



نشریه آموزشی - پژوهشی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور

فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی

شماره ۳۲، پاییز ۱۳۹۸

صص: ۶۰-۴۹

تأثیر عمل آوری دانه کتان بر تولید شیر

و ترکیب اسیدهای چرب موجود در شیر گاوهای هلشتاین

• محمد نوروزی (نویسنده مسئول)

استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، گرایش: تغذیه و تولید مثل نشخوارکنندگان، مرکز تحقیقات، آموزش و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۳۱۶۳۸۵۹

Email: m.norouzi2@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/aasrj.2019.123376.1162

چکیده:

این آزمایش به منظور بررسی اثر فرآوری دانه کتان بر انتقال اسیدهای چرب با چندین پیوند دوگانه به شیر گاوهای شیرده هلشتاین انجام شد. تعداد ۲۴ رأس گاو شیرده در قالب طرح کاملاً تصادفی، به طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند. گروه‌های آزمایشی شامل جیره شاهد حاوی تخم پنبه، جیره حاوی دانه کتان سالم، جیره حاوی دانه کتان آسیاب شده و جیره حاوی دانه کتان اکستروود شده بودند. افزودن دانه کتان سالم و یا فرآوری شده به جیره غذایی گاوها اثر معنی‌داری بر مقدار تولید و ترکیب شیر گاوها و بر نسبت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر نداشت. میانگین غلظت (گرم در هر ۱۰۰ گرم چربی شیر) اسیدهای چرب متوسط زنجیر (۱۴ تا ۱۶ کربن) در شیر گاوهای تغذیه شده با دانه کتان آسیاب شده (۴۱/۷۳) و اکستروود شده (۴۵/۰۲) کم‌تر از گاوهای تغذیه شده با جیره حاوی دانه کتان سالم (۴۷/۱۵) و شاهد (۴۸/۴۹) بود. نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ در چربی شیر گاوهای تغذیه شده با جیره حاوی دانه کتان سالم (۲/۴۱)، دانه کتان آسیاب شده (۲/۲۰) و دانه کتان اکستروود (۲/۴۱) به طور معنی‌دار بیش‌تر از مقدار آن در جیره شاهد (۳/۹۰) بود. نتایج نشان داد فرآوری دانه کتان تأثیر معنی‌داری بر غلظت اسیدهای چرب شیر نداشت اما به طور کلی استفاده از دانه کتان در جیره غذایی گاوهای شیری می‌تواند غلظت اسیدهای چرب اشباع متوسط زنجیر را کاهش و غلظت اسیدهای چرب غیر اشباع (خصوصاً امگا-۳) شیر را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب شیر، دانه کتان آسیاب شده، دانه کتان اکستروود شده، گاو هلشتاین

Applied Animal Science Research Journal No 32 pp: 49-60

Effect of flaxseed processing on milk production and the combination of fatty acids in milk of Holstein cows

By: M. Norouzi, Assistant Professor of Animal Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Reserch and Education Center, AREEO, Mashhad, IRAN

This study was conducted to evaluate the effect of flaxseed processing on transition of polyunsaturated fatty acids to milk in Holstein dairy cattle. Twenty four dairy cows were assigned randomly into four treatments through a completely randomized design. The treatments were: control diet with cottonseed, diet with intact flaxseed, diet with grinded flaxseed and diet with extruded flaxseed. Adding intact or processed flaxseed in dairy cows diets had no significant effect on production and composition of milk and on proportion of short chain fatty acids. The mean concentrations of medium chain fatty acids (14 to 16 carbons) in milk of cows fed by grinded and extruded flaxseed were more than cows fed by intact flaxseed and control diet, significantly (41.73 and 45.02 vs. 47.15 and 48.49 gr in 100 gr of milk fat, respectively). Ratio of omega-6 to omega-3 fatty acids in milk fat of cows fed by intact, grinded and extruded flaxseed was lower than cows fed control diet, significantly (2.41, 2.20 and 2.18 vs. 3.90, respectively). The results showed flaxseed processing did not have a significant effect on the concentration of milk fatty acids, but in general, the use of flaxseed in the dairy cows' diet could decrease the concentration of medium chain saturated fatty acids and increase the concentration of unsaturated fatty acids (especially omega-3) milk.

Key words: Milk fatty acids, Grinded flaxseed, Extruded flaxseed, Holstein cow.

مقدمه

ثابت شده است که از اسیدهای چرب مواد لبنی، اسیدهای چرب میرستیک و پالمیتیک موجب افزایش کلسترول خون شده و احتمال ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی را افزایش می‌دهند (برنر^۱، ۱۹۹۳). اما اسیدهای چرب دارای پیوند چندگانه، خصوصاً اسید لینولئیک و اسید آلفا-لینولئیک اثرات ضد سرطانی داشته (پارودی^۲، ۱۹۹۷) و نقش مؤثری در حفظ سیستم قلبی و عروقی بدن انسان دارند (ماسارو^۳ و همکاران، ۱۹۹۹). لذا در سال‌های اخیر تلاش زیادی در جهت تغییر الگوی اسیدهای چرب شیر انجام شده است تا بدین طریق به نگرانی مصرف‌کنندگان محصولات لبنی پاسخ داده شود (پتیت^۴، ۲۰۱۰).

با اعمال تغییرات مناسب در رژیم غذایی گاوهای شیری، می‌تواند مقدار اسید لینولئیک مزدوج، اسیدهای چرب امگا-۳ و نیز دیگر اسیدهای چرب را در شیر گاوها افزایش داد و حتی با تغییر در

الگوی اسیدهای چرب موجب کاهش مقدار اسیدهای چرب پالمیتیک و نیز اولئیک در چربی شیر گاوها شد (دسیلوا^۵ و همکاران، ۲۰۱۰).

چربی کتان حاوی ۵۵ درصد اسید چرب امگا-۳ (مصطفی^۶ و همکاران، ۲۰۰۲) می‌باشد و به دلیل وجود غلظت بالای اسید چرب ضروری آلفا-لینولئیک در دانه کتان، مدتی است که استفاده از این ماده خوراکی به عنوان یک منبع چربی در جیره غذایی گاوهای شیری مطرح است. اثرات سلامتی بخش این اسید چرب شامل، نقش‌های ضد سرطانی و حفظ سیستم قلبی و عروقی بوده و همچنین بر بهبود توان بینایی اثر دارد (پارودی^۷، ۱۹۹۷؛ رایت^۷ و همکاران، ۱۹۹۸؛ ماسارو و همکاران، ۱۹۹۹).

