

اثرات روش‌های مختلف فرآوری دانه کتان بر عملکرد، الگوی اسیدهای چرب شیر و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در گاوهای شیرده

سامان لشکری^۱، عثمان عزیزی^{۲*} و حسین جهانی عزیزآبادی^۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۸

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

^۲ به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

*مسئول مکاتبه Email: O.Azizi@uok.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: بهبود الگوی اسیدهای چرب شیر در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. **هدف:** جهت بررسی تاثیر روش‌های مختلف فرآوری دانه کتان بر تولید و ترکیب شیر و الگوی اسیدهای چرب شیر، دوازده راس گاو شیرده هلشتاین با چهار جیره‌ی آزمایشی شامل (۱) جیره بدون دانه کتان (شاهد)، (۲) دانه کتان فرآوری نشده، (۳) دانه کتان تفت شده و غلطک شده و (۴) دانه کتان اکستروود شده تغذیه شدند. روش کار: دانه کتان در دمای ۱۴۰ الی ۱۴۵ درجه سانتیگراد اکستروود و تفت داده شد. سپس دانه‌های تفت شده غلطک زده شدند. **نتایج:** جیره‌های آزمایشی تاثیر معنی داری بر میزان تولید شیر و ماده خشک مصرفی نداشتند. درصد چربی شیر در گاوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه کتان اکستروود شده کاهش یافت ($P < 0/05$). غلظت اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) و اسید لینولئیک شیر در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان بالاتر از گاوهای تغذیه شده با جیره شاهد بود ($P < 0/05$). بیشترین غلظت اسید لینولئیک شیر در گاوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه کتان فرآوری نشده و دانه تفت شده و غلطک شده مشاهده شد ($P < 0/05$). قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گاوهای تغذیه شده با جیره شاهد بیشترین بود ($P < 0/05$). **نتیجه گیری نهایی:** نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که دانه کتان تفت و غلطک شده می‌تواند به عنوان روشی کاربردی جهت بهبود الگوی اسیدهای چرب شیر، افزایش اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) و اسید لینولئیک، بدون هیچگونه تاثیر منفی بر عملکرد گاوهای شیری مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: دانه کتان، روش‌های فرآوری، عملکرد و الگوی اسیدهای چرب شیر

مقدمه

انسان نشان داده شده است. از موارد بسیار مهمی که امروزه باعث نگرانی افکار عمومی در ارتباط با مصرف شیر و مواد لبنی شده است، مقادیر قابل توجه اسیدهای چرب اشباع در این محصولات می‌باشد (درینوفسکی ۲۰۱۱). اسیدهای چرب اشباع می‌توانند احتمال بروز بیماری‌های قلبی عروقی را با ایجاد صفحه‌هایی از

شیر و لبنیات یک منبع غذایی مناسب برای تأمین مواد مغذی شامل پروتئین با کیفیت، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد و تحقیقات فراوانی برای تغییر و بهبود ترکیب پروتئین و چربی شیر صورت گرفته است. در مطالعات مختلف اهمیت ترکیبات موجود در شیر بر سلامتی

جنس چربی در دیواره رگ‌ها افزایش دهند. بسیاری از متخصصین تغذیه بر این باورند که بایستی اسیدهای چرب غیر اشباع جانشین اسیدهای چرب اشباع در شیر گردد (ویلیت ۱۹۹۹).

یکی از اصلی‌ترین فاکتورهایی که میزان اسیدهای چرب غیر اشباع شیر نشخوارکنندگان را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد، تغذیه می‌باشد. چنانچه محققین عنوان کرده‌اند استفاده از دانه‌های روغنی (از جمله کانولا، گلرنگ، سویا، تخم پنبه و سایر دانه‌های روغنی) در جیره غذایی گاوهای شیرده سبب افزایش میزان امگا-۳ و اسید لینولئیک مزدوج شیر خواهد شد (گلاسر و همکاران ۲۰۰۸). دانه کتان یکی از منابع اصلی و با ارزش اسیدهای چرب امگا-۳ (بطور عمده آلفا اسید لینولئیک) می‌باشد (رایت و همکاران ۱۹۹۸). با توجه به اینکه مصرف دانه‌های روغنی از قبیل دانه کتان در تغذیه انسانی عمومیت ندارند و شیر به عنوان یک خوراک مصرفی به سهولت و فراوانی در تغذیه انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نتیجه می‌توان از دانه‌های روغنی از جمله دانه کتان در تغذیه گاوهای شیرده، به منظور افزایش ترکیبات بهبود دهنده سلامت انسانی استفاده نمود.

افزودن دانه کتان به جیره گاوهای شیرده می‌تواند افزایش میزان اسیدهای چرب امگا-۳، افزایش نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ و همچنین افزایش سطح اسید لینولئیک مزدوج را در پی داشته باشد. از نکات قابل تامل در استفاده از دانه‌های روغنی از جمله دانه کتان به عنوان یک منبع سرشار از اسیدهای چرب امگا-۳، این است که مقادیر قابل توجهی از اسید لینولئیک در دانه کتان بوسیله میکروارگانسیم‌های شکمبه دچار بیوهیدروژناسیون شده و در نتیجه این اسید چرب کمتر از ۱٪ کل اسیدهای چرب شیر را تشکیل می‌دهد، در صورتیکه دانه کتان از طریق کانولای روده‌ای در روده قرار داده شود، این میزان به

۱۴٪ کل اسیدهای چرب افزایش می‌یابد (پتیت و همکاران ۲۰۰۲). از دیگر اثرات مخرب بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب در شکمبه، افزایش اسیدهای چرب ناشی از بیوهیدروژناسیون ناقص در شکمبه می‌باشد که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به افزایش اسیدهای چرب ترانس غیر مزدوج اشاره کرد که می‌تواند یکی از عوامل موثر در کاهش چربی شیر (هاوکنیز و همکاران ۲۰۱۳) و افزایش دهنده عارضه‌های قلبی-عروقی در مصرف کنندگان (طلایی و همکاران ۲۰۱۳) باشد. بنابراین جهت دستیابی به پتانسیل واقعی دانه کتان جهت غنی سازی شیر با اسیدهای چرب امگا-۳، محافظت این اسیدهای چرب از بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای امری ضروری می‌باشد (کورتس و همکاران ۲۰۱۰). همچنین از موارد بسیار مهم در تغذیه دانه‌های روغنی، تأثیرات منفی اسیدهای چرب غیر اشباع بر تخمیر شکمبه‌ای می‌باشد. با افزایش سطح اسیدهای چرب غیر اشباع در شکمبه اختلال در تخمیر، توقف رشد گروه‌های مختلف میکروارگانسیم‌ها و در نهایت کاهش هضم در شکمبه حادث می‌شود (جنکینز ۱۹۹۳). یکی از مهمترین عوامل موثر بر میزان تأثیرات منفی اسیدهای چرب غیر اشباع، نرخ آزادسازی اسیدهای چرب غیر اشباع از منابع اسیدهای چرب مورد استفاده می‌باشند. بر همین اساس پژوهشگران مختلف سعی بر این دارند که با فرآوری دانه‌های روغنی نرخ و میزان بیوهیدروژناسیون و همچنین نرخ آزاد سازی اسیدهای چرب را به گونه‌ای تغییر دهند که این اثرات مضر حداقل و یا در صورت امکان مرتفع گردد. تغییر ساختار دانه‌های روغنی بواسطه اعمال حرارت، می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای مهم جهت کاهش آزاد سازی اسیدهای چرب غیر اشباع در شکمبه مورد استفاده قرار گیرد (استرک و همکاران ۲۰۱۱). در همین راستا روش‌های مختلف فرآوری از جمله تفت دادن^۲

