اثر استفاده از فرآودهای فرعی پسته بر عملکرد و ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیردهٔ هلشتاین تغذیه شده با جیرهٔ حاوی دانهٔ کتان اکسترود

مرتضی کردی[۱،۲و۳]، عباسعلی ناصریان[۲]، رضا ولی‌زاده[۲]، عبدالمنصور طهماسبی[۲]

[۱]استادیار گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج؛ [۲]گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، (kordi.3100@gmail.com) M.kordi@yu.ac.ir

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر استفاده از فرآورده‌های فرعی پسته بر عملکرد و ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیردهٔ هلشتاین تغذیه شده با جیره حاوی دانهٔ کتان اکسترود شده انجام شد. در این آزمایش، ۲۰ رأس گاو شیردهٔ هلشتاین در اواسط شیردهی (میانگین تولید ۱±۴۰ کیلوگرم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل جیره حاوی تخم پنبه (شاهد)، تخم پنبه و پوست پسته (تیمار۲)، دانه کتان اکسترود شده (تیمار۳) و دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (تیمار۴) بودند. نتایج آزمایش نشان دادند که میزان مصرف خوراک، تولید و ترکیبات شیر (به جز چربی) تحت تأثیر دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته در جیره قرار نگرفتند (P>۰/۰۵)، ولی میزان درصد چربی شیر بطور معنی داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). دانه کتان اکسترود شده بطور معنی-داری موجب افزایش غلظت کل لینولئیک اسید مزدوج شده است (P<۰/۰۵)، بطوریکه در تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته غلظت کل لینولئیک اسید مزدوج بطور معنی‌داری بالاتر بوده است (P<۰/۰۵). همچنین دانه کتان اکسترود شده موجب افزایش غلظت آلفالینولنیک اسید در چربی شیر شده است (P<۰/۰۵) و پوست پسته نیز بطور معنی‌داری افزایش آن را تشدید کرده است (P<۰/۰۵). در واقع این آزمایش نشان دادکه تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته دارای بالاترین غلظت اسیدهای چرب اُمگاتری و کمترین نسبت n6:n3 در شیر بود.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب اُمگاتری، پوست پسته، دانه کتان

۱- مرتضی کردی، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج (فکس: ۰۷۴۳۱۰۰۹۶۶۶، تلفن: ۰۹۱۱۱۱۳۹۵۶۳).

۱- مقدمه

افزایش سطح آگاهی مصرف‌کنندگان دربارهٔ سلامتی بدن و افزایش علاقمندی آنها به خرید محصولات لبنی غنی شده با اسیدهای چرب غیراشباع، باعث شده تا محققان تغذیه دام نیز به موضوع دستکاری تولیدات دامی از جمله ترکیب اسیدهای چرب شیر، متناسب با نیاز مصرف‌کنندگان توجه بیشتری نشان دهند.

شیر گاو بطور میانگین حاوی ۴-۳/۵ درصد چربی است و حدود ۹۸-۹۷ درصد آن را تری آسیل گلیسرول‌ها (TAG) تشکیل می‌دهند (جنسن، ۲۰۰۲). بطور معمول چربی شیر حاوی نسبت بالایی از اسیدهای چرب اشباع (SFA[۱]) (۷۰ درصد) و اسیدهای چرب MUFA[۲] (۲۵ درصد) می‌باشد، ولی مقدار اسیدهای چرب PUFA[۳] در چربی شیر پایین (۳/۳ درصد کل چربی) است. همچنین اسیدهای چرب ترانس حدود ۴ درصد کل اسیدهای چرب شیر را تشکیل می‌دهند (فرلای و همکاران، ۲۰۰۸؛ شینگفیلد و همکاران، ۲۰۰۸). هدف اصلی در فرآیند دستکاری اسیدهای چرب شیر، کاهش غلظت اسیدهای چرب اشباع و ترانس و افزایش غلظت اسیدهای چرب اولئیک **($C18:1c_9$)**، اسید لینولنیک **($C18:3n_3$)** و ایزومر **$C18:2c_9t_{11}$** اسید لینولئیک مزدوج (**CLA** معروف به رومنیک اسید[۴] (کرامر و همکاران، ۱۹۹۸)) در شیر می‌باشد (فرلای و همکاران، ۲۰۱۱).

اسیدهای چرب بلند زنجیر (**C16** و بالاتر) از لیپوپروتئین‌های پلاسمایی منشاء می‌گیرند (بطور میانگین ۶۰ درصد) و اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر (**C4:0-C16:0**) از استات و بتاهیدروکسی بوتیرات در غده پستانی (میانگین ۴۰ درصد) سنتز می‌شوند. علاوه بر این، ترشحات پستانی موجب فعالیت آنزیمی دلتا-۹-دسچوراز می‌شود که این آنزیم استئاریک اسید را به اولئیک اسید و واکسینیک اسید (**$C18:1t_{11}$**) را به اسید لینولئیک مزدوج (**c_9t_{11}-CLA**) تبدیل می‌کند (چیلیارد و فرلای، ۲۰۰۴). ترکیب اسیدهای چرب از این مسیرهای متابولیکی و متابولیسم شکمبه‌ای (لیپولیز، ایزومریزاسیون و بیوهیدروژناسیون **PUFA** جیره) منتج می‌شود (چیلیارد و همکاران، ۲۰۰۷). ترکیب اسیدهای چرب شیر به فاکتورهای مختلف مرتبط با خود دام یا فاکتورهای درونی (مرحله شیردهی، آبستنی، نژاد) و بیرونی (تغذیه، فصل و دما) وابسته است. اثرات نژادی مؤثر بر ترکیب اسیدهای چرب شیر محدود هستند، در حالیکه با ایجاد تغییر در تغذیه حیوان از قبیل تغذیه حیوانات در مرتع، تغذیه با علوفه‌های ذخیره شده در انبار، کنسانتره‌های نشاسته‌ای و یا جیره های مکمل شده با دانه‌های روغنی می‌توان تغییرات اصلی در ترکیب اسیدهای چرب شیر را سبب شد (فرلای و همکاران، ۲۰۱۱). دستکاری در محتوای چربی شیر و ترکیب اسیدهای چرب آن می‌تواند به یک هدف مهم برای صنایع لبنی تبدیل شود، که این امر می‌تواند بهای کیفی شیر را افزایش دهد و تولیدکنندگان را به سوی بکارگیری سیستم‌های تغذیه‌ای جدید، برای تولید شیر حاوی اسیدهای چرب مفید برای سلامتی انسان، سوق بدهد.

در واقع، اسیدهای چرب اشباعی که از طریق جیره تأمین می شوند نسبت به اسیدهای چرب غیراشباع، اهمیّت کمتری برای سلامتی انسان دارند. برای مثال، مشخص شده است که اسیدهای چرب میریستیک (**C:14**) و پالمیتیک (**C:16**) موجب افزایش سطح کلسترول خون شده و خطر ابتلا به بیماری عروق کرونر قلبی را افزایش می‌دهند (برنر، ۱۹۹۳). از طرف دیگر، چربی شیر منبع اصلی **CLA** در جیره غذایی مصرف کننده است که (**c_9t_{11}-CLA**) و اسیدهای چرب **PUFA**، خصوصا لینولئیک اسید (**$C18:2n_6$**) و آلفا لینولنیک اسید (**ALA**) (**$C18:3n_3$**) دارای خاصیت ضد سرطانی (پارودی، ۱۹۹۷) بوده و

---

[۱] Saturated fatty acid
[۲] Mono unsaturated fatty acid
[۳] Poly unsaturated fatty acid
[۴] Rumenic acid

نقش های بالقوه‌ای برای محافظت از قلب در انسان را دارا می باشند (ماسارو و همکاران، ۱۹۹۹؛ میلس و همکاران، ۲۰۱۱). تحقیقات مختلف اثرات متعددی را در مورد اسیدهای چرب اُمگاتری (شامل آلفا لینولنیک اسید) برای سلامتی انسان نشان دادند که کاهش ابتلا به سرطان، بیماری های قلبی–عروقی، فشار خون بالا، تورم مفاصل (آرتریتز) و بهبود بافت‌های بینایی را شامل می شوند (سیموپولوس، ۱۹۹۶؛ رایت و همکاران، ۱۹۹۸). علاوه بر این، جیره های غنی از اسیدهای چرب اُمگاتری (شامل اسید لینولنیک) تجمع پلاکت‌های خونی و تری‌گلیسریدها در خون و سطوح کلسترول خون را کاهش می‌دهند و دارای اثرات ضد لخته شدن خون و ضد التهابی هستند (نش و همکاران، ۱۹۹۵؛ لیسون و کاستون، ۱۹۹۶؛ سیموپولوس، ۱۹۹۶). از آنجاییکه ساده‌ترین روش برای تغییر نسبت اسیدهای چرب شیر، مکمل سازی جیره گاوها با چربی‌های غیر اشباع (**USFA**[1]) می‌باشد (چیلیارد و همکاران، ۲۰۰۷)، بنابراین افزودن مواد خوراکی حاوی اسیدهای چرب **PUFA** به جیره گاوهای شیری می‌تواند موجب افزایش غلظت اسیدهای چرب آلفا لینولنیک اسید و **CLA** در شیر شود.