مصرف دانه کامل کتان قبل و بعد از زایش (به ترتیب ۳۳ و ۱۱۰ گرم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی) راهکار مفیدی در

4. Petit

5. Da Silva

6. Mustafa

7. Wright

1. Berner

2. Parodi

3. Massaro

دانه برای گاو قابل استفاده است (اوبا و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین به نظر می‌رسد که مقایسه اثر روش‌های مختلف فرآوری دانه کتان بر مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع شیر، کمک زیادی به استفاده اقتصادی و مؤثر از این دانه ارزشمند خواهد نمود. لذا هدف از اجرای این آزمایش بررسی تأثیر فرآوری دانه کتان بر غلظت اسیدهای چرب غیر اشباع در شیر گاوهای هلشتاین بود.

مواد و روش‌ها

انتخاب دام‌ها و گروه‌های آزمایشی

این آزمایش در واحد گاو‌داری صنعتی شرکت صحرا و دام واقع در حومه شهرستان مشهد انجام شد. به محض شروع عملیات اجرایی تعداد ۲۴ رأس گاو شیرده هلشتاین با دو تا چهار شکم زایش و با متوسط روزهای شیردهی ۱۲۰ روز (میان‌ه دوره شیردهی) و نیز تولید ۳۵ تا ۴۰ کیلوگرم در روز انتخاب گردیدند. به منظور ایجاد یکنواختی در گروه‌های آزمایشی، گاوها براساس تعداد شکم زایش گروه بندی شده و سپس به‌طور تصادفی در یکی از چهار گروه آزمایشی زیر قرار گرفتند. به طوری که در تمام گروه‌های آزمایشی از همه شکم‌های زایش وجود داشت. در طول دوره آزمایش، گروه‌های مختلف گاوهای شیری به ترتیب ۱) جیره غذایی بدون دانه کتان (شاهد)، ۲) جیره غذایی حاوی دانه کتان سالم، ۳) جیره غذایی حاوی دانه کتان آسیاب شده و ۴) جیره غذایی حاوی دانه کتان اکستروند شده را دریافت نمودند.

اشکال مختلف دانه کتان طبق جدول‌های ۱ و ۲ در جیره غذایی روزانه جایگزین پنبه دانه شد. جیره‌های غذایی مذکور براساس نیازمندی گاوها و طبق جداول استاندارد NRC (۲۰۰۱) به نحوی تنظیم شدند که از نظر غلظت انرژی و پروتئین یکسان باشند. جیره‌های غذایی به صورت مخلوط کامل (TMR) و در سه نوبت در روز در اختیار گاوها قرار داده شد. به منظور اطمینان از مصرف ماده آزمایشی، دانه کتان به صورت مخلوط با بخشی از کنسانتره در محل شیردوشی به مصرف حیوانات رسید. گاوهای گروه شاهد نیز، معادل وزنی این بخش را از کنسانتره شاهد در زمان شیردوشی دریافت کردند. مدت آزمایش ۳۰ روز بود که ۲۱

افزایش غلظت گلیکوژن و کاهش غلظت تری گلیسرید کبدی و نیز کاهش احتمال وقوع عارضه کبد چرب در گاوهای شیری می‌باشد (پتیت و همکاران، ۲۰۰۷). علاوه بر این مشخص شده که مصرف کتان در سطح ۹۰ تا ۱۰۰ گرم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک خوراک پس از تلقیح، موجب کاهش مرگ و میر جنین (پتیت و تاگیمونگو^۸، ۲۰۰۶) و بنابراین بهبود باروری عمومی گاوهای شیری می‌شود (آمبروز^۹ و همکاران، ۲۰۰۶).

مصرف کتان به‌طور کلی موجب کاهش نسبت امگا-۶ به امگا-۳ در چربی شیر و بهبود الگوی سایر اسیدهای چرب شیر می‌شود و ممکن است اثرات بهتری بر سلامتی انسان داشته باشد (پتیت، ۲۰۰۲). دانه کامل و فرآیند نشده کتان به راحتی توسط گاوهای شیری مصرف شده و مصرف حدود ۱۵۰ گرم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی آن تاثیری بر ماده خشک مصرفی در ابتدا (پتیت، ۲۰۰۲) و میان‌ه (مارتین^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۸) دوره شیردهی گاوهای شیری ندارد.

در گاوهای شیری که به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی ۱۰۰ گرم دانه کتان آسیاب شده مصرف نمودند، نسبت به گاوهایی که در همان مقدار با دانه کامل کتان تغذیه شده بودند، تولید شیر به میزان ۶/۵ درصد (۱/۲ کیلوگرم در روز) بیش‌تر بود (دسیلوا و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین خوراندن دانه کتان له شده در مقابل دانه کتان سالم و فرآیند نشده به میزان ۱۰۰ گرم در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی، موجب افزایش تولید شیر در ابتدای دوره شیردهی به میزان ۱۰ درصد شد (کینیلی^{۱۱}، ۱۹۹۶).

در آزمایش اوبا^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۹) مشخص شد که فرآیند کردن دانه کتان تأثیری بر غلظت اسیدهای چرب امگا-۳ شیر گاوها نداشته است. به نظر آنها، چون اسیدهای چرب موجود در دانه سالم کم‌تر تحت تأثیر فرآیند بیوهیدروژناسیون قرار می‌گیرند، نهایتاً میزان اسید لینولنیک جذب شده و آنچه وارد شیر شده بود برای هر دو گروه گاوها یکسان است. این موضوع نشان داد که چربی موجود در دانه کتان حتی در صورت عدم تخریب پوشش

8. Twagiramungu

9. Ambrose

10. Martin

11. Kennelly

12. Oba

روز اول به عادت پذیری گاوها اختصاص داشت. در ادامه دوره به مدت نه روز مقدار تولید شیر روزانه هر یک از گاوها ثبت گردید و همچنین نمونه شیر سه وعده آنها به منظور آزمایش آنالیز ترکیب و آنالیز الگوی اسیدهای چرب تهیه گردید.