² Roasting¹ Linolenic acid

ثبت گردید. قبل از شروع آزمایش ۲۰ روز جهت عادت‌دهی گاوهای شیره به جایگاه‌های انفرادی و جیره‌های آزمایشی در نظر گرفته شد.

جیره‌های آزمایشی و مواد خوراکی مورد استفاده

در راستای اهداف پژوهش ۴ جیره آزمایشی تهیه و آماده شد (جدول شماره ۱):

۱- جیره شاهد (بدون دانه کتان)

۲- جیره حاوی ۵/۵ درصد دانه کتان فرآوری نشده

۳- جیره حاوی ۵/۵ درصد دانه کتان تفت و غلطک شده

۴- جیره حاوی ۵/۵ درصد دانه کتان اکستروود شده

جیره‌های آزمایشی براساس توصیه‌های انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۲۰۰۱) فرموله شدند. اقلام خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ گزارش شده‌است.

نمونه برداری و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر در طول دوره آزمایش

در پایان هر دوره آزمایش، ۷ روز پایانی دوره به ثبت رکوردها و نمونه‌برداری اختصاص یافت. در طول ۷ روز پایانی، تولید شیر در هر نوبت شیردوشی (سه بار دوشش در روز) ثبت شد و در طول سه روز آخر هر دوره نیز علاوه بر رکورد برداری، نمونه‌گیری از شیر در هر نوبت شیردوشی انجام گرفت. نمونه‌های شیر با هم مخلوط شده و در نهایت از شیر تولیدی دو ظرف جداگانه به ترتیب جهت تعیین پروفیل اسیدهای چرب و تعیین ترکیبات شیر نمونه برداری شد و بلافاصله در ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد. مقادیر چربی، لاکتوز و پروتئین شیر با دستگاه میلکو اسکن (Funke Gerber) تعیین گردید.

میکرونیزه کردن^۱، فلیک کردن^۲ یا اکستروود کردن^۳ مورد استفاده قرار می‌گیرند (گلاسر و همکاران ۲۰۰۸). بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی اثر روش‌های مختلف فرآوری دانه کتان بر تولید شیر، ترکیب شیر و الگوی اسیدهای چرب شیر گاوهای شیره بود.

مواد و روش‌ها

فرآوری دانه کتان

در آزمایش حاضر روش‌های فرآوری شامل تفت دادن و سپس غلتک زدن، اکستروود کردن مورد استفاده قرار گرفت. در روش تفت دادن، دانه از تونل‌های گردان عبور و بوسیله هوای گرم حرارت داده شد بطوریکه دمای محصول خروجی حدود ۱۵۰-۱۴۵ درجه سانتی‌گراد رسید. محصول خروجی مراحل سرد شدن را طی کرد و دانه‌های تفت شده غلطک زده شدند به صورتی که دیواره دانه شکسته شد اما روغن آن به بیرون تراوش نکرد. همچنین جهت اکستروود کردن دانه کتان، از روش اکستروود خشک در دمای ۱۵۰-۱۴۵ درجه اکستروود شد.

مشخصات گاوهای مورد آزمایش و مدیریت آن‌ها

تعداد ۱۲ راس گاو هلشتاین شیرده چند شکم زایش (۳ تکرار برای هر جیره آزمایشی) با میانگین تولید $2/2 \pm$ در قالب طرح تکرار در زمان با ۲ دوره ۲۱ روزه اجرا شد که ۷ روز نهایی هر دوره برای جمع‌آوری داده‌ها اختصاص داده شد. جیره‌های آزمایشی روزانه سه مرتبه بصورت جیره کاملاً مخلوط^۴ و در حد اشتها به دام‌ها عرضه شدند. خوراک مصرفی روزانه به طور دقیق وزن و ثبت گردید و در روز بعد قبل از خوراک دهی، باقی مانده خوراک قبلی جمع‌آوری و به دقت وزن گردید. گاوها در سه نوبت، در ساعات ۵، ۱۳ و ۲۱ شیردوشی شدند و میزان شیر تولیدی آن‌ها روزانه

¹ Micronizing

² Flaking

³ Extruding

⁴ Total mixed ration

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی

Table 1- Ingredients and chemical composition of the experimental diets

مواد خوراکی (% ماده خشک) Feed ingredients (% of dry matter)	جیره های آزمایشی* Experimental diets*	
	شاهد (بدون دانه کتان) Control (without flaxseed)	حاوی دانه کتان Containing flaxseed
یونجه /Alfalfa hay	19.85	19.85
سیلاژ ذرت /Corn silage	25.00	25.00
جو /Barley grain	15.99	15.99
ذرت /Corn grain	15.17	15.17
سبوس گندم /Wheat bran	2.23	0.82
کنجاله سویا /Soy bean meal	9.10	6.89
کنجاله کلزا /Canola meal	2.76	2.76
کنجاله تخم پنبه /Cotton seed meal	3.31	3.31
دانه کتان /Flaxseed	-	5.52
پودر ماهی /Fish meal	2.76	2.76
آهک /CaCO ₃	0.28	0.28
مکمل ویتامینی - معدنی /Vit- Min premix	0.44	0.44
توکسین بایندر /Toxin Binder	0.08	0.08
جوش شیرین /NaHCO ₃	0.69	0.69
نمک /NaCl	0.41	0.41
پودر چربی کلسیمی /Calcium-salt fat powder	1.93	-
Chemical composition of the experimental diets		
انرژی خالص شیردهی (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) Net energy for lactation (Mcal kg ⁻¹ DM)	1.59	1.60
پروتئین خام جیره (درصد ماده خشک) Crude protein (% DM)	18	18
پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (گرم در روز) Rumen degradable protein (g day ⁻¹)	3140	3179
پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (گرم در روز) Rumen undegradable protein (g day ⁻¹)	1258	1230
عصاره اتری (درصد ماده خشک) Ether extract (% DM)	6.2	5.8
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک) Neutral detergent fiber (% DM)	30.2	32.3
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک) Acid detergent fiber (% DM)	18.8	20.2
اسیدهای چرب (گرم در ۱۰۰ اسید چرب) Fatty acids (g 100 ⁻¹ g fatty acid)		
پالمیتیک اسید /Palmetic acid	17.8	14
استئاریک اسید /Stearic acid	3.8	3.2