در بین دانه‌های روغنی، دانه کتان دارای بالاترین غلظت اسید لینولنیک می‌باشد که بطور متوسط حدود ۱۸ درصد کل وزن دانه و ۵۳ درصد کل اسیدهای چرب آن را تشکیل می‌دهد (گونتیپر و همکاران، ۲۰۰۴). تغذیه دانه کامل کتان، دانه کتان غلطک زده یا اکسترود شده به گاوهای شیری موجب افزایش غلظت اسیدهای چرب غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب اشباع خصوصا **C16:0** در شیر می‌شود (مصطفی و همکاران، **۲۰۰۳a**؛ آکریم و همکاران، ۲۰۰۷؛ کتانی و همکاران، ۲۰۱۴). در واقع، تغذیه گاوهای شیری با مکمل اسیدهای چرب اُمگاتری مانند دانه کتان می‌تواند یک راه حل طبیعی مورد توجه برای دستکاری اسیدهای چرب شیر در جهت افزایش سلامت مصرف‌کنندگان باشد (پتیت، ۲۰۱۰). در هر حال، محتوای **ALA** در شیر گاوهای تغذیه شده با دانه کتان را می‌توان به میزان محدودی افزایش داد، که این امر به بیوهیدروژناسیون شدید اسیدلینولنیک در شکمبه مربوط می باشد (پالمکوئیست و جنکینز، ۱۹۸۰؛ دورآ و فرلای، ۱۹۹۴). بنظر می‌رسد که، تغییر ساختار فیزیکی دانه‌های روغنی از طریق تیمارهای حرارتی می‌تواند از اسیدهای چرب غیراشباع در برابر بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای محافظت کند (چوینارد و همکاران، ۱۹۹۷؛ مصطفی و همکاران، ۲۰۰۲). تیمار حرارتی اعمال شده بر روی دانه‌های روغنی مانند دانه کتان، می‌تواند از طریق دناتوره کردن ماتریکس پروتئینی اطراف ذرات چربی (کنلی، ۱۹۹۶) و تغییر محل هضم مواد مغذی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان، دسترسی باکتری‌های شکمبه به ذرات چربی را کاهش داده و در نتیجه می‌تواند اسیدهای چرب **PUFA** را در برابر بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای حفظ نماید (پنا و همکاران، ۱۹۸۶؛ مصطفی و همکاران، ۲۰۰۲).

اکستروژن یک فرآیند همراه با اعمال تیمار حرارتی است که بطور گسترده‌ای در تولید خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند از اسیدهای چرب موجود در دانه‌های روغنی در برابر هضم شکمبه‌ای محافظت نماید (پنا و همکاران، ۱۹۸۶؛ چوینارد و همکاران، ۱۹۹۷؛ استرک و همکاران، ۲۰۱۰). امّا به ناچار، در طی فرآیند اکستروژن دانه‌های روغنی مانند دانه کتان، برخی مشکلات ذاتی و طبیعی وجود دارد. فرآیند اکستروژن بطور نامطلوبی موجب می‌شود تا در نتیجه حرارت و فشار شدید، روغن داخل سلولی از دانه خارج شود و این روغن اضافی در درون اجزای خوراک باقی نمانده و از آن خارج می‌شود. ممکن است این روغن آزاد شده، در طی دوره انبارمانی محصول و حمل و نقل آن از بین برود و تلف شود و این در حالی است که، این روغن از نقطه نظر سلامت و جنبه اقتصادی حائز اهمیت بوده و اتلاف آن باعث بروز ضرر قابل توجهی می‌شود (آکریم و همکاران، ۲۰۰۷؛ اِگی، ۲۰۱۰). همچنین وقتی طی فرآیند اکستروژن، روغن که حاوی غلظت بالای اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد از دانه استخراج شد، در برابر حرارت‌های بالا و هوا بدون محافظ می‌باشد که در این حالت نرخ اکسیداسیون آن افزایش یافته و از زمان ماندگاری آن کاسته می‌شود و کیفیت محصول به علّت دارا بودن طعم و بوی نامطبوع حاصل از

[1] Unsaturated fatty acids

اکسیداسیون کاهش می‌یابد (اِگی، ۲۰۱۰). برای جلوگیری از اتلاف روغن آزاد شده از دانه کتان در طی فرآیند اکستروژن و حفظ آن در محصول تولیدی، صنایع تولید دانه کتان اکسترود شده آن را ابتدا آسیاب کرده و بصورت مخلوط با مواد جاذب دیگر و با نسبت‌های مختلف اکسترود می‌کنند. معمولاً برای تولید دانه کتان اکسترود تجاری، از مواد جاذبی چون (یونجه، پوست سویا، گلوتن ذرت، سبوس گندم و ...) استفاده می‌کنند (اِگی، ۲۰۱۰). برای مثال مکمل Valomega که یک محصول فرانسوی است ترکیبی از ۷۰ درصد دانه کتان و ۳۰ درصد سبوس گندم می باشد که معلم (۲۰۰۹) و زاچوت و همکاران (۲۰۱۰) از این محصول در آزمایشات خود استفاده کردند و نتایج مثبتی از نظر انتقال اسیدهای چرب اُمگاتری به شیر و بافت چربی مشاهده نمودند.

حال اگر در کنار منبع تامین کنندهٔ اسیدهای چرب اُمگاتری (دانه کتان) در جیره، از اجزای خوراکی دیگری استفاده کنیم که ترکیبات موجود در آن بتوانند با اثر بر متابولیسم چربی در شکمبه موجب افزایش مضاعف غلظت اسیدهای چرب اُمگاتری و CLA در محصولات دامی شوند، این امر می‌تواند نقطه عطفی در تولید خوراک دام برای حمایت از سلامت جامعه باشد. در این مطالعه، برای این منظور از فرآورده‌های فرعی پسته برای بهره‌گیری از اثرات مفید ترکیبات فنولی و تانن موجود در آن بر روی متابولیسم چربی‌ها در شکمبه استفاده شد. همچنین ترکیباتی مانند پوست پسته (گُلی و همکاران، ۲۰۰۵) و علوفه یونجه (زای و همکاران، ۲۰۰۸) دارای خاصیت آنتی اکسیدانی می باشند که ممکن است با استفاده از آنها به عنوان جاذب در تولید دانه‌های روغنی بتوان از این خصوصیت آنها در حفظ دانه‌های روغنی اکسترود شده در برابر اکسیداسیون بهره برد.

هدف از این پژوهش بررسی اثر استفاده از فرآورده‌های فرعی پسته بر مصرف خوراک، تولید و ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیردهٔ هلشتاین تغذیه شده با جیرهٔ حاوی دانهٔ کتان اکسترود شده بوده است.

۲- بخش مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۲۰ رأس گاو شیردهٔ هلشتاین شکم دوم و سوم زایش (در هر گروه ۳ رأس شکم دوم و ۲ رأس شکم سوم) با میانگین وزن زنده ۱۰±۶۱۰ کیلوگرم و متوسط تولید ۱±۴۰ کیلوگرم در روز و روزهای شیردهی ۲۰±۹۰ در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند. این آزمایش طی یک دورهٔ ۲۸ روزه انجام شد. قبل از شروع آزمایش گاوها به مدت یک هفته برای عادت‌پذیری با سالن تحقیقاتی فقط با جیره معمول گاوداری تغذیه می‌شدند. بعد از این مدت، آزمایش طی یک دوره ۲۱ روزه عادت‌پذیری با جیره‌های آزمایشی و ۷ روز نمونه‌گیری انجام شد.

چهار جیرهٔ غذایی در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد آزمایش قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل جیره حاوی تخم پنبه (شاهد)، تخم پنبه و پوست پسته (تیمار۲)، دانه کتان اکسترود شده (تیمار۳) و دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (تیمار۴) بودند. جیره‌های آزمایشی با نسبت ۳۷ درصد علوفه و ۶۳ درصد کنسانتره بر اساس جداول احتیاجات غذایی گاوهای شیری (NRC,۲۰۰۱) تنظیم شدند. جیره‌های آزمایشی، دانهٔ کتان و فرآورده‌های فرعی پسته بر اساس روش (AOAC, ۲۰۰۲) مورد آنالیز تقریبی قرار گرفتند. جدول (۱) ترکیب اسیدهای چرب دانه کتان، تخم پنبه، محصولات فرعی پسته را نشان می‌دهد. ترکیب مواد خوراکی جیره‌های آزمایشی و ترکیب مواد مغذی موجود در آنها در جدول (۲) ارائه شده است. همچنین ترکیب اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی در جدول (۳) آمده است. جدول (۴) نیز ترکیب شیمیایی و محتوای ترکیبات فنولی دانه کتان و پوست پسته را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ترکیب اسیدهای چرب دانه کتان خام، تخم پنبه و محصولات فرعی پسته (درصد کل اسیدهای چرب)