جدول ۱. اجزا و ترکیب جیره غذایی در گروه های مختلف آزمایشی

جایگزینی پنبه دانه با دانه کتان			ماده خوراکی (درصد از ماده خشک)	
اکستروود شده	آسیاب شده	سالم	شاهد	
۲۲/۷	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۱/۹	یونجه
۱۸/۰	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۴	سیلاژ ذرت
۱۶/۲	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۵/۶	جو
۱۳/۰	۱۴/۷	۱۴/۷	۱۴/۴	ذرت
۵/۳	۵/۳	۵/۳	۶/۱	کنجاله سویا
۵/۴	۵/۳	۵/۳	۵/۲	دانه سویای پرشته
۵/۳	۵/۲	۵/۲	۵/۱	کنجاله تخم پنبه
-	-	-	۶/۴	پنبه دانه
-	-	۶/۷	-	دانه کتان سالم
-	۶/۷	-	-	دانه کتان آسیاب شده
۶/۶	-	-	-	دانه کتان اکستروود شده
۴/۴	۴/۳	۴/۳	۴/۲	تفاله گندم
۰/۵	۰	۰	۱/۴	بودر چربی خالص (۹۵٪ خلوص)
۰/۹	۰/۸	۰/۹	۰/۸	جوش شیرین
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	اکسید منیزیم
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	آهک
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	دی کلسیم فسفات
۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	مکمل ویتامینی - معدنی ^۱
				ترکیب شیمیایی:
۶۳	۶۳	۶۳	۶۳	درصد ماده خشک
۱/۶۶	۱/۶۷	۱/۶۷	۱/۶۸	انرژی خالص شیردهی ^۲
۱۶/۲	۱۶/۳	۱۶/۳	۱۶/۱	پروتئین خام
۶/۸	۶/۷	۶/۷	۶/۷	چربی خام
۳۳/۴	۳۲/۸	۳۲/۸	۳۲	الیاف نامحلول در شوینده خنثی
۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۴	کلسیم
۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	فسفر

^۱ حاوی (گرم در کیلوگرم):

۱۹۵ g Ca, ۲۰ g Mg, ۲۸۰ mg Cu, ۲ g Mn, ۳ g Zn, ۱۰۰ mg Co, ۱۰۰ mg I, ۳ g Fe, ۹۰ g P, ۵۵ g Na, ۱ mg Se, ۵۰۰۰۰ IU vitamin A, ۱۰۰۰۰ IU cholecalciferol, ۱۰۰ mg vitamin E. ^۲ مگا کالری در هر کیلوگرم ماده خشک

جدول ۲. ترکیب شیمیایی دانه‌های روغنی

ترکیب شیمیایی درصد)	پنبه دانه	دانه کامل کتان	دانه کتان اکستروود شده
ماده خشک	۹۸/۳۲	۹۶/۳۳	۹۴/۴۲
چربی خام	۲۴	۴۰/۳۶	۳۴
پروتئین خام	۲۰	۲۴/۶۷	۲۶/۷۵

جدول ۳. ترکیب اسیدهای چرب دانه‌های روغنی مورد استفاده در آزمایش

اسید چرب ^۱	پنبه دانه	دانه کامل کتان	دانه کتان اکستروود شده
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ^۲	۰/۲۶۱	۰/۰۰	۰/۰۰
اسیدهای چرب متوسط زنجیر ^۳	۲۴/۸۱	۷/۱۶	۶/۷۵
اسیدهای چرب بلند زنجیر ^۴	۷۴/۹۳	۹۲/۸۴	۹۳/۲۵
اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه	۲۱/۸۰	۲۳/۶۴	۲۱/۵۳
اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه	۵۰/۲۸	۶۴/۲۵	۶۶/۷۷
کل اسیدهای چرب غیر اشباع	۷۲/۰۸	۸۷/۸۹	۸۸/۳
کل اسیدهای چرب اشباع	۲۷/۹۲	۲۴/۲۱	۱۱/۷۰
نسبت اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه به کل اسیدهای اشباع	۱/۸۰	۲/۶۵	۵/۷۱
نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به کل اسیدهای چرب اشباع	۲/۵۸	۳/۶۳	۷/۵۵
اسیدهای چرب امگا-۳	۰/۳۶۸	۴۹/۰۴	۵۱/۳۴
اسیدهای چرب امگا-۶	۴۹/۹	۱۵/۲۲	۱۵/۴
نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳	۱۳۵/۶۲	۰/۳۱۰	۰/۳۰۰

^۱ درصد از کل چربی شیر.^۲ ۱۲ تا ۴ کرینه،^۳ ۱۴ تا ۱۶ کرینه،^۴ ۱۸ کرینه به بالا.

مدت آزمایش نمونه‌های مخلوط کامل خوراک به طور هفتگی جمع آوری، منجمد و هر چهار هفته یکبار با هم مخلوط شد و زیر نمونه‌هایی برای انجام تجزیه تقریبی تهیه شدند. به منظور حفظ نسبت علوفه به کنسانتره، هفته‌ای دو نوبت، اقدام به تعیین مقادیر محتوای ماده خشک سیلاژ ذرت و مخلوط کامل غذایی شد (ای او ای سی^{۱۳}، ۱۹۹۸). نمونه‌های خشک شده آسیاب و از توری یک میلی‌متری عبور داده شد. در آزمایشگاه براساس روش‌های

در طول مدت انجام آزمایش، گاوهای هر گروه آزمایشی در یک جایگاه دارای آخور و آبشخور مجزا نگهداری شدند. جهت حفظ بهداشت جایگاه، بستر گاوها هفته‌ای یک بار پاکسازی شد.

نمونه‌گیری از خوراک و شیر

در این آزمایش با توجه به نگهداری گروهی دام‌ها امکان اندازه‌گیری مقدار مصرف خوراک وجود نداشت. البته در طول

13. AOAC

حیوانات)، a، تعداد گروه آزمایشی؛ b، تعداد واحدهای آزمایشی (حیوانات) و k، تعداد دوره‌ها (هفته).

مقایسه میانگین‌ها نیز از طریق بررسی مقایسه میانگین حداقل مربعات که براساس آزمون توکی-کرامر تصحیح شده بود، انجام گردید.

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر تیمارها بر الگوی اسیدهای چرب شیر بر اساس طرح آماری کاملاً تصادفی، توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) در رویه GLM طبق معادله زیر انجام شد (کپس و لامبرسون، ۲۰۰۴):

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij}، هر مشاهده در آزمایش؛ μ، میانگین کل جمعیت؛ T_j، اثر گروه آزمایشی jام؛ ε_{ij}، اثر خطای آزمایش؛ a، تعداد واحدهای آزمایشی (حیوانات) و b، تعداد گروه آزمایشی.