Oleic acid / اولئیک اسید	20.2	17
Linoleic acid / لینولئیک اسید	40.5	35.5
Linolenic acid / لینولنیک اسید	10.2	18.2

* دانه کتان فرآوری نشده، تفت و غلطک شده و اکستروود شده در جیره‌های آزمایشی استفاده شد.

* Unheated, rolled roasted and extruded flaxseed used in the experimental diets.

δ_{ij} = واریانس بین حیوان در داخل هر تیمار

ε_{ijk} = واریانس بین اندازه‌گیری‌ها درون حیوانات

نتایج و بحث

مصرف ماده خشک، تولید و ترکیب شیر

اثرات روش‌های مختلف فرآوری دانه کتان بر میزان مصرف ماده خشک، تولید شیر و ترکیب شیر گاوهای شیرده در جدول ۲ نشان داده شده است. استفاده از دانه کتان در تحقیق حاضر اثر منفی بر مصرف خوراک نداشت و تفاوت معنی‌داری بین جیره‌های آزمایشی بدون دانه کتان و جیره حاوی دانه کتان مشاهده نشد که این موضوع نشان می‌دهد که میزان اسیدهای چرب و الگوی اسید چرب دانه کتان مورد استفاده در این مطالعه دارای حداقل تأثیر بر مکانیسم تنظیم کوتاه مدت مصرف خوراک بود. پاسخ ماده خشک مصرفی در گاوهای شیرده به مقدار اسیدهای چرب جیره پایه و منبع اسید چرب افزوده شده بستگی دارد (آلن و همکاران ۲۰۰۰). گاگلی استرو و چیلارد (۱۹۹۱) گزارش کردند با افزودن چربی به جیره گاوهای شیرده میزان مصرف ماده خشک کاهش می‌یابد. پیش از این پالمکویست و جنکیز (۱۹۸۰) گزارش کردند که ممکن است که چربی‌ها، بویژه در فرم غیر اشباع با اختلال در تخمیر شکمبه‌ای، در کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای الیاف و پرشدگی شکمبه سهیم بوده و در نهایت کاهش سرعت عبور مواد خوراکی و کاهش مصرف خوراک را در پی داشته باشد. نوو و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که افزودن ۱۰ درصد دانه کتان اکستروود شده به جیره‌های آزمایشی، تأثیری معنی‌داری بر مصرف ماده خشک نسبت به تیمار بدون دانه کتان نداشت. اوبا و

نمونه‌برداری از جیره کاملاً مخلوط، باقیمانده خوراک و همچنین مدفوع در ۵ روز آخر هر دوره صورت گرفت. نمونه‌های مدفوع چهار ساعت پس از خوراک دهی از طریق رکتوم گرفته شد. نمونه‌ها تا زمان انجام آنالیز در فریزر در دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. جهت تعیین ترکیبات شیمیایی نمونه‌های خوراک و مدفوع، ابتدا نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در داخل آون خشک و پس از آسیاب کردن با الک با قطر منافذ ۱ میلی‌متر، طبق روش‌های پیشنهادی AOAC (۲۰۰۵) تعیین شدند. دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز، طبق روش (ون سوست و همکاران ۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری

جهت تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی جیره‌ها از روش اندازه‌گیری خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر داخلی استفاده شد. خاکستر نامحلول در اسید در خوراک و مدفوع با استفاده از خاکستر بدست آمده از خوراک یا مدفوع و جوشاندن در اسید کلریدریک ۲ نرمال تعیین شد (ون کویلن و یانگ ۱۹۹۷). آنالیز آماری داده‌های جمع‌آوری شده در قالب داده‌های تکرار شونده در زمان تجزیه و تحلیل گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و با رویه MIXED انجام گرفت. مدل آمای مورد استفاده به شرح ذیل بود:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{ij} + t_k + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} = هر یک از مشاهدات

μ = میانگین جامعه

τ_i = تیمار آزمایشی

t_k = اثر k امین دوره

همکاران (۲۰۰۹) با مقایسه دانه کتان فرآوری نشده با آزمایشی گزارش نکردند. دانه کتان غلطک شده، اختلاف معنی داری بین جیره‌های

جدول ۲- اثرات جیره‌های آزمایشی بر عملکرد و ترکیب شیر گاوهای شیرده

Table 2- Effects of experimental diets on performance and milk composition of lactating cows

	جیره‌های آزمایشی				سطح معنی داری P- value	خطای استاندارد میانگین SEM
	جیره شاهد Control	دانه فرآوری نشده Raw	دانه تفت و غلطک شده Rolled roasted	دانه اکستروژ شده Extruded		
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) Dry matter intake (kg d ⁻¹)	23.0	23.6	24.5	23.6	0.07	0.18
شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی* /Fat corrected milk (4%)*	32.9	33.5	33.1	33.4	0.3	0.44
شیر تصحیح شده بر اساس انرژی [§] /Energy corrected milk (kg) [§]	36.9	37.3	36.5	37.7	0.66	0.47
بازده تولید شیر [£] Efficiency of milk production [£]	1.6	1.5	1.5	1.6	0.07	0.19
پروتئین (%) Protein (%)	3.3	3.2	3.2	3.0	0.11	0.05
چربی (%) Fat (%)	3.2 ^a	3.2 ^a	3.1 ^a	2.1 ^b	0.001	0.11
لاکتوز (%) Lactose (%)	4.3	4.2	4.2	4.3	0.71	0.03
پروتئین (کیلوگرم در روز) /Protein (kg d ⁻¹)	1.2	1.1	1.0	1.1	0.06	0.02
چربی (کیلوگرم در روز) /Fat (kg d ⁻¹)	1.22 ^a	1.25 ^a	1.24 ^a	1.08 ^b	0.001	0.03
لاکتوز (کیلوگرم در روز) /Lactose (kg d ⁻¹)	1.5	1.5	1.5	1.9	0.41	0.02

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار هستند (P<0.05).

