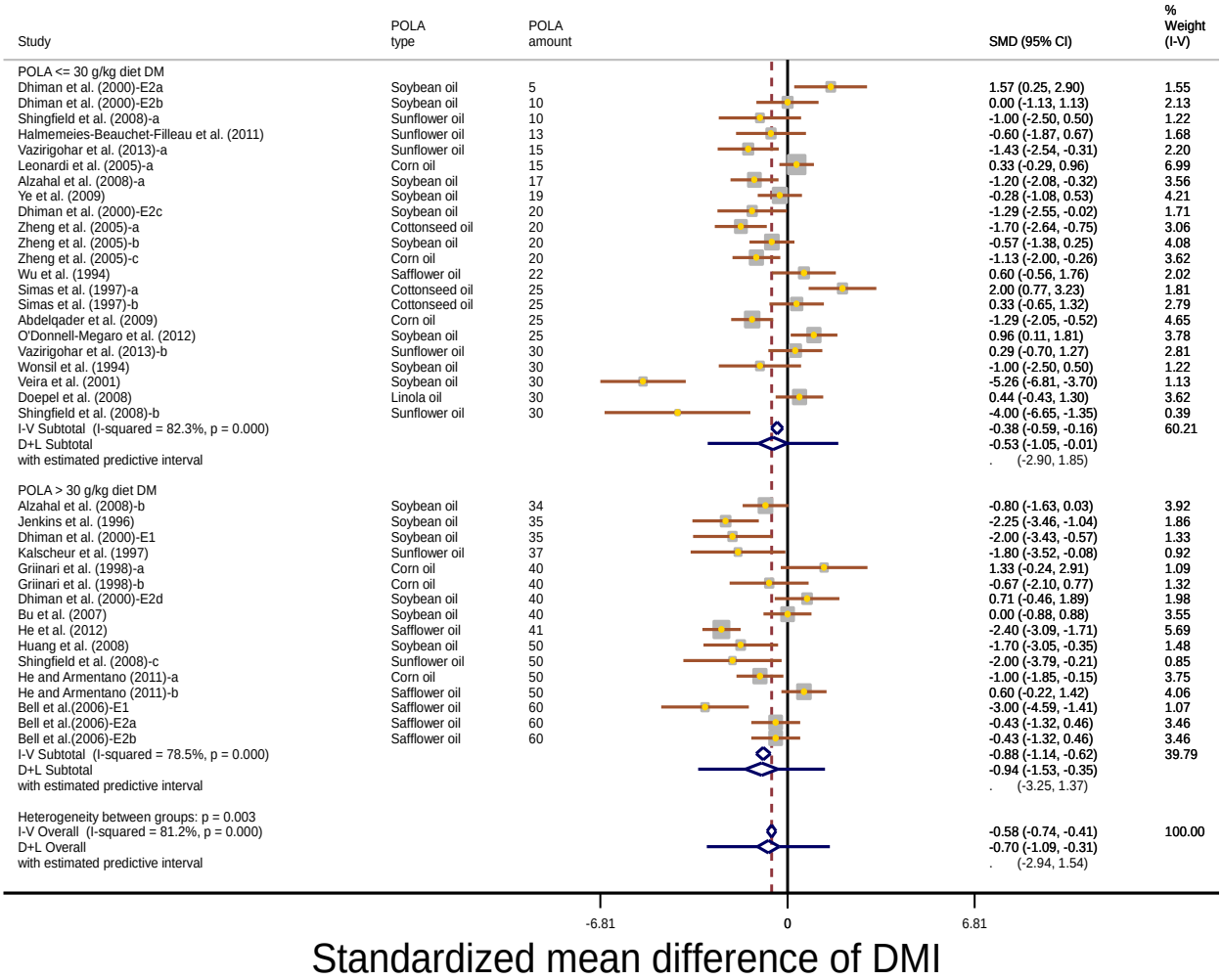
**جدول ۳ (ادامه)- اندازه اثر (تفاوت میانگین استانداردشده) روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 در ۲ سطح ≤ یا < از ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره روی ماده خشک مصرفی، قابلیت هضم مواد مغذی در کل دستگاه گوارش و تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیرده[1]**