اسیدچرب	دانه کتان خام	تخم پنبه	محصولات فرعی پسته
C12:0	–	–	۰/۰۳
C14:0	۰/۰۳۸	۰/۷۵	۱/۴۷
C16:0	۵/۰۲	۲۲/۴	۱۲/۳۴
C16:1	۰/۰۴۸	۰/۶۵	۰/۹۴
C17:0	۰/۰۶	–	۰/۱۷
C17:1	۰/۰۴	–	۰/۰۸
C18:0	۴/۲۷	۲/۳۵	۲/۲۲
C18:1-cis9	۲۰/۲	۱۷/۷۵	۴۸/۸
C18:2-cis9, 12	۱۷/۱۱	۵۵/۱۲	۲۶/۹۳
C18:3-cis9, 12, 15	۵۲/۸۳	۰/۵۲	۰/۱۵
C20:0	۰/۱۳	۰/۳	۴/۷۲
C20:1	۰/۱۲	–	۰/۶۳
C22:0	۰/۰۹	۰/۲	۰/۶۱
C24:0	۰/۰۶	–	۰/۶۱

جدول۲- ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)

اجزاء جیره	تیمار[1]			
	CS	CS-PIS	LIN	LIN-PIS
یونجه خشک	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
سیلاژ ذرت	۱۷	۷	۱۷	۷
پوست پسته	۰	۱۰	۰	۱۰
تخم پنبه	۹	۹	۰	۰
دانه کتان اکسترود شده	۰	۰	۸	۸
جو	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
ذرت	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸
کنجاله کانولا	۶	۴	۷	۴/۶
کنجاله سویا	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵
پودر گوشت	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵
تفاله چغندر	۴/۶	۶/۶	۴/۶	۷
آهک	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
مکمل مواد معدنی و ویتامینی	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
نمک	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)[2]				
ماده خشک	۹۶/۴۷	۹۷/۰۳	۹۷/۲۱	۹۷/۳۵
ME (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک)	۲/۴۸	۲/۴۸	۲/۵۳	۲/۵۴
پروتئین خام	۱۷/۳	۱۷/۵	۱۷/۳	۱۷/۴
چربی خام	۳/۷	۴	۴/۸	۵/۱
NFC	۴۲	۴۲/۸	۴۴/۷	۴۵/۱
NDF	۳۱/۲	۳۰	۲۹	۲۸
ADF	۲۰/۶	۱۹/۹	۱۸/۷	۱۸
خاکستر	۸/۹۹	۸/۳۳	۸/۳۴	۸/۶۶
کلسیم	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲
فسفر	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
کل تانن	۰/۲۶	۱/۲۴	۰/۱۸	۱/۲۱

[1] تیمار ۱ (CS: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (CS-PIS: حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (LIN: حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (LIN-PIS: حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته). [2] اعداد محاسباتی می باشند.

جدول۳- ترکیب اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی (درصد کل اسیدهای چرب)

اسیدچرب	تیمار[1]			
	CS	CS-PIS	LIN	LIN-PIS
C8:0	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰
C9:0	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱
C10:0	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
C11:1	۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۰۵
C12:0	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۵
iso-C13:0	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۳
Anteiso-C13:0	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱
C13:0+C12:1	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۳
C14:0	۰/۷	۰/۸۷	۰/۳	۰/۰۳
iso-C15:0	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱
C14:1-trans9	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰
C14:1-cis9	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳
C15:0	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۲
iso-C16:0	۰/۵۱	۱/۷۵	۰/۴۱	۰/۳۷
C16:0	۲۴/۳۰	۲۴/۶۹	۱۵/۳	۱۵/۲۵
Anteiso-C16:0	۰/۳۳	۰/۸۱	۰/۲۸	۰/۲۸
C16:1-cis9	۱/۱۹	۱/۰۶	۰/۹۸	۰/۹۷
C17:0	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۱۷
C18:0	۳/۶۵	۳/۸	۴/۴۱	۴/۳۰
C18:1-trans9	۰/۰۳۵	۰	۰/۰۲۵	۰/۰۵
C18:1-cis9	۲۱/۰۸	۱۹/۱۱	۲۲/۵۱	۲۲/۷۵
C18:1-cis11	۱/۰۵	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۰۹
C18:2n6	۴۱/۷۴	۳۴/۱۱	۲۴/۴۲	۲۵/۵۴
C20:0	۰/۳۶	۰/۵۵	۰/۲۷	۰/۲۸
C20:1-cis11	۰/۱۴۵	۰/۱۲۵	۰/۰۵	۰
C18:3n3	۳/۲۶	۸/۴۸	۲۸/۵۵	۲۷/۵۱
C22:0	۰/۲۷	۰/۶	۰/۲۵	۰/۲۶
C22:1-cis13+C20:3-n3	۰/۰۳	۰/۰۴۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵
C20:4n6	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹
C22:2n6	۰/۲۳	۰/۶۲	۰/۱۸۵	۰/۱۹

C24:0	۰/۳۲	۰/۶۶	۰/۲۷	۰/۳۳
C22:5n3	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱
SFA	۳۰/۹۶	۳۴/۷۷	۲۳/۰۵	۲۲/۷۲
MUFA	۲۳/۶۱	۲۱/۷۸	۲۳/۶۵	۲۳/۸۵
PUFA	۴۵/۴۳	۴۳/۴۵	۵۳/۳۰	۵۳/۴۳
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

[۱] تیمار ۱ (**CS**: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (**CS-PIS:** حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (**LIN:** حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (**LIN-PIS:**حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته).

۲-۱- مصرف خوراک، تولید و ترکیب شیر

برای اندازه‌گیری میزان مصرف خوراک، در ابتدای دوره، از هر تیمار نمونه‌ای برداشته و به آزمایشگاه منتقل گردید و در آون با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت ماده خشک آنها اندازه‌گیری شد. در دوره نمونه‌گیری به مدت ۵ روز جیره‌های هر روز به طور دقیق وزن کشی شده و قبل از تغذیه جیره‌ها به هر گاو پس ماندهٔ خوراک روز قبل جمع آوری و وزن‌کشی می‌شد و به آزمایشگاه منتقل شده و میزان ماده خشک آنها تعیین شد. و بدین ترتیب میزان مصرف خوراک حیوان در هر روز از اختلاف میزان خوراک روزانه و باقی مانده خوراک هر حیوان محاسبه شد.

ثبت و کنترل تولید شیر در کل دوره آزمایش به طور روزانه انجام شد. رکوردهای مورد نیاز جهت بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تولید شیر روزانه، از اطّلاعات ثبت شده در هفته نمونه‌گیری به دست آمد. در روز ۲۸ آزمایش، نمونه‌گیری از شیر انجام شد (از هر سه وعدهٔ شیردوشی) و چربی، پروتئین، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد شیر با استفاده از دستگاه میلکو اسکن (Foss Electric, Conveyor 4000) در آزمایشگاه شرکت لبنی بشیر مشهد تعیین شد. میزان تولید شیر تصحیح شده بر اساس ۴٪ چربی[۱]، شیر تصحیح شده برای انرژی[۲] و شیر تصحیح شده برای مواد جامد[۳] بر اساس معادلات زیر محاسبه شدند.

Fat corrected milk4%= 0.4× milk yield (kg) +15×fat yield (kg)
(NRC, 2001)

Energy corrected milk = 0.3246 ×milk yield (kg) + 12.86 ×fat yield (kg) + 7.04 ×protein yield (kg)
(اُورس، ۱۹۹۲)

Solid corrected milk = 12.3 × fat yield (kg) + 6.56 SNF yield (kg) + 0.0752 milk yield (kg)
(تیرل و رید،۱۹۵۶)

[۱] %4 Fat corrected milk
[۲] Energy corrected milk
[۳] Solid corrected milk

جدول ۴- ترکیب شیمیایی دانه کتان و محصولات فرعی پسته.

ترکیب	دانه کتان	محصولات فرعی پسته
ماده خشک (٪)	۹۴/۶۲	۹۴/۲۱
پروتئین خام (٪DM)	۱۸/۷۰	۱۲/۲۸
چربی خام	۴۱/۰۵	۶/۷۳
NDF	۲۲/۲۱	۳۶/۴۵
ADF	۱۸/۷۳	۲۶/۳۲
خاکستر	۲/۹۵	۱۱/۸۹
کل ترکیبات فنولی	-	۱۰/۳۷
تانن کل	-	۶/۴۴
تانن متراکم	-	۱/۲۷

۲-۲- اندازه‌گیری اسیدهای چرب

اندازه‌گیری اسیدهای چرب دانه کتان خام، اکسترود شده و پوسته پسته توسط آزمایشگاه روغن شرکت سه گل نیشابور انجام شد. جداسازی روغن از دانه کتان و پوست پسته برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب بر اساس روش سرد (با حلال هگزان) انجام شد (استاندارد ملی ایران، ۶۶۵۵). بدین منظور مقدار ۱۰۰ گرم نمونه پوسته پسته که قبلاً در اندازه ۱ mm آسیاب شده بودند، درون یک بشر ۵۰۰ سی‌سی ریخته و سپس حدود ۴۰۰ میلی‌لیتر هگزان به آن اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه مخلوط شدن، درب آن توسط فویل آلومینیومی پوشیده شده و در دمای (۴- درجه سانتیگراد) در سردخانه به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس بخش بالایی مخلوط که حاوی چربی حل شده در حلال بود به آرامی درون یک بشر تخلیه شد. به منظور حذف ذرات زائد موجود در حلال با استفاده از سانتریفیوژ مدل (Hermle Labortechnik GMBH, Type Z300, Germany) در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ انجام شد. پس از رسوب ذرات، حلال و چربی موجود در آن به یک بالون ۲۰۰ سی‌سی منتقل شده و سپس هگزان با استفاده از دستگاه روتاری اوپوراتور (Heidolph Laborota 4001, Swiss) تحت فشار خلاء و دمای ۳۵ درجه سانتیگراد تبخیر و روغن استخراجی درون میکروتیوب ریخته شد و به منظور آنالیز اسیدهای چرب به آزمایشگاه منتقل گردید. اسیدهای چرب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه (Perkin-Elmer Chromatograph, modle YongLIN 6100, UK) با دتکتور FID و ستون (۰/۲۵mm ×۰/۲mμ ×۶۰m، به ترتیب طول× قطر× ضخامت) آنالیز شدند (استاندارد ملی ایران، ۱۲۷۳۶).