نتایج و بحث :

تولید شیر

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، میانگین تولید شیر خام روزانه در بین گروه‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. لذا در شرایط این آزمایش، جایگزین کردن پنبه دانه با دانه کتان اثر معنی‌داری بر تولید شیر خام ایجاد نکرد. همچنین بین اشکال مختلف استفاده از دانه کتان سالم، آسیاب شده و اکستروود شده، از نظر تولید شیر خام تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مختلف آزمایشی وجود نداشت (P>۰/۰۵). اما میانگین مقدار تولید روزانه شیر تصحیح شده براساس ۳/۵ درصد چربی در گروه آزمایشی مصرف‌کننده کتان اکستروود شده به‌طور معنی‌دار از سایر گروه‌های آزمایشی کم‌تر بود (P<۰/۰۵).

استاندارد، اقدام به اندازه‌گیری ماده خشک، عصاره اتری، الیاف نامحلول در شوینده خنثی^{۱۴} و نیترژن زیر نمونه‌های تهیه شده از مخلوط‌های مذکور گردید (ای او ای سی، ۱۹۹۰؛ ای او ای سی، ۱۹۹۸؛ ون‌سوست^{۱۵} و همکاران، ۱۹۹۱). مقادیر عناصر معدنی شامل کلسیم و فسفر با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل HGA-600، 5100، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. مقدار انرژی خالص شیردهی نیز براساس نرم‌افزار انجمن تحقیقات ملی (NRC, 2001) تخمین زده شد.

گاوهای شیری روزانه در سه نوبت (ساعات ۴، ۱۲ و ۲۰) شیردوشی شدند. در هفته آخر آزمایش طی سه روز مجزا از مخلوط سه وعده دوشش نمونه‌های شیر تهیه و مقادیر چربی، پروتئین و لاکتوز آنها توسط دستگاه میکرواسکن (FOSS Electric A/s, Denmark) اندازه‌گیری شد. غلظت اسیدهای چرب شیر با دستگاه گاز کروماتوگرافی و مطابق با روش آزادمارد دامیرچی و دوو تا^{۱۶} (۲۰۰۶) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل اطلاعات :

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر تیمارها بر مقدار تولید شیر روزانه و نیز ترکیبات شیر توسط رویه مدل مخلوط شده نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۲۰۰۱) در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش اندازه‌گیری‌های مکرر و براساس مدل آماری زیر تعیین شد (لیتل^{۱۷} و همکاران، ۱۹۹۸؛ کپس و لامبرسون^{۱۸}، ۲۰۰۴):

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A(i)_j + D_k + (T \times D)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk}، هر یک از مشاهدات (متغیرهای وابسته)؛ μ، میانگین کل؛ T_i، اثر گروه آزمایشی i؛ D_k، اثر دوره (هفته)؛ (T × D)_{ik}، اثر متقابل گروه آزمایشی i و زمان نمونه‌گیری (هفته)؛ A(i)_j، خطای تصادفی (واریانس بین حیوانات در داخل گروه آزمایشی و یا کواریانس بین اندازه‌گیری‌های تکراری در داخل حیوانات)، ε_{ijk}، خطای باقیمانده (واریانس بین اندازه‌گیری‌ها در داخل

¹⁴ . Neutral Detergent Fiber (NDF)

¹⁵ . Van Soest

¹⁶ . Azadmard-Damirchi & Dutta

¹⁷ . Littell

¹⁸ . Kaps & Lamberson

جدول ۴. اثر جایگزینی پنبه دانه با دانه کتان فرآوری شده بر تولید و ترکیبات شیر (میانگین حداقل مربعات) گاوهای هلستاین در اواسط دوره شیرواری

احتمال خطا	خطای استاندارد میانگین	جایگزینی پنبه دانه با دانه کتان			شاهد	فراسنجه‌ها
		اکستروود شده	آسیاب شده	سالم		
تولید (کیلوگرم در روز) ^۱						
۰/۶۳	۲/۱۲	۳۵/۷۰	۳۸/۲۰	۳۹/۲۰	۳۹/۱۰	شیر خام
۰/۰۴	۲/۰۴	۳۳/۳۰ ^b	۳۶/۴۰ ^a	۳۶/۵۶ ^a	۳۷/۴۵ ^a	شیر تصحیح شده ^۲
۰/۴۰	۰/۰۷	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۲۳	۱/۲۸	چربی
۰/۷۷	۰/۰۷	۱/۱۶	۱/۲۲	۱/۲۶	۱/۲۴	پروتئین
۰/۷۶	۰/۰۹۸	۱/۷۳	۱/۸۱	۱/۸۸	۱/۸۴	لاکتوز
ترکیبات شیر (درصد)						
۰/۸۵	۰/۱۷	۳/۱۹	۳/۲۷	۳/۱۳	۳/۲۹	چربی شیر
۰/۳۳	۰/۰۴	۳/۲۶	۳/۱۹	۳/۲۰	۳/۱۷	پروتئین شیر
۰/۳۲	۰/۰۵	۴/۸۶	۴/۷۵	۴/۷۸	۴/۷۳	لاکتوز
۰/۰۲	۴۵/۵۱	۵۵۸/۳۳ ^a	۵۶۹/۸۳ ^a	۵۰۶/۱۷ ^a	۳۷۳/۸۳ ^b	اسید چرب امگا۳ ^۳

^۱ حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار می باشد ($P < 0.05$).

^۲ براساس ۳/۵۰ درصد چربی

^۳ میلی گرم در کیلوگرم شیر خام

افزایش داده است. ماشک و گرومر (۲۰۰۳) معتقدند که اسید لینولنیک آزاد شده از کتان، می تواند فعالیت گلوکونوژنز را افزایش داده که متعاقب آن غلظت لاکتوز شیر و حجم شیر تولیدی افزایش می یابد.