Means within same row with different letters differ significantly (P<0.05).

*Fat corrected milk (4%) = 0.4 × milk + 15 × (Milk Fat / 100) × milk.

§Energy corrected milk (kg) = (0.3246 × kg of milk) + (12.95 × kg of fat) + (7.65 × kg of protein)

£Efficiency of milk production = energy corrected milk / dry matter intake

درصد چربی گزارش کردند (نو و همکاران ۲۰۱۳، اوبا و همکاران ۲۰۰۹ و فنر و همکاران ۲۰۱۳). نو و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند میزان تولید شیر با تغذیه جیره‌های حاوی ۱۰ درصد دانه کتان تحت تاثیر قرار نگرفت. همچنین پتیت و همکاران (۲۰۱۰) با تغذیه

در بررسی حاضر تولید شیر و بازده تولید شیر تحت تاثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت که این نتایج در راستای مشاهده عدم تغییر در میزان مصرف ماده خشک هستند. محققین نتایج متفاوتی در رابطه با تاثیر مصرف دانه کتان بر تولید شیر تصحیح شده برای ۴

شیردهی، افزایش معنی دار درصد چربی شیر در گاوهای تغذیه شده با ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد دانه کتان خام را گزارش کردند.

مکانیسم‌های مختلفی در بروز کاهش چربی شیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اما در خصوص استفاده از دانه‌های روغنی محققین عقیده دارند مسیرهای متفاوت و ایزومرهای مختلف اسیدهای چرب در بروز این عارضه دخیل هستند (گلاسر و همکاران ۲۰۰۸). اتفاق نظر در مورد نقش ایزومرهای اسید لینولئیک مزدوج به عنوان عامل بروز کاهش چربی شیر گزارش شده است (پریفیلد و همکاران ۲۰۰۷ و گلاسر و همکاران ۲۰۰۸) مطالعات متعددی نشان دادند افزایش ایزومرهای اسید چرب ۱۸ کربنه با یک پیوند دوگانه (C18:1) بویژه ترانس واکسنیک اسید (C18:1) می‌تواند نقش مؤثری در بروز این عارضه داشته باشند (بومگارد و همکاران ۲۰۰۰ و شینگفیلد و گریناری ۲۰۰۷). نتایج حاصل از آنالیز الگوی اسیدهای چرب شیر در این مطالعه نیز تایید کننده این نتایج می‌باشد (جدول ۳) به طوریکه غلظت ترانس واکسنیک اسید (C18:1) در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان اکستروود شده و تفت و غلطک شده بیشترین میزان بود ($P < 0.05$). در همین راستا شینگفیلد و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر همزمان ایزومرهای مختلف اسید لینولئیک مزدوج و ایزومرهای اسید چرب ۱۸ کربنه با یک پیوند دوگانه (C18:1) بر بروز عارضه کاهش چربی شیر را به اثبات رساندند. در تحقیقات گسترده‌ای گزارش شده است که واسطه‌های حاصل از بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب در شکمبه، بیان ژنی mRNA هایی که در دریافت و برداشت اسیدهای چرب، سنتز درون بافتی اسیدهای چرب و سنتز تری گلیسیرید نقش دارند را تحت تاثیر قرار می‌دهند و با کاهش بیان ژن‌های دخیل در سنتز اسیدهای چرب، نقش مهار کنندگی بر سنتز اسیدهای چرب را برعهده دارند (آهنادی و همکاران ۲۰۰۰ و پترسون و همکاران ۲۰۰۳).

۱۱ درصد دانه کتان در ماده خشک جیره تاثیر معنی داری بر میزان تولید شیر را گزارش نکردند. در مقابل نوو و همکاران (۲۰۱۴) افزایش تولید شیر با مصرف دانه کتان در جیره را گزارش کردند. دلیل افزایش تولید شیر توسط نوو و همکاران (۲۰۱۴) می‌تواند بدلیل افزایش میزان مصرف ماده خشک باشد.

تجزیه واریانس مربوط به پروتئین و لاکتوز شیر نشان داد که جیره‌های آزمایشی تاثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین و لاکتوز شیر و همچنین مقدار پروتئین و لاکتوز روزانه نداشت (جدول ۲). مطالعات پیشین نشان دادند که تغذیه دانه کتان غلطک شده (خوراسانی و کنلی ۱۹۹۴)، میکرونیزه شده (سویتا و همکاران ۲۰۰۳) و اکستروود شده (مارتین و همکاران ۲۰۰۸) در مقایسه با دانه کتان فرآوری نشده تاثیر معنی‌داری بر غلظت و میزان پروتئین و لاکتوز شیر نداشت. میزان چربی تولیدی و همچنین درصد چربی شیر در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان اکستروود شده کمترین بود ($P < 0.05$). در حالیکه اختلاف معنی‌داری میان جیره‌های بدون دانه کتان و جیره‌های حاوی دانه کتان فرآوری نشده و دانه کتان تفت و غلطک شده مشاهده نشد (جدول ۲). سایر محققین نیز گزارش کردند که تغذیه گاوهای شیرده با ۱۰/۴ درصد دانه کتان در اوایل دوره شیردهی (پتیت و همکاران ۲۰۰۲) و ۱/۸ درصد دانه کتان در اواخر دوره شیردهی (سچاری و همکاران ۲۰۰۳) در مقایسه با جیره‌های بدون دانه کتان تاثیر بر درصد و میزان چربی شیر گاوهای شیرده نداشت. کاهش معنی‌دار چربی در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان اکستروود شده می‌تواند به دلیل میزان آزاد سازی بالای اسیدهای چرب در شکمبه باشد. داسیلوا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تغذیه دانه کتان آسیاب شده به میزان ۱۲ درصد جیره، میزان چربی شیر به طور معنی‌داری کاهش یافت. این محققین افزایش آزاد سازی چربی دانه کتان در شکمبه را دلیل کاهش چربی شیر اعلام کردند. با این وجود، پتیت و گانگون (۲۰۰۹) در اواسط دوره

جدول ۳- اثرات جیره‌های آزمایشی بر الگوی اسیدهای چرب شیر (گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب)
Table 3- Effects of experimental diets on milk fatty acid profile (g 100⁻¹ g fatty acid)