۲-۳- آنالیز اسیدهای چرب شیر

نمونه‌های شیر بعد از زمان نمونه‌گیری و با پایان دورهٔ آزمایشی، فریز درای[۱] شده و به آزمایشگاه تغذیه مرکز تحقیقات ملّی کشاورزی فرانسه (**INRA**) منتقل و بر اساس روش فرلای و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش گاز کروماتوگرافی برای اسیدهای چرب مورد آنالیز قرار گرفتند.

[۱] Freez dry

۳-۳- اندازه‌گیری ترکیبات فنولی و تانن‌ها

مقدار کل ترکیبات فنولی بر اساس روش فولین شیکالتو[۱] اندازه‌گیری شد (ماکار و همکاران، ۱۹۹۳). مقدار کل تانن از طریق محاسبه میزان اختلاف ترکیبات فنولی قبل و بعد از واکنش با پلی‌وینیل‌پیرولیدون به دست آمد. ۱۰ میلی‌لیتر استون ۷۰ درصد به لوله آزمایش حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه خشک شده جهت استخراج ترکیبات فنولی اضافه گردید. سپس کربنات سدیم ۲۰ درصد، فنول فولین شیکالتو (۱ مولار) و ۰/۹ میلی‌لیتر آب مقطر به ۰/۱ میلی لیتر از عصاره استونی اضافه گردید. پس از مخلوط شدن به مدت ۳۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد و سپس در طول موج ۷۲۵ نانومتر جذب عددی آن توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. با استفاده از محلول اسید تانیک در غلظت های مختلف منحنی استاندارد رسم شده و سپس مقدار ترکیبات فنولی نمونه محاسبه گردید.

۳-۴- آنالیز آماری

داده‌های مربوط به مصرف خوراک، تولید شیر، ترکیب شیر و اسیدهای چرب شیر با استفاده از رویه **GLM** و نرم افزار **SAS** (۲۰۰۳) و در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت زیر مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. میانگین مشاهدات توسط آزمون **Lsmeans** در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = مشاهده **i** در تیمار **j**

μ = میانگین کل مشاهدات

T_i = اثر تیمار **i**

e_{ij} = خطای تصادفی

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- مصرف خوراک، چربی، تانن و اسیدهای چرب

میزان مصرف مواد مغذی مختلف در اثر استفاده از تیمارهای گوناگون در جدول (۵) نشان داده شده است. در این آزمایش تیمارهای مختلف از نظر میزان مصرف خوراک با هم یکسان بودند (**P**>۰/۰۵) ولی میزان مصرف چربی و تانن‌ها تحت تأثیر تیمارها قرار گرفتند (**P**<۰/۰۵) و تیمارهای حاوی دانه کتان میزان چربی بیشتر و تیمارهای دارای پوست پسته، تانن بیشتری را فراهم کردند. همچنین تیمارهای مختلف میزان مصرف اسیدهای چرب را تحت تأثیر قرار دادند و بین تیمارها از این نظر اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (**P**<۰/۰۵)، بطوریکه تیمارهای حاوی دانه کتان بیشترین میزان اسیدهای چرب **C16:1-cis9**، **C18:0**، **C18:1-cis9**، **C18:1-cis11** و **C18:3n3** را فراهم کردند، امّا تیمارهای حاوی پنبه دانه **C14:0**، **C16:0**، **C18:2n6** و **C20:1c11** بیشتری را فراهم ساختند که این امر را می‌توان به ترکیب اسیدهای چرب غالب موجود در دانه کتان و پنبه دانه نسبت داد.

مطالعات زیادی برای تعیین اثر دانه کتان بر روی مصرف خوراک صورت گرفته است. گونتیبر و همکاران (۲۰۰۴) با تغذیه دانه کتان در جیره گاوهای شیری بیان کردند که میزان مصرف اسیدهای چرب MUFA افزایش یافت. بطورکلی، دانه کامل

[۱] Folin and Ciocalteu

کتان به راحتی توسط گاو شیری مصرف می‌شود و تا ۱۵ درصد آن در کل ماده خشک جیره تأثیری بر مصرف خوراک گاوهای اوایل (پتیت، ۲۰۰۲)، اواسط (سکچیاری و همکاران، ۲۰۰۳) و اواخر شیردهی (مارتین و همکاران، ۲۰۰۸) نداشت. گونتیبر و همکاران (۲۰۰۵) با تغذیه گاوهای شیری توسط دانه کتان اکسترود شده به میزان ۱۲/۷ درصد (ماده خشک جیره)، تأثیری بر روی مصرف خوراک مشاهده نکردند. همچنین، زاچوت و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که مصرف جیره‌های حاوی دانه کتان اکسترود شده بر روی مصرف خوراک در دوره پیش از زایمان اثری نداشت، در حالیکه بعد از زایمان مصرف خوراک و انرژی بترتیب ۳ و ۵/۸ درصد در گاوهای تغذیه شده با دانه کتان اکسترود شده نسبت به گاوهای گروه کنترل بالاتر بوده است که این نتایج با یافته های پتیت و همکاران (**۲۰۰۷b**) هم راستا بوده است.

جدول ۵- اثر دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته بر مصرف خوراک، چربی، تانن و اسیدهای چرب گاوهای شیرده هلشتاین

ماده مغذی	تیمار[1]				SEM[2]
	CS	**CS+PIS**	**LIN**	**LIN+PIS**	
ماده خشک (**kg/d**)	۲۵/۲۲	۲۵/۴۳	۲۵/۰۹	۲۵/۵۲	۰/۱۵۶
چربی (**g/d**)	۹۳۳^{d}	۱۰۱۷^{c}	۱۰۲۴^{b}	۱۰۳۱^{a}	۶/۴۴
تانن (**g/d**)	۶۵/۵۷^{c}	۳۱۵/۴۰^{a}	۴۵/۱۷^{d}	۳۰۸/۷۸^{b}	۱/۰۵۶
اسیدهای چرب (**g/d**)					
C14:0	۶/۴۳^{b}	۸/۸۵^{a}	۳/۶۱^{d}	۴/۰۳^{c}	۰/۰۷۹
C16:0	۲۲۶/۷۷^{b}	۲۵۱/۲۵^{a}	۱۸۴/۳۰^{d}	۱۹۸/۴۷^{c}	۲/۰۹۴
C16:1-cis9	۱۱/۱۵^{c}	۱۰/۸۳^{c}	۱۱/۸۰^{b}	۱۲/۶۲^{a}	۰/۱۵۲
C18:0	۳۴/۰۹^{d}	۳۸/۹۲^{c}	۵۳/۰۶^{b}	۵۵/۸۹^{a}	۰/۴۴۴
C18:1-cis9	۱۹۶/۷۰^{c}	۱۹۴/۴۳^{c}	۲۷۱/۱۶^{b}	۲۹۶/۰۸^{a}	۱/۳۹۱
C18:1-cis11	۹/۸۰^{d}	۱۰/۳۷^{c}	۱۲/۶۴^{b}	۱۴/۲۵^{a}	۰/۱۲۲
C18:2n6	۳۸۹/۴۸^{a}	۳۴۷/۰۵^{b}	۲۹۰/۴۳^{d}	۳۳۲/۴۰^{c}	۲/۲۵۳
C18:3n3	۳۰/۴۲^{d}	۸۶/۲۷^{c}	۳۴۳/۹۲^{b}	۳۵۸/۰۴^{a}	۱/۱۸۲
C20:1cis11	۱/۳۵^{a}	۱/۲۷^{a}	۰/۶۰^{b}	۰^{c}	۰/۱۷۵
C22:5n3	۰/۸۴^{c}	۱/۸۸^{a}	۰/۹۰^{c}	۱/۳۰^{b}	۰/۰۲۳

[1] تیمار ۱ (**CS**: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (**CS-PIS:** حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (**LIN:** حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (**LIN-PIS:**حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته).