در شرایط این آزمایش گنجاندن دانه کتان سالم و یا فرآوری شده هیچکدام تأثیر معنی داری بر مقدار تولید شیر خام گاوها نداشته است اما جایگزین کردن پنبه دانه با دانه کتان اکستروود شده در جیره غذایی گاوهای تحت آزمایش موجب کاهش مقدار شیر تصحیح شده براساس درصد چربی شد. همان طور که در بالا توضیح داده شد، ممکن است که فرآیند اکستروود کردن دانه کتان بر روند تخمیر شکمبه ای، هضم فیبر و نهایتاً مقدار شیر تصحیح شده براساس درصد چربی اثر منفی داشته است (محمد و همکاران، ۱۹۸۸ و دسیلوا و همکاران، ۲۰۰۷).

این نتایج با مشاهدات پتیت و همکاران (۲۰۰۷) و پتیت (۲۰۱۵) در خصوص عدم تأثیر معنی دار استفاده از دانه کتان سالم بر مقدار تولید روزانه شیر خام نسبت به گروه شاهد مطابقت دارد. همچنین پتیت و کورتز (۲۰۱۰) گزارش کردند که استفاده از دانه کتان آسیاب شده در جیره غذایی گاوهای شیری اثری بر وزن بدن و تولید شیر خام گاوهای هلستاین نداشت ولی مقدار مصرف ماده خشک در گاوهایی که ۷۲ گرم در کیلوگرم ماده خشک مصرفی دانه کتان آسیاب شده خورده بودند، کم تر بود. مصرف کم تر ماده خشک در این گروه از گاوها ممکن است ناشی از افزایش رهاسازی روغن از دانه کتان فرآوری شده در شکمبه باشد (محمد و همکاران، ۱۹۸۸ و دسیلوا و همکاران، ۲۰۰۷).

البته برخلاف مشاهدات ما، کینیلی (۱۹۹۶) و دسیلوا و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که فرآیند دانه کتان به صورت له شده و یا آسیاب شده نسبت به دانه سالم کتان مقدار تولید شیر خام را

تربیات شیر

نتایج مطالعه حاضر حاکی از عدم وجود تفاوت معنی دار در مقدار و درصد میانگین چربی، پروتئین و لاکتوز شیر گاوها در گروه‌های مختلف آزمایشی بود (جدول ۴). اما مقایسه میانگین‌ها به صورت مستقل (کنتراست) نشان داد که در مقایسه با گروه شاهد، افزایش درصد لاکتوز شیر در گروه گاوهای تغذیه شده با دانه کتان اکستروید شده تمایلی به معنی دار شدن وجود داشت ($P < 0.1$).

مشابه نتایج مطالعه حاضر، در مطالعات پتیت و کورتز، ۲۰۱۰؛ کینیلی، ۱۹۹۶؛ پتیت و بنچار^{۱۹}، ۲۰۰۷ نیز گزارش شده که افزودن مقادیر مختلف دانه کتان (۳۶ تا ۷۲ گرم در کیلوگرم ماده خشک خوراک) به جیره غذایی گاوهای شیری، اثری بر مقدار چربی شیر گاوهای مورد آزمایش آنها نداشته است. اما برخلاف مشاهدات ما، در مطالعه پتیت و گانگن (۲۰۰۹) افزایش مصرف دانه کامل کتان از ۹۳ به ۱۴۲ گرم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی و یا در مطالعه مارتین و همکاران (۲۰۰۸) افزایش مصرف دانه کتان به سطح ۱۲۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک، غلظت چربی شیر را کاهش داده است.

در همین راستا مطالعه پتیت (۲۰۱۵)، نشان داد که افزایش مصرف دانه سالم کتان از ۵۰ به ۱۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک موجب کاهش چربی شیر شد ولی بر ماده خشک مصرفی و تولید شیر اثر معنی داری نداشته است. احتمالاً مصرف دانه کتان در سطوحی کم‌تر از ۷۰ گرم در کیلوگرم، تأثیری بر میزان چربی شیر گاوها نخواهد داشت (کینیلی، ۱۹۹۶؛ پتیت و بنچار، ۲۰۰۷؛ مارتین و همکاران، ۲۰۰۸؛ پتیت و گانگن، ۲۰۰۹؛ پتیت و کورتز، ۲۰۱۰).

مقدار اسید چرب امگا-۳ در شیر

نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از دانه کتان در هر سه شکل سالم، آسیاب شده و اکستروید موجب افزایش معنی دار مقدار اسید چرب امگا-۳ شیر در مقایسه با گروه شاهد شده است (به ترتیب مقادیر ۵۰۶/۱۷، ۵۶۹/۸۳ و ۵۵۸/۳۳ در گروه‌های دوم تا چهارم در مقابل ۳۷۳/۸۳ میلی گرم در کیلوگرم شیر خام گروه شاهد؛ جدول ۴). دسیلوا و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که

استفاده از دانه کتان در جیره غذایی گاوهای شیری موجب افزایش جذب و انتقال اسید چرب لینولینیک (امگا-۳) به شیر خواهد شد. اما آسیاب کردن دانه کتان نسبت به دانه سالم، به دلیل رهاسازی سریعتر روغن آن در شکمبه موجب خواهد شد که بخش بیش‌تری از اسیدهای چرب امگا-۳ توسط بیهیدروژناسیون شکمبه‌ای اشباع شوند. ویستی‌پورن و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که مصرف روغن یا دانه کامل کتان موجب افزایش معنی دار غلظت اسید چرب امگا-۳ شیر گاوها می‌شود.

الگوی اسیدهای چرب شیر

با وجودی که آنالیز آزمایشگاهی دانه‌های روغنی نشان داد در مقایسه با پنبه دانه، مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ۴ تا ۱۲ کربن در دانه کتان سالم و اکستروید شده بسیار کم و در حد صفر می‌باشد، اما داده‌های جدول ۵ نشان می‌دهد که غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ۴ تا ۱۲ کربن در چربی شیر گاوها در گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشته است. لذا احتمالاً اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (۴ تا ۱۲ کربن) مستقل از ترکیب جیره غذایی و براساس ساختار ژنتیکی دام، در پستان حیوان ساخته و در شیر ترشح می‌شوند (موآتس، ۲۰۱۵).