| متغیر پاسخ دهنده[2] | تعداد آزمایشات (تعداد مقایسات) | مقدار روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، میانگین ± انحراف معیار | متغیر پاسخ دهنده در گروه شاهد، میانگین ± انحراف معیار (حداقل – حداکثر) | تفاوت میانگین وزن‌داده‌شده (۹۵ درصد دامنه اطمینان) | تفاوت میانگین استانداردشده (۹۵ درصد دامنه اطمینان) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | مدل اثرات تصادفی | *P*-value |
| غلظت، گرم در کیلوگرم | | | | | | |
| چربی شیر | ۲۳ (۳۶) | O : ۱۴/۹ ± ۳۰/۸ | ۴۸/۸ – ۲۹/۱) ۴/۵۴ ± ۳۶/۰ | (−۲/۵۸۴ ، −۴/۴۸۱) −۳/۵۳۳ | (−۱/۹۸۷ ، −۳/۲۹۸) −۲/۶۴۳ | <۰/۰۰۱ |
| | ۱۴ (۲۱) | A : ۷/۲۰ ± ۲۰/۳ | ۴۸/۸ – ۲۹/۱) ۴/۹۲ ± ۳۶/۲ | (−۱/۳۹۰ ، −۳/۴۶۳) −۲/۴۲۷ | (−۱/۱۴۶ ، −۲/۷۸۱) −۱/۹۶۳ | <۰/۰۰۱ |
| | ۱۲ (۱۵) | B : ۹/۴۸ ± ۴۵/۴ | ۳۱/۹ تا ۴۸/۸) ۴/۱۱ ± ۳۵/۹ | (−۳/۸۷۱ ، −۶/۸۴۶) −۵/۳۵۹ | (−۲/۶۹۷ ، −۴/۵۹۳) −۳/۶۴۵ | <۰/۰۰۱ |
| پروتئین شیر | ۲۲ (۳۵) | O : ۱۵/۱ ± ۳۰/۸ | ۳۵/۳ – ۳۰/۱) ۱/۵۴ ± ۳۲/۴ | (۰/۱۱۱ ، −۰/۵۴۶) −۰/۲۱۷ | (−۰/۱۰۹ ، −۱/۰۱۷) −۰/۵۶۳ | ۰/۰۱۵ |
| | ۱۴ (۲۱) | A : ۷/۴۴ ± ۲۰/۵ | ۳۵/۰ – ۳۰/۱) ۱/۵۰ ± ۳۲/۴ | (−۰/۲۰۴ ، −۰/۶۹۱) −۰/۴۴۸ | (−۰/۴۱۴ ، −۱/۳۳۵) −۰/۸۷۵ | <۰/۰۰۱ |
| | ۱۱ (۱۴) | B : ۹/۳۷ ± ۴۶/۱ | ۳۵/۳ – ۳۰/۱) ۱/۶۵ ± ۳۲/۴ | (۰/۹۴۹ ، −۰/۵۴۹) ۰/۲۰۰ | (−۰/۸۵۲ ، −۰/۹۳۰) −۰/۰۳۹ | ۰/۹۳ |
| لاکتوز شیر | ۲۲ (۳۳) | O : ۱۵/۳ ± ۳۰/۷ | ۵۰/۹ – ۴۳/۰) ۱/۸۷ ± ۴۸/۵ | (−۰/۰۶۲ ، −۰/۵۷۸) −۰/۳۲۰ | (تا ۰/۰۰۸ ، −۱/۰۴۵) −۰/۵۱۹ | ۰/۰۵۴ |
| | ۱۴ (۲۱) | A : ۷/۴۶ ± ۲۰/۹ | ۵۰/۹ – ۴۳/۵) ۱/۷۲ ± ۴۸/۹ | (۰/۱۶۳ ، −۰/۴۷۶) −۰/۱۵۷ | (۰/۰۸۵ ، −۱/۱۵۱) −۰/۵۳۳ | ۰/۰۹ |
| | ۱۰ (۱۲) | B : ۹/۱۲ ± ۴۷/۸ | ۴۹/۹ – ۴۳/۰) ۲/۰۶ ± ۴۸/۰ | (−۰/۱۴۳ ، −۱/۰۵۰) −۰/۵۹۷ | (۰/۵۲۵ ، −۱/۴۵۸) −۰/۴۶۷ | ۰/۳۶ |

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.

[1] آزمون ناهمگنی در نتایج تمام متغیرهای پاسخ دهنده در سطح $P < ۰/۰۰۱$ معنی دار بود.

[2] واحدهای گزارش شده مربوط به مقدار متغیر در گروه شاهد و تفاوت میانگین وزن‌داده‌شده می باشند.




**شکل ۱- نمودار جنگلی (forest plot) اثر مکمل خوراکی روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 (برا اساس گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) روی ماده خشک مصرفی 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 Xها تفاوت میانگین استانداردشده 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 استانداردشده 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**