	جیره‌های آزمایشی Experimental diets				خطای استاندارد میانگین SEM	
	دانه فرآوری نشده Control	دانه تفت و غلطک شده Rolled roasted	دانه اکستروود شده Extruded	سطح معنی داری P- value		
کاپروئیک اسید /Caproic acid	3.1	3.1	2.8	3.0	0.94	0.17
کاپریلیک اسید /Caprylic acid	2.6	2.4	2.0	2.1	0.10	0.09
کاپریک اسید /Capric acid	4.0	4.0	3.8	3.8	0.91	0.08
لوریک اسید /Lauric acid	4.5	3.4	3.7	4.0	0.15	0.13
میریستیک اسید /Myristic acid	13.2	12.7	12.8	12.9	0.85	0.18
پنتادکانوئیک اسید /Pentadecanoic acid	1.9	1.7	1.8	1.9	0.75	0.06
پالمیتیک اسید /Palmitic acid	27.7	27.2	26.7	26.7	0.34	0.2
هپتادکانوئیک اسید /Heptadecanoic acid	1.2	1.0	1.0	1.2	0.12	0.08
استئاریک اسید /Stearic acid	9.4	10.3	9.4	10.3	0.32	0.23
اولئیک اسید (C18:1, ω-9) /Oleic acid	17.4	18.3	18.8	18.5	0.54	0.09
ترانس واکسنیک اسید /Trans Vaccenic acid (Trans C18:1)	2.3 ^b	2.6 ^b	2.8 ^a	3.0 ^a	0.002	0.29
لینولئیک اسید (C18:2 ω-6) /Linoleic acid	2.9 ^b	3.2 ^a	3.6 ^a	3.2 ^a	0.02	0.08
لئیک اسید /Linolenic acid (C18:3 ω-3)	0.5 ^c	1.0 ^a	1.2 ^a	0.9 ^b	0.01	0.04
اسید لینولئیک مزدوج /Conjugated linoleic acid (cis-9, trans-11)	0.43 ^b	0.69 ^a	0.64 ^a	0.63 ^a	0.03	0.06
اشباع /Saturated fatty acids	67.7	66.5	64.4	65.7	0.22	0.56
اسیدهای چرب غیر اشباع /Unsaturated fatty acids	24.0 ^c	25.8 ^b	26.7 ^a	26.5 ^a	0.03	0.43
اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند /Polyunsaturated fatty acids	3.3 ^b	3.9 ^a	4.3 ^a	3.9 ^a	0.22	0.04
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر* /Short chain fatty acids*	14.4	13.2	12.9	13.3	0.48	0.35
اسیدهای چرب متوسط	44.9	44.3	43.6	43.8	0.45	0.33

Medium chain fatty acids
زنجیر**

Long / اسیدهای چرب بلند زنجیر***	32.6 ^b	35.3 ^a	35.4 ^a	36.0 ^a	0.04	0.57
chain fatty acids***						

*اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (۶ تا ۱۲ کربنه)

**اسیدهای چرب زنجیر متوسط (۱۴ تا ۱۷ کربنه)

***اسیدهای چرب زنجیر بلند (۱۸ کربنه)

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار هستند ($P < 0.05$).

*SCFA = short chain fatty acids (C6 to C12)

**MCFA = medium chain fatty acids (C14 to C17)

***LCFA = long chain fatty acids (C18)

Means within same row with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

الگوی اسیدهای چرب شیر

الگوی اسیدهای چرب شیر گاوهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی حاوی دانه کتان در جدول ۳ آورده شده است. میانگین درصد اسیدهای چرب ۶ تا ۱۸ کربنی اشباع تحت تاثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. در میان اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر، درصد کاهش اسید لوریک و اسید پالمیتک چشمگیر بوده است ($P > 0.05$) که این موضوع با نتایج سایر محققین نیز همخوانی دارد (هارواتین و همکاران ۲۰۰۹). این اتفاق نظر در مورد عارضه کاهش چربی شیر وجود دارد که عمده‌ترین تاثیر افزودن اسیدهای چرب غیر اشباع بر اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و متوسط زنجیر (در مجموع $< C16$) شیر خواهد بود (هارواتین و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به اینکه محصول نهایی بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب ۱۸ کربنی غیر اشباع، اسید استئاریک می‌باشد و سلول‌های پستانی فاقد آنزیم‌های لازم جهت سنتز اسید چرب ۱۸ کربنی از اسیدهای چرب ۱۶ کربنی هستند (لوک و گارنسورتنی ۲۰۰۳)، در نتیجه عدم اختلاف معنی دار در میزان این اسید چرب با تغذیه جیره‌های حاوی دانه کتان و بدون دانه کتان را می‌توان به کمتر بودن میزان بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیر اشباع ۱۸ کربنی در دانه کتان نسبت داد. افزایش معنی دار اسیدهای

چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه نیز تایید کننده این نتایج می‌باشد.

درصد اسیدهای چرب غیر اشباع و اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه شیر در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان نسبت به گروه شاهد افزایش معنی داری نشان داد ($P < 0.05$). کورتس و همکاران (۲۰۱۰) نیز افزایش نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع شیر در اثر افزودن دانه کتان را گزارش کرده‌اند. اسیدهای چرب غیر اشباع شیر در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان خام کمتر از گاوهای تغذیه شده با دانه کتان تفت و غلطک شده و دانه کتان اکستروود شده بود ($P < 0.05$), که می‌تواند ناشی از آزاد سازی پایین تر اسیدهای چرب دانه کتان خام در روده باشد. در تحقیق حاضر غلظت اسیدهای چرب ترانس واکسنیک، لینولئیک و لینولنیک اسید شیر در گاوهای شیرده تغذیه شده با دانه کتان بالاتر از جیره‌های بدون کتان بود ($P < 0.05$), که می‌تواند به دلیل افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع (به ویژه لینولنیک اسید که اسید چرب غالب در دانه کتان می‌باشد) در جیره باشد که در تحقیقات سایر محققین (پتیت و همکاران ۲۰۰۵ و گونیتز و همکاران ۲۰۰۵) نیز گزارش شده است. در تحقیق حاضر در جیره‌های حاوی دانه کتان اکستروود شده و دانه کتان تفت و غلطک شده درصد اسید چرب ترانس واکسنیک اسید در مقایسه با جیره‌های بدون دانه کتان و همچنین حاوی

داشت (کورتس و همکاران ۲۰۱۰ و گونیتز و همکاران ۲۰۰۵).