مشاهدات (جدول ۵) نشان داد که فرآوری دانه کتان موجب افزایش معنی دار درصد کل اسیدهای چرب غیر اشباع (۴۱ درصد در مقابل ۳۷/۵ درصد) و کاهش معنی دار معنی دار درصد کل اسیدهای چرب اشباع شیر گاوها (۵۸/۵ درصد در مقابل ۶۲ درصد) شده است. همچنین غلظت اسیدهای چرب متوسط زنجیر ۱۴ تا ۱۶ کربن که به عنوان خطرناک‌ترین گروه اسیدهای چرب برای سلامتی انسان شناخته می‌شوند (موآتس، ۲۰۱۵) در شیر گاوهای گروه شاهد به‌طور معنی دار ($P < 0.05$) بیش‌تر از مقادیر آن در شیر گاوهای مصرف‌کننده کتان آسیاب شده و اکستروید شده بود (به ترتیب ۴۸/۴۹ در مقابل ۴۱/۷۳ و ۴۵/۰۲ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر). اما استفاده از دانه کتان سالم نتوانست مانند کتان آسیاب یا اکستروید شده، میزان اسیدهای چرب متوسط زنجیر را به‌طور معنی دار کاهش دهد.

19. Benchaar

آزمایش ما بیشترین مقدار اسیدهای چرب با یک پیوند دو گانه در شیر گاوهای مصرفکننده دانه کتان اکستروود شده، مشاهده شد (۳۲/۶۶ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر). این مقدار نسبت به میزان آن در شیر گاوها مصرفکننده دانه کتان آسیاب شده تنها از نظر عددی بیشتر بود ولی نسبت به مقدار آن در گروه شاهد و گروه مصرفکننده کتان سالم بهطور معنی دار بیشتر بود (به ترتیب ۳۲/۶۶ در مقابل ۲۹/۹۳ و ۳۰/۰۸ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر). این موضوع ممکن است ناشی از تفاوت اثر نوع فرآوری بر میزان رها سازی روغن کتان در شکمبه و متاثر سازی روند بیهیدروژناسیون در این ناحیه، رخ داده باشد. در همین زمینه، برخلاف نظرات بومن و گریناری (۲۰۰۳) اوبا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که پوشش دانه‌های روغنی می‌تواند تا حدودی اسیدهای چرب غیر اشباع دانه را از فرآیند بیهیدروژناسیون محفوظ نگه دارد.

در شیر گاوهای گروه شاهد، کمترین مقدار اسیدهای چرب با چند پیوند دو گانه مشاهده شد که بهطور معنی دار کمتر از مقدار آن در سایر گروه‌ها بود (به ترتیب ۷/۳۳ گرم در مقابل ۸/۲۸، ۹/۰۵ و ۸/۹۳ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر).

گنجاندن دانه کتان به هر سه شکل سالم، آسیاب شده و یا اکستروود شده موجب افزایش معنی دار مقدار اسیدهای چرب امگا-۳ (دارای سه پیوند مضاعف) نسبت به گروه شاهد شد (به ترتیب ۱/۶۲، ۱/۷۶ و ۱/۷۲ در مقابل ۱/۱۴ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر). در مقابل میزان غلظت اسیدهای چرب امگا-۶ و نیز نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ در شیر گروه‌های گاو شیرده تحت گروه آزمایشی با اشکال مختلف دانه کتان نسبت به گروه شاهد بهطور معنی دار ($P < 0.05$) کمتر بود (به ترتیب مقادیر ۳/۸۶، ۳/۸۳ و ۳/۶۵ گرم در مقابل ۴/۴۲ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر و نسبت‌های ۲/۴۱، ۲/۲۰ و ۲/۱۸ در مقابل ۳/۹۰).

در تأیید نتایج این آزمایش، مشخص شده مصرف دانه کتان بهطور کلی موجب ایجاد کمترین نسبت امگا-۶ به امگا-۳ در چربی شیر شده است (پتیت، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵، کورتز^{۲۱} و همکاران، ۲۰۱۰)، لذا این تغییرات مناسب در الگوی اسیدهای چرب شیر

البته مشاهدات پتیت و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد که مصرف دانه کامل کتان هم می‌تواند موجب کاهش نسبت اسید چرب ۱۶ کربنه (پالمیتیک) کبدی شود. در تأیید نتایج این آزمایش، معلم^{۲۰} و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که تزریق داخل شیردانی مقادیر ۱۱۰ و ۲۲۰ میلی لیتر در روز روغن دانه کتان قادر است میزان اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک را کاهش و در مقابل مقدار اسید چرب غیر اشباع آلفا-لینولنیک را بهطور معنی دار در چربی شیر گاوها افزایش دهد.

همچنین در تأیید نتایج مطالعه حاضر، پتیت و کورت (۲۰۱۰) گزارش کردند که گاوهایی که جیره شاهد مصرف کرده بودند در مقایسه با گاوهای مصرفکننده دانه کتان سالم نسبت بیشتری از اسید پالمیتیک و اسید پالمیتوئیک و میزان کمتری از اسید استئاریک و اسید اولئیک در چربی شیر خود داشتند.

میزان اسیدهای چرب بلند زنجیر بالای ۱۸ کربن در شیر گاوهای گروه شاهد بهطور معنی دار کمتر از مقدار آن در شیر گاوهای مصرفکننده کتان آسیاب شده و اکستروود شده بود (به ترتیب ۴۵/۳۴ گرم در مقابل ۵۲/۱۸ و ۴۲/۲۲ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر). این تفاوت در بین گروه شاهد و گروه مصرفکننده کتان سالم معنی دار نبود. بین دو شکل سالم و اکستروود نیز تفاوتی مشاهده نشد. اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که آسیاب کردن دانه کتان ممکن است موجب افزایش درصد اسیدهای چرب بلند زنجیر (بالای ۱۸ کربنه) موجود در شیر گاوهای آزمایشی شود ($P < 0.05$).

تئوری بیهیدروژناسیون که اولین بار توسط بومن و گریناری (۲۰۰۳) ارایه شد، نشان داد که برخی شرایط تغذیه‌ای می‌تواند فرآیند بیهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیر اشباع را تغییر داده و در نتیجه میزان آنها را در شیر افزایش دهد. بنابر این روش‌های فرآوری (دانه اکستروود شده، دانه فرآوری شده با فرمالدئید یا تانن و نیز روغنی که کلسیمی شده) که بتواند میزان بیهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه توسط میکروب‌های شکمبه را کاهش دهد، می‌تواند درصد این اسیدهای چرب را در شیر افزایش دهد (دسیلوا و همکاران، ۲۰۰۷). البته در

²⁰ . Moallem

²¹ . Côrtes

می تواند اثرات بهتری در سلامتی انسان داشته باشد.