[2] در هر ردیف بین میانگین‌ها با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار وجود دارد (**P<۰/۰۵**).

علاوه بر این، مطالعات متعددی در رابطه با اثر تغذیه پوست پسته بر مصرف خوراک نشخوارکنندگان مورد مطالعه قرار گرفت. پژوهش‌هایی که بر روی جایگزین کردن سطوح مختلف پوست پسته به جای سیلاژ ذرت در جیره گاوهای شیری

انجام شده بودند نتایج مشابهی با نتایج آزمایشات حاضر داشتند و در واقع پوست پسته بر روی مصرف ماده خشک گاوهای شیری اثر معنی‌داری نداشت. وهمنی (۱۳۸۴) **PBP** را در مقادیر صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد مادهٔ خشک جیره گاوهای هلشتاین شیرده در اواسط دوره شیردهی با تفالهٔ چغندر قند جایگزین نمود که نتایج این مطالعه نشان داد که مصرف خوراک تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. در ادامهٔ این مطالعه، بهلولی (۱۳۸۵) مقادیر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مادهٔ خشک از **PBP** را با سیلاژ ذرت در جیره گاوهای شیرده هلشتاین اوایل شیردهی جایگزین نمود. نتایج بدست آمده نشان داد که میزان مصرف خوراک تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. حشمی (۱۳۸۶)، با جایگزین کردن سیلاژ ذرت با **PBP** به میزان ۱۲ درصد ماده خشک در جیرهٔ گاوهای شیری اوایل شیردهی مشاهده کردند که **PBP** بر مصرف خوراک گاوها اثری نداشت. قلی زاده و همکاران (۲۰۱۰) سطوح صفر و ۱۰ درصد **PBP** که در جیره گاوهای شیری جایگزین سیلاژ ذرت شده بود را مورد مطالعه قرار دادند. این محققان گزارش کردند که مصرف خوراک تأثیر مصرف **PBP** قرار نگرفتند نداشت و می‌توان از این فرآورده فرعی کشاورزی در نواحی کم باران و با سطح پایین تولید علوفه در تغذیه دام استفاده کرد.

۳-۲- تولید و ترکیب شیر

داده‌های مربوط به تأثیر دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته بر تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول۶- اثر دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته بر تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده هلشتاین

ماده مغذی (کیلوگرم در روز)	تیمار[1] CS	CS+PIS	LIN	LIN+PIS	SEM[2]
تولید شیر	۴۰/۳۶	۳۸/۴۱	۴۱/۷۶	۴۰/۵۷	۲/۱۶۷
%4 FCM[3]	۳۳/۷۴	۳۵/۲۲	۳۱/۵۶	۳۴/۵۴	۲/۲۹۱
ECM[4]	۳۸/۸۳	۴۰/۵۱	۳۷/۹۵	۳۹/۴۱	۲/۳۹۴
SCM[5]	۳۶/۵۳	۳۷/۸۲	۳۵/۱۲	۳۷/۲۱	۲/۲۴۶
چربی	۱/۰۷	۱/۲۵	۰/۹۶	۱/۰۷	۰/۱۳۲
پروتئین	۱/۰۴	۱/۰۸	۱/۱۵	۱/۰۳	۰/۱۳۳
لاکتوز	۱/۵۳	۱/۶۲	۱/۶۸	۱/۵۲	۰/۱۹۱
مواد جامد بدون چربی	۲/۸۶	۳	۳/۱۸	۲/۸۴	۰/۳۶۵
کل مواد جامد	۰/۲۳۷	۰/۲۴۵	۰/۲۶۰	۰/۲۳۵	۰/۰۳۱
درصد ترکیبات شیر					
چربی	۳/۱۶^{ab}	۳/۶۲^{a}	۲/۵۷^{b}	۳/۰۵^{ab}	۰/۳۰۷
پروتئین	۲/۹۶	۳/۰۶	۳/۰۳	۲/۹۳	۰/۰۵۲
لاکتوز	۴/۳۸	۴/۵۷	۴/۳۹	۴/۳۳	۰/۰۸۸
مواد جامد بدون چربی	۸/۱۶	۸/۴۲	۸/۳۱	۸/۰۶	۰/۱۴۳
کل مواد جامد	۶/۷	۶/۹	۶/۸	۶/۶	۰/۱۱

راندمان مصرف خوراک [۶]	۱/۴۴	۱/۴۸	۱/۴۹	۱/۴۶	۰/۰۸۳	

[۱] تیمار ۱ (**CS**: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (**CS-PIS:** حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (**LIN:** حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (**LIN-PIS:**حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته).

[۲] در هر ردیف بین میانگین‌ها با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار وجود دارد (**P<۰/۰۵**).

[۳] شیر تصحیح شده بر اساس ۴٪ چربی

[۴] شیر تصحیح شده برای انرژی

[۵] شیر تصحیح شده برای مواد جامد

[۶] **ECM (kg/d)/DMI (kg/d)**

نتایج نشان دادند که بین تیمارها از نظر تولید شیر، شیر تصحیح شده بر اساس ۴٪ چربی (**4% FCM**)، شیر تصحیح شده برای انرژی (**ECM**) و شیر تصحیح شده برای مواد جامد (**SCM**) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (**P>۰/۰۵**). همچنین میزان تولید چربی، پروتئین، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی (**SNF**) و کل مواد جامد (**TS**) در شیر بین تیمارها یکسان بوده است (**P>۰/۰۵**). از بین ترکیبات شیر، تنها درصد چربی شیر تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (**P<۰/۰۵**) و سایر ترکیبات در همه تیمارها با هم یکسان بودند (**P>۰/۰۵**) بطوریکه تیمار حاوی تخم پنبه و پوست پسته (**CS+PIS**) بالاترین و تیمار دارای کتان (**LIN**) کمترین غلظت چربی را دارا بودند. بطور کلی تیمارهای حاوی دانه کتان اکسترود شده غلظت چربی شیر کمتری نسبت به تیمارهای حاوی پنبه دانه بودند و همچنین بین تیمارهای دارای پوست پسته و فاقد آن، تیمارهای حاوی پوست پسته دارای غلظت چربی بالاتری نسبت به تیمار مشابه فاقد پوست پسته بودند. راندمان مصرف خوراک در همهٔ تیمارها یکسان بوده است و بین تیمارها از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (**P>۰/۰۵**).

پتیت (۲۰۱۰) بیان کرد که به نظر می‌رسد اثر مصرف دانه کتان بر روی تولید شیر گاوهای شیرده در دورهٔ اوایل شیردهی معنی‌دار نمی‌باشد. در پژوهش پتیت (۲۰۰۲) مصرف دانه کامل کتان (۱۰/۴ درصد ماده خشک) سبب تولید شیر به میزان ۳۵/۷ کیلوگرم (میانگین تولید) در ۱۶ هفته اول شیردهی شد که مشابه با تولید شیر گاوهای مصرف کننده ۱۷/۷ تا ۱۸/۴ درصد سویای میکرونایز شده (۳۴/۴ کیلوگرم در روز تولید شیر) بوده است. به طور مشابه، سویتا و همکاران (۲۰۰۳) هیچ اختلاف معنی‌داری در تولید شیر گاوهای اوایل شیردهی که از جیره حاوی ۱ درصد دانه کامل کتان و جیره بدون دانه کتان تغذیه می‌شدند، مشاهده نکردند.

به طور کلی جیره های مکمل شده با دانه کامل کتان اثر اندکی روی تولید شیر در گاوهای اواسط و اواخر شیردهی دارند (پتیت، ۲۰۱۰). گاوهای شیری تغذیه شده با صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد دانه کامل کتان در اواسط شیردهی (۲۶/۹ کیلوگرم تولید شیر) نشان دادند که غلظت دانه کتان در جیره تأثیری روی تولید شیر ندارد (کنلی و خراسانی، ۱۹۹۲). همچنین نتایج مشابهی در گاوهای شیری اواسط شیردهی (پتیت و گگنون، ۲۰۰۹؛ پتیت و همکاران، ۲۰۰۹) و اواخر شیردهی (مارتین و همکاران، ۲۰۰۸) که از صفر یا ۱۵ درصد دانه کامل کتان به مدت ۵ هفته تغذیه می‌شدند، گزارش گردید. سکچیاری و همکاران (۲۰۰۳) هیچ اختلافی در تولید شیر گاوهای تغذیه شده با ۱/۸ درصد دانه کامل کتان، مشاهده نکردند. پتیت (۲۰۱۰) بیان کرد که شاید تناقض‌های بین آزمایش‌های مختلف در مورد اثر مصرف دانه کتان روی تولید شیر در اوایل شیردهی ناشی از اختلاف در ترکیب جیره و طول دوره آزمایش باشد.