| متغیر پاسخ دهنده | عرض از مبدا | | عوامل مداخله کننده | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ضریب ± خطای استاندارد | *P*-value | مورد | ضریب ± خطای استاندارد | *P*-value | Tau-Square | $I^2$ residual, % | Adjusted R-Square | *P*-value[1] |
| ماده خشک مصرفی (۱)، کیلوگرم در روز | ۱/۱۲ ± ۰/۶۲۴ | ۰/۰۸ | نوع علوفه جیره پایه | −۰/۸۳ ± ۰/۲۶۸ | ۰/۰۰۴ | ۱/۱۶ | ۸۰/۰ | ۲۰/۶ | _ |
| ماده خشک مصرفی (۲)، کیلوگرم در روز | −۰/۱۰ ± ۰/۳۵۹ | ۰/۷۹ | تفاوت غلظت کل اسیدهای چرب بین جیره آزمایشی و شاهد | −۰/۰۲۷ ± ۰/۰۱۳ | ۰/۰۴ | ۱/۳۲ | ۸۰/۴ | ۹/۴۰ | _ |
| تولید، گرم دروز یا به صورت بیان شده | | | | | | | | | |
| شیر، کیلوگرم در روز | ۱/۹۱ ± ۰/۴۹۱ | <۰/۰۰۱ | تفاوت غلظت 18:2n-6 بین جیره آزمایشی و شاهد | −۰/۰۸ ± ۰۲۵ | ۰/۰۰۲ | ۱/۸۰ | ۸۲/۵ | ۳۱/۸ | _ |
| چربی شیر | −۲/۴۲ ± ۰/۴۰۲ | <۰/۰۰۱ | تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد | ۰/۹۸ ± ۰/۲۱۱ | <۰/۰۰۱ | ۴/۱۰ | ۸۷/۰ | ۴۳/۰ | _ |
| پروتئین شیر | −۰/۱۰ ± ۰/۱۸۰ | ۰/۵۹ | تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد | ۰/۵۱ ± ۰/۰۹۶ | <۰/۰۰۱ | ۰/۶۵ | ۶۸/۰ | ۵۸/۶ | _ |
| لاکتوز شیر | −۰/۴۴ ± ۰/۱۲۷ | ۰/۰۰۲ | تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد | ۰/۶۱ ± ۰/۰۶۵ | <۰/۰۰۱ | ۰/۰۸ | ۲۷/۷ | ۹۴/۹ | _ |
| غلظت، گرم در کیلوگرم | | | | | | | | | |
| چربی شیر | −۰/۵۸ ± ۰/۷۸۷ | ۰/۴۷ | مقدار روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 جیره | −۰/۰۷ ± ۰/۰۲۴ | ۰/۰۰۶ | ۳/۴۸ | ۸۵/۵ | ۲۰/۴ | _ |
| پروتئین شیر | ۱/۸۶ ± ۰/۷۵۳ | ۰/۰۱۹ | نوع علوفه جیره پایه | −۰/۹۷ ± ۰/۳۲۲ | ۰/۰۰۵ | ۱/۲۲ | ۷۷/۶ | ۳۴/۶ | ۰/۰۰۲ |
| | | | تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد | −۰/۳۸ ± ۰/۱۴۴ | ۰/۰۱۳ | | | | |
| لاکتوز شیر | −۵/۲۸ ± ۱/۴۷۷ | ۰/۰۰۱ | غلظت NDF جیره پایه | ۰/۰۱ ± ۰/۰۰۵ | ۰/۰۴۹ | ۱/۶۱ | ۸۳/۹ | ۳۳/۷ | ۰/۰۰۲ |
| | | | روز شیردهی | ۰/۰۱ ± ۰/۰۰۵ | ۰/۰۵۱ | | | | |

[1] سطح معنی‌داری تمام متغیرها در مدل‌های چند متغیره.

احیاء[1] 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 می-شود (مک‌کین و همکاران ۲۰۱۰)، اگرچه در برخی موارد این اسیدچرب از ایزومریزاسیون 18:1 *cis*-9 نیز تشکیل می‌شود (موسلی و همکاران ۲۰۰۲). در متاآنالیز 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، ۲۰۱٤). مکمل روغن گیاهی غنی از 18:2n-6 در جیره غلظت پروتئین شیر را کاهش داد اما اثری روی تولید پروتئین شیر نداشت. بنابراین به‌نظر می رسد که کاهش غلظت پروتئین شیر به دلیل اثر رقیق‌شدن[2] باشد (دی پیترز و کنت ۱۹۹۲) که می‌تواند اثر منفی تفاوت تولید شیر بین گروه آزمایشی و شاهد را روی تفاوت میانگین استانداردشده‌ی غلظت پروتئین شیر در این مطالعه توضیح دهد. به‌طورکلی تصور می‌شود که مصرف انرژی عامل عمده تغذیه ای موثر بر غلظت پروتئین شیر باشد (لوک و شینگفیلد ۲۰۰٤). 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 جیره‌هایحاوی 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 ماده خشک با بهبود قابلیت هضم موادآلی 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 استانداردشده‌ی غلظت و تولید چربی شیر نشان دادند.

[1] Reduction
[2] Dillution effect

**منابع مورد استفاده**

وزیری‌گهر م، دهقان بنادکی م، رضایزدی ک و نجاتی جوارمی ا. ۱۳۹٤. متاآنالیز اثر روغن‌های گیاهی غنی از 18:2n-6 روی ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده. پژوهش‌های علوم دامی، جلد ۲۵. صفحه های ۱۲۳ تا ۱٤۰.

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. Beever. Nottingham University Press, Nottingham.

Lock AL, Tyburczy C, Dwyer DA, Harvatine KJ, Destaillats 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-Megaro 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. Europian 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, Loor 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-Banadaky[3] and A Nejati-Javaremi[3]**

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

[1]PhD, Department of Animal Science, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
[2]Senior Scientist (Ruminant Nutrition, PhD), Xaniar Ariaie Co, Tehran, Iran
[3]Associate 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: ≤ 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