برخلاف نتایج ما دسیلوا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که فرآیند کردن دانه کتان ممکن است به دلیل افزایش نسبت اسید لینولئیک مزدوج و اسید چرب امگا-۳ و نیز کاهش نسبت اسیدهای چرب متوسط زنجیر اشباع در شیر موجب بهبود الگوی اسیدهای چرب شیر نسبت به دانه کتان سالم گردد. همچنین پتیت و کورت (۲۰۱۰) گزارش کردند که تفاوت اصلی در الگوی اسیدهای چرب شیر که در هفته هشتم شیردهی تعیین شده بود ناشی از بیش تر بودن نسبت اسید چرب لینولئیک و مقدار چربی شیر گاوهای مصرف کننده دانه کتان آسیاب شده نسبت به دانه کتان سالم بود.

اوبا و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش کردند که میزان دفع اسید چرب آلفا- لینولئیک از طریق مدفوع در گاوهای شیری برای گروه

گاوهای مصرف کننده دانه کتان سالم بیش تر از دانه کتان له شده بود (۲۵۹ در مقابل ۱۲۹ گرم در روز). ولی در تایید نتایج ما، نشان دادند که فرآیند کردن دانه کتان نسبت به دانه سالم اثری بر میزان اسید چرب آلفا- لینولئیک شیر گاوها نداشته است (به ترتیب ۸/۳ در مقابل ۸/۶ گرم در کیلوگرم). اوبا و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند که له کردن دانه کتان ضرورتاً موجب افزایش جذب اسید چرب آلفا- لینولئیک نخواهد شد و این شاید بخاطر اثر آن بر افزایش بیوهیدروژناسیون شکمبه ای است. به هر حال مطالعات اوبا و همکاران (۲۰۰۹) و نتایج بدست آمده در این مطالعه، نشان داده با توجه به میزان اسیدهای چرب غیر اشباع و خصوصاً اسیدهای چرب امگا ۳ موجود در شیر می توان احتمال داد که فرآیند نکردن دانه کتان مانع جذب چربی دانه کتان در دستگاه گوارش نشده است.

جدول ۵. اثر روش های فرآوری دانه کتان بر پروفیل اسیدهای چرب موجود در شیر (میانگین حداقل مربعات) گاوهای تحت گروه آزمایشی

احتمال خطا	خطای استاندارد	جایگزینی پنبه دانه با دانه کتان				اسید چرب ^۱
		اکستروود شده	آسیاب شده	سالم	شاهد	
۰/۸۲۵۰	۰/۳۸۶	۵/۷۶	۶/۰۹۱	۵/۷۶	۶/۱۶	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ^۲
۰/۰۲۶۶	۱/۵۵۰	۴۵/۰۲ ^b	۴۱/۷۳ ^c	۴۷/۱۵ ^{ab}	۴۸/۴۹ ^a	اسیدهای چرب متوسط زنجیر ^۳
۰/۰۴۸۹	۱/۶۰۸	۴۹/۲۲ ^{ab}	۵۲/۱۸ ^a	۴۷/۰۹ ^{bc}	۴۵/۳۴ ^c	اسیدهای چرب بلند زنجیر ^۴
۰/۰۴۹۹	۰/۹۷۰	۳۲/۶۶ ^a	۳۱/۷۳ ^{ab}	۳۰/۰۸ ^b	۲۹/۹۳ ^b	اسیدهای چرب با یک پیوند دو گانه
۰/۰۰۰۳	۰/۳۰۲	۸/۹۳ ^a	۹/۰۵ ^a	۸/۲۸ ^b	۷/۳۳ ^c	اسیدهای چرب با چند پیوند دو گانه
۰/۰۳۹۹	۱/۱۵۳	۴۱/۶۰ ^a	۴۰/۷۸ ^a	۳۸/۰۵ ^b	۳۷/۲۶ ^b	کل اسیدهای چرب غیر اشباع
۰/۰۳۷۵	۱/۱۵۳	۵۸/۴۱ ^b	۵۹/۲۲ ^b	۶۱/۶۵ ^a	۶۲/۷۵ ^a	کل اسیدهای چرب اشباع
۰/۰۰۰۱	۰/۰۸۳	۱/۷۲ ^a	۱/۷۶ ^a	۱/۶۲ ^a	۱/۱۴ ^b	اسیدهای چرب امگا-۳
۰/۰۰۰۱	۰/۱۱۸	۳/۶۵ ^b	۳/۸۳ ^b	۳/۸۶ ^b	۴/۴۲ ^a	اسیدهای چرب امگا-۶
۰/۰۰۰۱	۰/۱۲۹	۲/۱۸ ^b	۲/۲۰ ^b	۲/۴۱ ^b	۳/۹۰ ^a	نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳

^۱ گرم در ۱۰۰ گرم چربی شیر،

^۲ ۱۲ تا ۱۴ کربنه،

^۳ ۱۴ تا ۱۶ کربنه،

^۴ ۱۸ کربنه به بالا.

حروف غیر مشابه در هر سطر نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد است.