ترشح چربی شیر با جیره‌های حاوی کنسانتره بالا و فیبر پایین که با دانه‌های روغنی حاوی **PUFA** بالا مکمل شده باشند کاهش می‌یابد (چیلیارد و همکاران، ۲۰۰۷). این عارضه سندرم کاهش چربی شیر نام دارد که تئوری بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه برای وقوع آن بیشتر پذیرفته شده است. بر اساس این تئوری، نتیجه اثر برخی ترکیبات حد واسط حاصل از بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب **PUFA** در شکمبه می‌باشد که بر روی سنتز درون‌زادی اسیدهای چرب شیر اثر مهار کنندگی دارند (شینگفیلد و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس تئوری بیوهیدروژناسیون کاهش چربی شیر (بومن و گریناری، ۲۰۰۱) فرلای و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که برخی ایزومرهای **C18:1**، **C18:2** و همچنین اسید چرب **C18:3n3** قادر به کاهش سنتز چربی شیر می‌باشند.

ایزومر **$t_{10}c_{12}$CLA**، ایزومری است که طی بیوهیدروژناسیون **PUFA** در شکمبه تولید شده و بیشترین اثر مهار کنندگی را بر روی لیپوژنسیز در غدد پستانی دارد (فرلای و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین تعداد دیگری از ایزومرهای ترانس **C18:1** بخصوص **t_{10}C18:1**، **t_{10}C18:2** و یا **t_{10}C18:3** نیز برای این اثر مهارکنندگی مدنظر هستند (روی و همکاران، ۲۰۰۶؛ چیلیارد و همکاران، ۲۰۰۷؛ شینگفیلد و همکاران،۲۰۱۰).

در این مطالعه شاید بتوان علّت کمتر بودن غلظت چربی شیر در تیمارهای حاوی دانه کتان اکسترود شده را به غلظت بالاتر اسیدهای چرب ترانس **C18:2** شیر (جدول ۴-۱۹) گاوهای تغذیه شده با این تیمارها و اثر مهارکنندگی آنها در سنتز چربی شیر نسبت داد. به طور کلی به نظر می‌رسد که کاهش غلظت چربی شیر بیشتر به دلیل اسیدهای چرب غیراشباعی است که روی تخمیر شکمبه تأثیر دارند (پتیت، ۲۰۱۰). با مصرف دانه کتان آسیاب شده به میزان ۱۲ درصد ماده خشک جیره (داسیلوا و همکاران، ۲۰۰۷) غلظت چربی شیر تمایل به کاهش از ۴/۱ به ۳/۸ درصد داشت که ممکن است به خاطر آزاد شدن سریع روغن دانه کتان درون شکمبه در اثر آسیاب کردن دانه‌ها باشد.

در ظاهر غلظت و تولید پروتئین شیر تحت تأثیر مصرف دانه کتان قرار نمی‌گیرد (پتیت، ۲۰۱۰)، امّا چندین آزمایش در این زمینه افزایش پروتئین شیر را گزارش کرده‌اند. مصرف جیره‌های حاوی ۷ تا ۱۲/۴ درصد دانه کامل کتان فرآوری نشده توسط گاوهای اوایل شیردهی در مقایسه با مصرف جیره بدون دانه کتان، تأثیری روی غلظت پروتئین شیر نداشت (خراسانی و کنلی، ۱۹۹۴؛ پتیت و همکاران، ۲۰۰۴). مصرف جیره‌های حاوی ۵ تا ۱۵درصد دانه کامل کتان در گاوهای اواسط شیردهی اثری روی غلظت و تولید پروتئین شیر نداشت (پتیت و گگنون، ۲۰۰۹؛ پتیت و همکاران، ۲۰۰۹) و وقتی گاوها در اوایل شیردهی با جیره‌های دارای ۱ (سویتا و همکاران، ۲۰۰۳) یا ۱۱/۴درصد (پتیت و بنچار، ۲۰۰۷) دانه کامل کتان تغذیه شدند نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد. در هر حال، هر چند که اختلافی در تولید پروتئین شیر وجود نداشت ولی افزودن دانه کامل کتان به جیره گاوهای شیری در اواسط مرحله شیردهی در سطوح ۵ تا ۱۵درصد ماده خشک جیره سبب کاهش خطی غلظت پروتئین شیر شد (۳/۲۱ درصد برای حیوانات شاهد در مقایسه با ۳/۱۴ درصد گاوهای مصرف کننده ۱۵درصد دانه کتان). علاوه بر این، مصرف جیره‌های حاوی ۱۱/۸ درصد دانه کامل کتان بین هفته‌های ۲۰ و ۳۰ شیردهی (پروتئین خام جیره ۱۶ یا ۱۸ درصد) تأثیری روی غلظت و تولید پروتئین شیر در مقایسه با گروه شاهد نداشت (پتیت و همکاران، ۲۰۰۵). اختلاف‌ها در مراحل شیردهی و میزان تولید شیر احتمالاً عواملی هستند که پاسخ گاوها به افزودن چربی در جیره را تعیین می‌کنند، چرا که در اواسط شیردهی و در گاوهای کم تولید انرژی عامل محدود کننده‌ای برای گاو شیری نیست (پتیت، ۲۰۱۰). بر طبق پژوهش شینگوس و همکاران (۱۹۹۶) تأثیر مکمل چربی روی پروتئین شیر به منبع اسیدهای چرب اضافه شده به جیره بستگی دارد. اختلاف در جیره پایه (نوع علوفه و نسبت علوفه به کنسانتره) همچنین می‌تواند سر منشأ تناقض‌های موجود بین مطالعات مختلف باشد. فرآوری دانه کتان اثرات اندکی روی غلظت و تولید پروتئین شیر دارد (پتیت، ۲۰۱۰). مصرف جیره‌های حاوی

دانه کتان غلطک خورده در اوایل شیردهی (خراسانی و کنلی، ۱۹۹۴) و دانه کتان آسیاب شده به گاوهای شیری در اواسط (کلومب و همکاران، ۲۰۰۴) یا اواخر شیردهی (گونتیر و همکاران، ۲۰۰۵) نتایج مشابهی را در مورد غلظت پروتئین شیر در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با جیره های شاهد نشان داد (جدول ۲-۸). علاوه بر این، گاوهای تغذیه شده با جیره‌های دانه کامل کتان یا غلطک خورده به میزان ۱۰ درصد ماده خشک جیره نتایج مشابهی را روی غلظت پروتئین شیر داشت (اوبا و همکاران، ۲۰۰۹). میکرونایز کردن (سویتا و همکاران، ۲۰۰۳) و اکسترود کردن (مارتین و همکاران، ۲۰۰۸) زمانی که دانه کتان به میزان کمتر از ۱۰ درصد ماده خشک به جیره گاوهای شیری اضافه شد، تأثیری روی غلظت پروتئین شیر نداشت. اگر چه ازت اوره‌ای شیر با مصرف تیمار حاوی دانه کتان آسیاب شده افزایش نشان داد؛ ولی مصرف جیره‌های فاقد دانه کتان، حاوی ۱۲/۵ درصد دانه کتان آسیاب شده، ۱۲/۷درصد میکرونایز شده یا ۱۲/۷درصد اکسترود شده، غلظت و تولید پروتئین شیر، ازت کازئین و ازت غیرپروتئینی شیر مشابهی را نشان دادند (داسیلوا و همکاران، ۲۰۰۷).

تأثیر مصرف دانه کتان روی غلظت لاکتوز شیر واضح نیست. تغذیه جیره‌های دارای ۷ تا ۱۰ درصد ماده خشک دانه کامل کتان به گاوهای اوایل شیردهی (خراسانی و کنلی، ۱۹۹۴) و بیش از ۱۵ درصد برای گاوهای اواسط شیردهی (کلنی و خراسانی، ۱۹۹۲) یا اواخر مرحله شیردهی (سکچیاری و همکاران، ۲۰۰۳؛ مارتین و همکاران، ۲۰۰۸) اثری روی غلظت لاکتوز شیر در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با جیره بدون دانه کتان نداشت. در مقابل، غلظت لاکتوز شیر گاوهای شیری اواسط شیردهی که با جیره‌های حاوی ۱۱/۸ درصد دانه کامل کتان تغذیه شده بودند، نسبت به گروه شاهد کاهش (پتیت و همکاران، ۲۰۰۵) ولی نسبت به شیر گاوهای تغذیه شده با جیره حاوی نمک‌های کلسیمی روغن پالم افزایش یافت. امّا، غلظت لاکتوز شیر گاوهای تغذیه شده با دانه کامل کتان و دانه سویای میکرونایز شده تفاوتی نداشتند (پتیت، ۲۰۰۲). غلظت لاکتوز شیر با آسیاب کردن (کلومب و همکاران، ۲۰۰۴؛ داسیلوا و همکاران، ۲۰۰۷) و غلطک زدن (خراسانی و کنلی، ۱۹۹۴؛ اوبا و همکاران، ۲۰۰۹) دانه کتان وقتی به میزان ۷ تا ۱۰ درصد ماده خشک در جیره گاوهای شیری مصرف شدند، تحت تأثیر قرار گرفت. تیمار کردن دانه کامل کتان با فرمالدئید موجب افزایش غلظت لاکتوز گاوهای اواسط شیردهی (پتیت، ۲۰۰۳) شد اما مصرف دانه کامل کتان تیمار شده با فرمالدئید غلظت لاکتوز شیر را در مقایسه با مصرف نمک های کلسیمی روغن پالم در پژوهش پتیت و همکاران (۲۰۰۲) کاهش داد.