اثرات جیره‌های آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی

قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در گاوهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در جدول ۴ آورده شده است. قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و عصاره اتری تحت تاثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفتند. داسیلوا و همکاران (۲۰۰۷) تاثیر دانه کتان بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و عصاره اتری را غیر معنی دار گزارش کردند. همچنین کورتس و همکاران (۲۰۱۰) نیز عدم تاثیر جیره‌های حاوی دانه کتان در مقایسه با جیره فاقد کتان بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و عصاره اتری در گاوهای شیرده را گزارش کردند.

قابلیت هضم ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان در مقایسه با جیره‌های آزمایشی فاقد دانه کتان کاهش معنی داری را نشان داد ($P < 0.05$). بالاتر بودن مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع در دانه کتان می‌تواند دلیل محکمی برای کاهش قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی باشد و می‌توان اینگونه استنباط کرد بدلیل بالا بودن میزان اسیدهای چرب غیر اشباع، فعالیت فیبرولیتیکی شکمبه تحت تاثیر قرار گرفته و قابلیت هضم دیواره سلولی در اثر افزودن دانه کتان کاهش پیدا کرده است. خاصیت کشندگی اسیدهای چرب غیر اشباع برای باکتری‌های سلولاییتیک (ناگاراچا و همکاران ۱۹۹۷) و پروتوزوآها (دوریو و فارلی ۱۹۹۵) می‌تواند از عوامل موثر بر قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی باشد. پتیت (۲۰۰۲) کاهش در قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان در مقایسه با یک منبع تجاری پودر چربی را گزارش کردند، در حالیکه کورتس و همکاران (۲۰۱۰) عدم تاثیر و گونیتز و همکاران (۲۰۰۵) افزایش در

دانه کتان فرآوری نشده افزایش معنی داری را نشان داد ($P < 0.05$). بالاتر بودن درصد این اسید چرب در شیر گاوهای تغذیه شده با دانه کتان اکستروود شده و دانه کتان تفت و غلطک شده می‌تواند به دلیل بالاتر بودن آزاد سازی اسیدهای چرب غیر اشباع در دو روش فوق الذکر در مقایسه با دانه کتان فرآوری نشده باشد.

افزایش میزان اسید لینولئیک مزدوج در تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از بیوهیدروژناسیون ناقص اسید لینولئیک در شکمبه باشد. اسید لینولئیک طی فرآیند ایزومراسیون به اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) تبدیل می‌شود که این ایزومریزاسیون خود یکی از منابع افزایش دهنده غلظت اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) در محصولات نشخوارکنندگان می‌باشد (بومن ۲۰۰۴). رابطه خطی بسیار نزدیکی بین محتوای واکسنیک اسید و اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) گزارش شده است (گریناری و بوومن ۱۹۹۹). در حقیقت هر دوی این اسیدهای چرب محصول حدواسط بیوهیدروژناسیون میکروبی اسیدهای چرب غیر اشباع در شکمبه می‌باشد. فرضیه دیگر تولید اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) این است که این اسید چرب حاصل غیر اشباع شدن واکسنیک اسید به وسیله آنزیم دلتا ۹ - دساچوراز در بافت پستانی می‌باشد. نتایج حاصل از آزمایش حاضر نیز تایید کننده رابطه بین ترانس واکسنیک اسید و اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) می‌باشد.

غلظت اسید لینولئیک و لینولنیک در شیر گاوهای تغذیه شده با دانه کتان به طور معنی داری بالاتر از شیر گاوهای تغذیه شده با جیره‌های بدون دانه کتان بود ($P < 0.05$). بالاتر بودن غلظت این دو اسید چرب در شیر را می‌توان به دلیل بالاتر بودن این اسید چرب در جیره‌های حاوی دانه کتان دانست. سایر محققین نیز گزارش کردند که با افزودن دانه کتان به جیره گاوهای شیرده غلظت اسید لینولئیک و لینولنیک شیر در مقایسه با جیره‌های فاقد دانه کتان افزایش معنی داری را در پی

قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در جیره‌های حاوی دانه کتان را گزارش کردند. اختلافات مشاهده شده می‌تواند بدلیل اختلاف در میزان دانه کتان در جیره و ترکیب جیره پایه در آزمایشات مختلف باشد.

جدول ۴- اثرات جیره‌های آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی (گرم در کیلوگرم مواد مغذی)

Table 4- Effects of experimental diets on apparent nutrient digestibility (g kg^{-1} nutrient)

	جیره‌های آزمایشی				خطای استاندارد میانگین SEM	
	Experimental diets					
جیره شاهد	دانه فرآوری نشده Raw	دانه تفت و غلطک شده Rolled roasted	دانه اکستروژن شده Extruded	سطح معنی داری P-value		
Dry matter / ماده خشک	675	615	672	663	0.25	3.71
Organic matter / ماده آلی	672	682	699	687	0.10	3.37
Crude protein / پروتئین خام	615	609	613	611	0.87	2.71
Ether extract / عصاره اتری	739	746	756	754	0.25	3.33
الیاف نامحلول در شوینده خنثی / Neutral detergent fiber	454 ^a	418 ^b	421 ^b	398 ^b	0.001	5.69
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی / Acid detergent fiber	408 ^a	371 ^b	368 ^b	377 ^b	0.001	3.94

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار هستند ($P < 0.05$).

Means within same row with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

در جیره گاوهای شیره جهت بهبود الگوی اسیدهای

نتیجه گیری

چرب شیر، افزایش اسید لینولئیک مزدوج (cis-9, trans-11) و اسید لینولئیک، بدون هیچگونه تاثیر منفی بر عملکرد مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که روش فرآوری تفت دادن و غلطک زدن می‌تواند به عنوان روشی کاربردی برای فرآوری دانه کتان برای استفاده

منابع مورد استفاده

- Ahnadi CA, Beswick N, Belbechi L, Kennelly JJ and Lacasse P, 2002. Addition of fish oil to diets for dairy cows. II Effects on milk fat and gene expression of mammary lipogenic enzymes. *Journal of Dairy Research* 69: 521-531.
- Allen MS, 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83:1598- 1624.
- AOAC, 2005. Official methods of analysis of AOAC international. 18th ed. Washington, DC: 285 Association of Official Chemists.
- Bauman DE, 2004. Conjugated Linoleic Acid (CLA) and Milk Fat: A Good News Story. Department of animal science, Cornell University, Ithaca. NY 14853-4801 USA.
- Baumgard LH, Corl BA, Dwyer DA, Saebo A and Bauman DE, 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology-Regulatory,*