- Bauman, D.E. and Griinari, J.M. (2003). Nutritional Regulation of Milk Fat Synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23, 203-227.
- Da Silva, D.C. Santos, G. T. D. Pintro, P. T. M. Visentainer, J. V. Kazama, R. Petit, H. V. and de Marchi, F. E. (2010). Effect of storage on fatty acid profile of butter from cows fed whole or ground flaxseed with or without monensin. *R. Bras. Zootec.*, V.39, N.10, P. 2297-2303.
- Da Silva, D.C. Santos, G.T.D. Branco, A.F. Damasceno, J.C. Kazama, R. Matsushita, M. Horst, J.A. Dos Santos, W.B.R. and Petit, H.V. (2007). Milk production and composition, intake, digestion, blood composition, and fatty acid profile of milk of dairy cows fed whole or ground flaxseed with or without monensin. *J. Dairy Sci.* 90, 2928–2936.
- Kaps, M. and Lamberson, W. R. (2004). *Biostatistics for Animal Science*. 1 ed. CABI Publishing.
- Kennelly, J.J. (1996). The fatty acid composition of milk as influenced by feeding oilseeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60, 137–152.
- Littell, R. C. Henry, P. R. and Ammerman, C. B. (1998). *Statistical Analysis of Repeated Measures Data Using SAS Procedures*. *J Anim Sci* 76:1216–1231.
- Martin, C. Rouel, J. Jouany, J.P. Doreau, M. and Chilliard, Y. (2008). Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *J. Anim. Sci.* 86, 2642–2650.
- Mashek D.G. and Grummer, R. R. (2003). Effects of long chain fatty acids on lipid and glucose metabolism in monolayer cultures of bovine hepatocytes. *J Dairy Sci.* 86(7): 2390-2396.
- Massaro, M., Carluccio, M.A. and de Caterina, R. (1999). Direct vascular antiatherogenic effects of oleic acid: A clue to the cardioprotective effects of the Mediterranean diet. *Cardiologia* 44: 507-513.
- گزارش شده که احتمالاً کم‌تر بودن مصرف ماده خشک با خوراک حاوی سطوح بالای دانه کتان آسیاب شده ناشی از ایجاد اختلال در فعالیت شکمبه‌ای می‌باشد. این امکان وجود دارد که آسیاب کردن دانه کتان پیش از مصرف آن توسط گاوها، موجب رهاسازی مقادیر زیادی روغن در شکمبه شده که ممکن است همانند اسیدهای چرب از طریق مهار تحرک فعالیت شکمبه‌ای – نگاری، اثرات مستقیم مهاری بر مصرف خوراک داشته باشد (پتیت و کورتز، ۲۰۱۰).
- به طور کلی، بر اساس نتایج آزمایش حاضر، ممکن است با مصرف دانه کتان حتی بدون فرآوری آن بر میزان برخی از اسیدهای چرب امگا-۳ موجود در شیر گاوهای هلشتاین افزوده شود. از طرفی اگر هزینه فرآوری و احتمال اکسید شدگی ناشی از تماس اکسیژن با روغن آزاد شده را نیز لحاظ کنیم، احتمالاً استفاده از دانه سالم اقتصادی‌تر خواهد بود.

منابع

- Ambrose, D. Kastelic, J.P. Corbett, R. Pitney, P.A. Petit, H.V. Small, J.A. and Zalkovic, P. (2006). Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in alpha-linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 89, 3066–3074.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. AOAC, Arlington, VA, USA.
- AOAC. (1998). *Official Methods of Analysis*. 16th ed. AOAC, Arlington, VA, USA.
- Azadmard-Damirchi, S and Dutta, P.C. (2006). Novel solidphase extraction method to separate 4-desmethyl-, 4-monomethyl-, and 4, 4-dimethylsterols in vegetable oils. *J. Chrom. A.* 1108, 183-87.
- Côrtes, C. da Silva-Kazama, D. C. Kazama, R. Gagnon, N. Benchaar, C. Santos, G. T. D. Zeoula, L. M. and Petit, H. V. (2010). Milk composition, milk fatty acid profile, digestion, and ruminal fermentation in dairy cows fed whole flaxseed and calcium salts of flaxseed oil. *J. Dairy Sci.* 93 :3146–3157.
- Berner, L. A. (1993). Defining the role of milk fat in balanced diets. *Adv. Food Nutr. Res.* 37: 131-257.

- Moallem, U. Vyas, D. Teter, B.B. Delmonte, P. Zachut, M. and Erdmant, R.A. (2012). Transfer rate of α -linolenic acid from abomasally infused flaxseed oil into milk fat and the effects on milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95: 5276-5284.
- Moats, J. (2015). Effects of extruded flaxseed and condensed tannins on rumen fermentation, omasal flow of nutrients, milk composition and milk fatty acid profile in dairy cattle. A Thesis Submitted to the College of Animal and Poultry Science, In the Department of Animal and Poultry Science University of Saskatchewan Saskatoon. 127-P.
- Mohamed, O. E. Satter, L. D. Grummer, R. R. and Ehle, F. R. (1988). Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 71:2677-2688.
- Mustafa, A.F. McKinnon, J.J. Christensen, D.A. and He, T. (2002). Effects of micronization of flaxseed on nutrient disappearance in the gastrointestinal tract of steers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 95, 123-132.
- Oba, M. Thangavelu, G. Dehghan-banadaky, M. and Ambrose, D.J. (2009). Unprocessed whole flaxseed is as effective as dry-rolled flaxseed at increasing α -linolenic acid concentration in milk of dairy cows. *Livestock Sci.* 122, 73-76.
- Parodi, P. W. (1997). Cow's milk fat components as potential anti-carcinogenic agents. *J. Nutrition.* 127: 1055-1060.
- Petit, H.V. (2002). Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *J. Dairy Sci.* 85, 1482-1490.
- Petit, H.V. (2010). Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed. *Revue: Ingestion, production de lait et composition du lait de la vache laitière recevant du lin* 90, 115-127.
- Petit, H.V. (2015). Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed different proportions of whole flaxseed in the first half of lactation. *Anim. Feed Sci. Techno.* 205, 23-30.
- Petit, H. V. and Benchaar, C. (2007). Milk production, milk composition, blood composition, and conception rate of transition dairy cows fed different fat sources. *Can. J. Anim. Sci.* 87: 591-600.
- Petit, H.V. and Côrtes, C. (2010). Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed in the first half of lactation. *Anim. Feed Sci. Techno.* 158, 36-43.
- Petit, H.V. and Gagnon, N. (2009). Milk concentration of the mammalian lignans enterolactone and enterodiol, milk production, and digestibility of dairy cows fed diets containing different concentrations of whole flaxseed. *Animal* 10, 1428-1435.
- Petit, H.V. Palin, M.F. and Doepel, L. (2007). Hepatic lipid metabolism in transition dairy cows fed flaxseed. *J. Dairy Sci.* 90, 4780-4792.
- Petit, H.V. and Twagiramungu, H. (2006). Conception rate and reproductive function of dairy cows fed different fat sources. *Theriogenology* 66, 1316-1324.
- Van Soest, P. J. Robertson, J. B. and Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J Dairy Sci* 74(10):3583-3597.
- Wisitiporn S. Thanh, L. P. Meeprom, C. and Mirattanaphrai, R. (2014). Effects of linseed oil or whole linseed supplementation on performance and milk fatty acid composition of lactating dairy cows. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* Vol. 27, 7: 951-959.
- Wright, T. McBride, B. and Holub, B. (1998). Docosahexaenoic acid-enriched milk. *World Review of Nutrition and Dietetics.* 83: 160-165.