همچنین مطالعاتی که اثر پوست پسته را در تغذیه گاوهای شیری مورد مطالعه قرار دادند، بیان کردند که تولید و ترکیبات شیر تحت تأثیر جایگزین کردن پوست پسته با سیلاژ ذرت یا تفاله چغندر قرار نگرفتند. وهمنی (۱۳۸۴) **PBP** را در مقادیر صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد مادهٔ خشک جیره گاوهای هلشتاین شیرده در اواسط دوره شیردهی با تفالهٔ چغندرقند جایگزین نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که تولید شیر و ترکیبات آن تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. بهلولی (۱۳۸۵) مقادیر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مادهٔ خشک از **PBP** را با سیلاژ ذرت در جیره گاوهای شیرده هلشتاین اوایل شیردهی جایگزین نمود. نتایج بدست آمده نشان داد که میزان تولید و ترکیبات شیر تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. حشمی (۱۳۸۶)، با جایگزین کردن سیلاژ ذرت با **PBP** به میزان ۱۲ درصد ماده خشک در جیرهٔ گاوهای شیری اوایل شیردهی مشاهده کردند که میزان تولید و ترکیبات شیر تحت تأثیر مصرف **PBP** قرار نگرفتند و تنها تولید چربی شیر در جیره‌های حاوی **PBP** کاهش یافت. همچنین قلی زاده و همکاران (۲۰۱۰) با جایگزین کردن سطوح صفر و ۱۰ درصد **PBP** در جیره گاوهای شیری به جای سیلاژ ذرت دریافتند که تولید و ترکیبات شیر تحت تأثیر مصرف **PBP** قرار نگرفتند.

۳-۳- ترکیب اسیدهای چرب شیر

داده های مربوط به اسیدهای چرب شیر در جدول (۷) نشان داده شده است. نتایج آنالیز اسیدهای چرب شیر نشان می‌دهد

که مصرف دانه کتان به میزان زیادی ترکیب اسیدهای چرب شیر را تحت تأثیر قرار داده است. بطوریکه غلظت اسیدهای چرب اشباع در جیره‌های حاوی دانه کتان بطور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵)، در حالیکه غلظت اسیدهای چرب غیر اشباع، اسیدهای چرب **MUFA**، **PUFA** و اسیدهای چرب ترانس بطور معنی داری افزایش یافت (P<۰/۰۵) بطوریکه تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (**LIN+PIS**) بالاترین غلظت **PUFA** را در بین تیمارها دارا بودند. همچنین غلظت اسیدهای چرب اُمگاتری با مصرف دانه کتان اکسترود شده افزایش یافت، که غلظت این اسیدهای چرب در تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (**LIN+PIS**) بالاتر از سایر تیمارها بوده است (P<۰/۰۵). علاوه براین، نسبت اسیدهای چرب **n6:n3** با مصرف دانه کتان اکسترود شده کاهش یافت (P<۰/۰۵) ولی بین تیمار **LIN** و **LIN+PIS** اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). غلظت اسیدهای چرب اشباع کوتاه و متوسط زنجیر در تیمارهای حاوی دانه کتان اکسترود شده بطور معنی‌داری کاهش یافت و در مقابل غلظت اسیدهای چرب بلند زنجیر افزایش نشان داد (P<۰/۰۵). غلظت اسید چرب **C18:0** در بین همه تیمارها یکسان بوده و تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت (P>۰/۰۵). غلظت ایزومر **CLA-cis9trans11** و **CLA** کل با مصرف دانه کتان اکسترود شده افزایش یافت، که این اسیدهای چرب در تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (**LIN+PIS**) بالاترین غلظت را داشته‌اند (P<۰/۰۵). غلظت ایزومرهای **C18:2-trans9trans12**، **C18:2-cis9trans13**، **C18:2-trans9cis12**، **C18:2-trans9cis15** و **CLA-trans11trans13** با مصرف دانه کتان اکسترود شده بطور معنی داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). همچنین غلظت اسید چرب **C18:3n3** شیر حیوانات تغذیه شده با دانه کتان اکسترود شده بطور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای حاوی پنبه دانه بوده است، که این اسید چرب در تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (**LIN+PIS**) بالاترین غلظت را داشته است (P<۰/۰۵). از نظر غلظت اسید چرب **C18:2n6** تنها بین تیمار (**CS**) و تیمار (**LIN+PIS**) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵) امّا بین سایر تیمارها از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). علاوه بر این، بین تیمارها از نظر غلظت کل اسیدهای چرب **n6** تفاوت معنی داری وجود نداشت (P<۰/۰۵). غلظت اسیدهای چرب **C20:3n6** و **C20:4n6** با مصرف دانه کتان اکسترود شده بطور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵)، امّا اسیدچرب **C20:5n3 (EPA)** در شیر حیوانات تغذیه شده با دانه کتان اکسترود شده بطور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای حاوی پنبه دانه بوده است، که این اسید چرب در تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (**LIN+PIS**) بالاترین غلظت را داشته است (P<۰/۰۵)، امّا بین تیمارها از نظر غلظت اسید چرب **C22:5n3 (DPA)** و **C22:6n3 (DHA)** تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). غلظت اسید چرب شاخه‌دار **Iso-C15:0** در شیر حیوانات تغذیه شده با تیمار (**CS**) بطور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بوده است (P<۰/۰۵)، امّا بین سایر تیمارها از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین بین تیمارها از نظر غلظت اسید چرب شاخه‌دار **Anteiso-C17:0** و کل اسیدهای چرب شاخه‌دار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). درصد راندمان انتقال و ابقاء اسید چرب **C18:2n6** از خوراک در شیر بین تیمارها یکسان بوده است (P>۰/۰۵) ولی ابقاء اسید چرب **C18:3n3** در شیر با مصرف تیمارهای حاوی دانه کتان اکسترود شده کاهش یافت (P<۰/۰۵)، همچنین بین تیمارهای حاوی پنبه دانه نیز درصد ابقاء اسید چرب **C18:3n3** در تیمار دارای پوست پسته کمتر از تیمار (**CS**) بوده است (P<۰/۰۵). غلظت کل اسیدهای چرب **C18:1** در شیر حیوانات تغذیه شده با دانه کتان اکسترود شده بطور معنی‌داری بالاتر بوده است (P<۰/۰۵) و تیمار (**LIN**) بالاترین غلظت این اسیدهای چرب را دارا بوده است، هرچند بین تیمار (**LIN+PIS**) و تیمارهای حاوی پنبه دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). غلظت اسید چرب **C18:1-cis12** در تیمار (**LIN+PIS**) بطور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بوده است (P<۰/۰۵)، همچنین تیمارهای حاوی دانه کتان اکسترود شده بطور معنی‌داری غلظت اسید چرب **C18:1-cis15** بالاتری را دارا بودند (P<۰/۰۵).

فرلای و همکاران (۲۰۱۳) با تغذیه سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد دانه کتان اکسترود شده به گاوهای شیری بیان کردند که ترکیب اسیدهای چرب شیر با افزایش سطح دانه کتان به میزان زیادی تحت تأثیر قرار گرفت. بطوریکه غلظت اسیدهای چرب اشباع شیر افزایش سطح کتان در جیره بطور خطی کاهش یافت، در حالیکه اسیدهای چرب **MUFA**، **PUFA** و اسیدهای چرب ترانس در شیر بطور خطی افزایش پیدا کردند.

جدول ۷- اثر دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته بر ترکیب اسیدهای چرب شیر گاوهای شیری (درصد کل اسیدهای چرب)

اسید چرب	تیمار[1]				
	CS	CS+PI	LIN	LIN+PI	SEM[2]
	S		S		
C4:0	۳/۲۱^{ab}	۳/۲۸^{ab}	۲/۸۱^{b}	۳/۵۴^{a}	۰/۱۸۵
C5:0	۰/۰۱۹	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۲
C6:0	۱/۹۹^{a}	۲/۲۵^{a}	۱/۴۳^{b}	۱/۸۶^{a}	۰/۱۲۷
C7:0	۰/۰۱۲^{ab}	۰/۰۱۸^{a}	۰/۰۱۰^{ab}	۰/۰۰۷^{b}	۰/۰۰۳
C8:0	۱/۰۰^{ab}	۱/۱۸^{a}	۰/۶۴^{c}	۰/۸۴^{bc}	۰/۰۹۲
C9:0	۰/۰۱۴^{b}	۰/۰۲۳^{a}	۰/۰۱۲^{b}	۰/۰۰۸^{b}	۰/۰۰۲۹
C10:0	۲/۰۴^{ab}	۲/۵۸^{a}	۱/۲۴^{b}	۱/۵۷^{b}	۰/۲۶۸
C10:1-cis9	۰/۱۷^{a}	۰/۱۸^{a}	۰/۱۰^{ab}	۰/۱۲^{b}	۰/۰۱۹
C11:0	۰/۰۲۰^{ab}	۰/۰۳۲^{a}	۰/۰۱۵^{ab}	۰/۰۱۰^{b}	۰/۰۰۵۸
C12:0	۲/۱۳^{ab}	۲/۶۶^{a}	۱/۴۳^{b}	۱/۶۷^{b}	۰/۲۹
Iso-C13:0	۰/۰۳۳	۰/۰۳۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳۵	۰/۰۰۲۹
Anteiso-C13:0	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲۲
C12:1-cis9	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۵
C13:0	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱۶
Iso-C14:0	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۰۹