- Integrative and Comparative Physiology 278: 179-184.
- Côrtés C, da Silva-Kazama DC, Kazama R, Gagnon N, Benchaar C, Santos GTD, Zeoula LM and Petit HV, 2010. Milk composition, milk fatty acid profile, digestion, and ruminal fermentation in dairy cows fed whole flaxseed and calcium salts of flaxseed oil. *Journal of Dairy Science* 93: 3146-3157.
- da Silva DC, Santos GT, Branco AF, Damasceno JC, Kazama R, Matsushita M, Horst JA, dos Santos WBR and Petit HV, 2007. Production Performance and Milk Composition of Dairy Cows Fed Whole or Ground Flaxseed with or Without Monensin. *Journal of Dairy Science* 90: 2928-2936.
- Doreau M and Ferlay A, 1995. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: A review. *Livestock Production Science* 43: 97-110.
- Drewnowski A, 2011. The contribution of milk and milk products to micronutrient density and affordability of the U.S. diet. *Journal of the American College of Nutrition* 30:422-428.
- Gagliostro G and Chilliard Y, 1991. Duodenal rapeseed oil infusion in early and midlactation cows. 2. Voluntary intake, milk production, and composition. *Journal of Dairy Science* 74:499- 509.
- Glasser F, Ferlay A and Chilliard Y, 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A Meta-Analysis. *Journal of Dairy Science* 73: 2940-2951.
- Gonthier C, Mustafa AF, Ouellet DR, Chouinard PY, Berthiaume R and Petit HV, 2005. Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science* 88: 748-756.
- Griinari JM and Bauman DE, 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: *Advances in conjugated linoleic acid research*, pp. 180-220. Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Ed. Nelson G.J., Vol 1. Champaign, IL: AOCS Press.
- Harvatine KJ, Boisclair YR and Bauman DE, 2009. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal* 3: 40-54.
- Hawkins A, Yuan K, Armendariz CK, Highland G, Bello NM, Winowiski T, Drouillard JS, Titgemeyer EC and Bradford BJ, 2013. Effects of urea formaldehyde condensation polymer treatment of flaxseed on ruminal digestion and lactation in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 3907-3915.
- Jenkins TC, 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* 76: 3851-3863.
- Khorasani RG and Kennelly JJ, 1994. Influence of flaxseed on the nutritional quality of milk. Pages 127 to 134 in *Proceedings of the 55th Flax Inst. Conf.* J. F. Carter, ed. North Dakota State University, Fargo, ND.
- Lashkari S, Azizi O and Jahani-Azizabadi H, 2015. Effects of different processing methods of flaxseed on ruminal degradability and in vitro post-ruminal nutrient disappearance. *Archive of Animal Nutrition* 69: 177-186.
- Lashkari S, Hymøller L and Jensen SK, 2017. Ruminal biohydrogenation kinetics of defatted flaxseed and sunflower is affected by heat treatment. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 65: 8839-8846.
- Martin C, Rouel J, Jouany JP, Doreau M and Chilliard Y, 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal Animal Science* 86: 2642-2650.
- Nagaraja TG, Newbold CJ, Van Nevel CJ and Demeyer DI, 1997. Manipulation of rumen fermentation. Pages 523-632 in *The Rumen Microbial Ecosystem*. P. N. Hobson and C. S. Stewart, ed. Blackie Acad. Prof. Press, London, UK.
- Neveu C, Baurho B and Mustafa AF, 2013. Effect of feeding extruded flaxseed with different forage: concentrate ratios on the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 3886-3894.
- Neveu C, Baurhoo B and Mustafa A, 2014. Effect of feeding extruded flaxseed with different grains on the performance of dairy cows and milk fatty acid profile. *Journal of Dairy Science* 97: 1-9.
- Oba M, Thangavelu G, Dehghan-banadaky M and Ambrose DJ, 2009. Unprocessed whole flaxseed is as effective as dry-rolled flaxseed at increasing α -linolenic acid concentration in milk of dairy cows. *Livestock Science* 122: 73-76.
- Oeffner SP, Qu Y, Just J, Quezada N, Ramsing E, Keller M, Cherian G, Goddick L and Bobe G, 2013. Effect of flaxseed supplementation rate and processing on the production, fatty acid profile, and texture of milk, butter, and cheese. *Journal of Dairy Science* 96: 1177-1188.
- Palmquist DL and Jenkins TC, 1980. Fat in lactation rations: Review . *Journal of Dairy Science* 63: 1-14.
- Perfield JW, Lock A, Griinari JM, Sæbø A, Delmonte P, Dwyer DA and Bauman DE, 2007. Trans-9, Cis-11 Conjugated Linoleic Acid Reduces Milk Fat Synthesis in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*

- 90: 2211-2218.
- Peterson DG, Matitashvili EA and Bauman DE, 2003. Diet-induced milk fat depression in dairy cows results in increased trans-10, cis-12 CLA in milk fat and coordinate suppression of mRNA abundance for mammary enzymes involved in milk fat synthesis. *Journal of Nutrition* 133: 3098-3102.
- Petit HV, 2002. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *Journal of Dairy Science* 85: 1482-1490.
- Petit HV, 2010. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed. *Canadian Journal of Animal Science* 90: 115-127.
- Petit HV, Gagnon N, Mir P, Cao R and Cui S, 2009. Milk concentration of the mammalian lignan enterolactone, milk production, milk fatty acid profile, and digestibility of dairy cows fed diets containing whole flaxseed or flaxseed meal. *Journal of Dairy Science* 76: 257-264.
- Petit HV, Ivan M and Mir PS, 2005. Effects of flaxseed on protein requirements and N excretion of dairy cows fed diets with two protein concentrations. *Journal of Dairy Science* 89: 1755-1764.
- Savagea GP, McNeila DL and Dutta PC, 1997. Lipid Composition and Oxidative Stability of Oils in Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) Grown in New Zealand. *Journal of the American Oil Chemists Society* 74: 755-759.
- Secchiari P, Antongiovanni M, Mele M, Serra A, Buccioni A, Ferruzzi G, Paoletti F and Petacchi F, 2003. Effect of kind of dietary fat on the quality of milk fat from Italian Friesian cows. *Livestock Production Science* 83: 43-52.
- Shingfield KJ and Griinari JM, 2007. Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109: 799-816.
- Shingfield KJ, Sæbø A, Sæbø PC, Toivonen V and Griinari JM, 2009. Effect of abomasal infusions of a mixture of octadecenoic acids on milk fat synthesis in lactating cows. *Journal of Dairy Science* 92: 4317-4329.
- Soita HW, Meier JA, Fehr M, Yu P, Christensen DA, McKinnon JJ and Mustafa AF, 2003. Effects of flaxseed supplementation on milk production, milk fatty acid composition and nutrient utilization by lactating dairy cows. *Archives of Animal Nutrition* 57: 107-116.
- 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. *Journal of Dairy Science* 94: 6078-6091.
- Talaei M, Sarrafzadegan N, Sadeghi M, Oveisgharan S, Marshall T, Thomas GN, Neil Thomas G and Iranipour R, 2013. Incidence of cardiovascular diseases in an Iranian population: The Isfahan cohort study. *Archives of Iranian Medicine Archives of Iranian Medicine* 16: 138-144.
- Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Van Keulen J and Young BA. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44:282.
- Willett WC, 1999. Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. *American Journal of Clinical Nutrition* 70: 1001-1008.
- Wright T, McBride B and Holub B, 1998. Docosahexaenoic acid enriched milk. *World Review of Nutrition and Dietetics* 83: 160-165.

Effects of different processing methods of flaxseed on performance, milk fatty acids profile and apparent nutrient digestibility of lactating cows

S Lashkari¹, O Azizi^{2*} and H Jahani Azizabadi²

Received: September 9, 2016 Accepted: June 18, 2017

¹PhD Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

²Associate Professor and Assistant Professor, respectively, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

*Corresponding author: E mail: o.azizi@uok.ac.ir

Introduction: Flaxseed is an oilseed that can be used as a rich source of high quality protein and fat for dairy cows (Neveu *et al.*, 2014). Flaxseed contains high levels of linolenic acid, averaging 18% of the total seed weight and 53% of the total fatty acids. Recently, there has been a renewed interest in using flaxseed in animal rations as it can be used to alter the fatty acid composition of milk and meat products and; therefore, provides functional health benefits for the consumer (Petit, 2010). However, achieving an increase in the concentration of polyunsaturated fatty acids in dairy products is challenging because most unsaturated fatty acids are extensively biohydrogenated in the rumen.

Material and methods: In the present study, the investigated flaxseed was unheated (raw) or in two different ways heat processed (rolled roasted and extruded). Flaxseeds were roasted in an industrial roaster with a flame and blower at 140 to 145 °C (turning speed of 2.5 circles per minute; tunnel diameter of 50 cm). The roasted flaxseed was then processed in a roller mill equipped with rollers. Extrusion of flaxseed was performed at 140 to 145 °C with a resident time of 43 s using a multipurpose twin-screw extrusion system. Twelve multiparous Holstein lactating cows at early lactation stage from the same group in the herd with an average body weight of approximately 640 ± 10 kg were housed individually in a tie-stall barn. The cows were assigned to one of the four experimental diets including 1) diet with no flaxseed (control), 2) unheated (5.5% DM), 3) rolled roasted (5.5% DM), and 4) extruded flaxseed (5.5% DM). All rations were formulated based on the NRC (2001) to contain approximately 18% CP and 1.6 Mcal net energy lactation (NE_L) kg⁻¹ on a DM basis. All diets were iso-energetic and iso-nitrogenous. Cows were milked 3 times daily in a milking parlor at 05:00, 13:00 and 20:00. During the last 5 d of sampling periods, milk yield was recorded for all cows. Milk from individual cows was sampled at each milking in pre-labeled 50 ml plastic vials. Milk samples were analyzed for fat and protein by Milk-O-Scan (Funke Gerber, LactoStar). Milk samples from individual cows were analyzed for FA composition. Milk fat was extracted and derivatized to methyl esters using Savage *et al.* (1997, 1999) method. For GC – MS analysis, an Agilent gas chromatography (2001, Palo Alto, CA, USA) with a 30 m to 0.25 mm HP-5MS capillary column coupled with an Agilent 5973 mass spectrometer (Agilent Technologies, Palo Alto, CA) was used. Analysis of variance was conducted using the MIXED procedure of SAS (2001) for all the statistical analyses in this study. Least square means were estimated using Restricted Maximum Likelihood method, and the model consisted of the fixed effect of treatment and random effects of cow.

Results and discussion: The similar dry matter intake (DMI) between cows fed different experimental diets suggested that fatty acid content and profile of flaxseed had no impact on short-term feed intake regulation. Similarly, Gonthier *et al.* (2004) reported that ground or extruded flaxseed can be fed up to 120 g/kg DM of diet without any adverse effects on DMI. In agreement with our results, it has been shown that low to moderate levels of ground or extruded flaxseed in the diets of dairy cows (up to 10% of the diet DM) did not affect the DMI (Gonthier *et al.*, 2005; Petit, 2010). However, Neveu *et al.* (2014) reported that inclusion of flaxseed in dairy cows increased DMI. In the present study, inclusion of flaxseed in the diets did not affect the milk production. This

is in agreement with Neveu *et al.* (2014) who reported that inclusion of flaxseed in the lactating cow diets did not affect the milk production. Maintained milk production was consistent with unaltered DMI. Reduced milk fat in cows fed diets containing extruded flaxseed might be due to an increase in rate of oil release from flaxseed into rumen fluid (Lashkari *et al.*, 2015). Extrusion may increase the availability of polyunsaturated fatty acids in rumen (Lashkari *et al.*, 2015) and, therefore, increase biohydrogenation of poly unsaturated fatty acids (Lashkari *et al.*, 2017). Reduced milk fat in cows fed diet containing the extruded flaxseed could be due to an increase in dietary supply of poly unsaturated fatty acids which results in formation of trans-10 isomers (C18:1) in rumen and depresses fatty acids biosynthesis in the mammary gland (Piperova *et al.*, 2000). Altered milk fat in our study suggests that ruminal biohydrogenation pathways and the mammary *de novo* fat biosynthesis or related genomics significantly affected in cows fed diets containing extruded flaxseed. In agreement with our findings, feeding extruded flaxseed at 14.8% of the diet decreased fat concentration from 4.1 to 3.5% in milk of dairy cows compared to a control diet (Martin *et al.*, 2008). Concentrations of linolenic acid and conjugated linoleic acid increased as a result of flaxseed supplementation compared to control diet. However, linolenic acid concentration in cows fed extruded flaxseed was lower than cows fed raw and rolled roasted flaxseed. These results suggest extensive ruminal biohydrogenation of dietary linolenic acid in diets containing extruded flaxseed. In agreement with our findings, Gonthier *et al.* (2005) reported low transfer efficiency (i.e., 2%) of dietary linolenic acid to milk as a result of extruded flaxseed supplementation.

Conclusion: Results of the present study showed that rolled roasted flaxseed can be used as practical method to improve milk fatty acid profile without any adverse effect on performance of lactating cows.

Keywords: Flaxseed, Processing methods, Performance and milk fatty acids profile