C14:0	۸/۷۷^{ab}	۹/۸۰^{a}	۶/۴۳^{b}	۷/۲۵^{b}	۰/۷۵۴
Iso-C15:0	۰/۱۸^{a}	۰/۱۷a^{b}	۰/۱۵^{b}	۰/۱۴^{b}	۰/۰۱
C14:1-trans9	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
Anteiso-C15:0	۰/۴۴^{a}	۰/۴۲^{ab}	۰/۳۸^{b}	۰/۳۷^{b}	۰/۰۱۶
C14:1-cis9	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۰۸۶
C15:0	۰/۷۷^{ab}	۰/۸۵^{a}	۰/۷۴^{ab}	۰/۶۶^{b}	۰/۰۴۱
Iso-C16:0	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۰۲۱
C16:0	۲۸/۹۲^{a}	۳۰/۴۰^{a}	۲۰/۴۵^{b}	۲۱/۴۸^{b}	۱/۲۵۲
C16:1-trans6,8	۰/۰۲۶^{c}	۰/۰۳۰^{bc}	۰/۰۴۵^{a}	۰/۰۳۹^{ab}	۰/۰۰۳۷
Iso-C17:0	۰/۳۹^{b}	۰/۳۵^{b}	۰/۵۵^{a}	۰/۵۱^{a}	۰/۰۱۹
C16:1-trans9	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴	۰/۰۰۵۵
C16:1-cis6,8+ trans11	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۳۳
Anteiso-C17:0	۰/۳۸	۰/۲۹	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۰۹۱
C16:1-cis9	۱/۱۱	۱/۱۷	۱/۲۱	۱/۰۹	۰/۱۰۴
C16:1-cis11	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۱	۰/۰۰۵۵
C17:0	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۵۰	۰/۰۲۹
Iso-C18:0	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۱۲
C17:1-cis9	۰/۱۵^{b}	۰/۱۴^{b}	۰/۲۱^{a}	۰/۱۵^{b}	۰/۰۱۶
C18:0	۱۴/۴۲	۱۳/۷۸	۱۳/۶۴	۱۲/۰۶	۱/۱۱۷
C18:1-trans4	۰/۰۳۰^{bc}	۰/۰۲۱^{c}	۰/۰۴۵^{ab}	۰/۰۵۰^{a}	۰/۰۰۵
C18:1-trans5	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۶	۰/۰۴۱
C18:1-trans6,8	۰/۳۴^{b}	۰/۳۲^{b}	۰/۶۸^{a}	۰/۸۳^{a}	۰/۰۶۱
C18:1-trans9	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۰۸۷
C18:1-trans10	۰/۹۵	۰/۹۲	۱/۰۸	۰/۹۶	۰/۳۴۷
C18:1-trans11	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۲۱۱
C18:1-trans12+ cis6,8	۰/۴۷	۰/۳۶	۰/۷۱	۰/۸۳	۰/۲۰۱
C18:1-cis9	۲۲/۷۲^{ab}	۱۹/۰۸^{b}	۲۷/۷۴^{a}	۲۳/۶۸^{ab}	۱/۵۷۸
C18:1-cis11	۰/۶۴^{b}	۰/۶۳^{b}	۰/۹۳^{a}	۰/۷۵^{ab}	۰/۰۶۴
C18:1-cis12	۰/۳۸^{b}	۰/۳۹^{b}	۰/۴۹^{b}	۰/۸۱^{a}	۰/۰۷۵
C18:1-cis13	۰/۰۷^{b}	۰/۰۷^{b}	۰/۱۸^{a}	۰/۱۸^{a}	۰/۰۱۴
C18:1-trans16+cis14	۰/۳۹^{b}	۰/۳۸^{b}	۰/۸۹^{a}	۰/۸۱^{a}	۰/۰۵۶
C18:1-cis15+cis19	۰/۱۶^{b}	۰/۱۶^{b}	۰/۷۹^{a}	۰/۷۸^{a}	۰/۰۷۶
C18:2-transtrans(1)	۰/۰۳^{b}	۰/۰۳^{b}	۰/۰۵^{ab}	۰/۰۹^{a}	۰/۰۱۷

C18:2-transtrans(2)	۰/۰۰۹^{b}	۰/۰۰۳^{b}	۰/۰۲۱^{a}	۰/۰۳۱^{a}	۰/۰۰۳
C18:2-trans9trans12	۰/۰۱۲^{b}	۰/۰۰۶^{b}	۰/۰۷۷^{a}	۰/۰۶۶^{a}	۰/۰۱۵
C18:2-cis9trans13	۰/۱۹^{b}	۰/۱۷^{b}	۰/۶۷^{a}	۰/۶۱^{a}	۰/۰۷۶
C18:2-cis9trans12+C18:1-cis16	۰/۰۹^{b}	۰/۰۸^{b}	۰/۲۹^{a}	۰/۰۲۷^{a}	۰/۰۳۰
C18:2-cis9trans12+ C18:2-cis9trans14	۰/۰۷^{b}	۰/۰۷^{b}	۰/۱۷^{a}	۰/۱۶^{a}	۰/۰۱۲
C18:2-trans9cis12+C19:1-trans10	۰/۰۲^{b}	۰/۰۱^{b}	۰/۰۵^{a}	۰/۰۷^{a}	۰/۰۱۰
C18:2-trans11cis15	۰^{c}	۰^{c}	۰/۰۷^{a}	۰/۰۶^{b}	۰/۰۰۴
C18:2n6	۲/۴۱^{b}	۲/۴۹^{ab}	۲/۵^{ab}	۲/۷۹^{a}	۰/۰۹۸
C19:1-cis10	۰^{b}	۰^{b}	۰/۰۰۲^{b}	۰/۰۱۲^{a}	۰/۰۰۲
C20:0	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۰۱۱
C18:3n6	۰/۰۳۵^{a}	۰/۰۲۷^{ab}	۰/۰۱۰^{c}	۰/۰۱۵^{bc}	۰/۰۰۴۷
C20:1-cis9	۰/۱۲۳^{ab}	۰/۰۹۵^{b}	۰/۱۱۷^{ab}	۰/۱۲۸^{a}	۰/۰۰۹۱
C20:1-cis11	۰/۰۴۳^{b}	۰/۰۴۰^{b}	۰/۰۷۹^{a}	۰/۰۸۰^{a}	۰/۰۰۶۹
C18:3n3	۰/۲۹^{c}	۰/۲۸^{c}	۰/۷۷^{b}	۱/۱۵^{a}	۰/۰۳۸
CLA-cis9trans11	۰/۳۵^{c}	۰/۳۱^{c}	۰/۷۶^{b}	۱/۲۶^{a}	۰/۱۳۷
CLA-cis9cis11	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۴
C21:0	۰^{b}	۰^{b}	۰/۰۲^{ab}	۰/۰۴^{a}	۰/۰۰۸
CLA-trans11trans13	۰/۰۰۷^{b}	۰/۰۰۴^{b}	۰/۰۵۵^{a}	۰/۰۷۵^{a}	۰/۰۱۱۱
CLA-trans9trans11	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۵
C20:2n6	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰۵
C22:0	۰/۰۴۷^{a}	۰/۰۵۰^{a}	۰/۰۳۳^{b}	۰/۰۴۵^{a}	۰/۰۰۳۶
C20:3n6	۰/۱۱^{ab}	۰/۱۳^{a}	۰/۰۷^{c}	۰/۰۸^{bc}	۰/۰۰۹
C20:3n3+C22:1-cis13	۰/۰۱^{b}	۰/۰۱^{b}	۰/۰۲^{a}	۰/۰۲^{a}	۰/۰۰۱
C20:4n6	۰/۱۶^{a}	۰/۱۸^{a}	۰/۱۲^{b}	۰/۱۳^{b}	۰/۰۱۱
C23:0	۰/۰۲۳^{bc}	۰/۰۳۴^{a}	۰/۰۱۷^{c}	۰/۰۲۷^{ab}	۰/۰۰۲۴
C22:2n6	۰	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵۰
C20:5n3 (EPA)[3]	۰/۰۲۸^{b}	۰/۰۲۶^{b}	۰/۰۲۹^{b}	۰/۰۴۱^{a}	۰/۰۰۲۵
C24:1n9+C22:3n3	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۳
C24:0	۰/۰۲۲^{b}	۰/۰۳۰^{a}	۰/۰۱۸^{b}	۰/۰۲۴^{ab}	۰/۰۰۲۵
C22:4n6	۰/۰۲^{b}	۰/۰۴^{a}	۰/۰۲^{b}	۰/۰۲^{b}	۰/۰۰۳
C22:5n3 (DPA)[4]	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۰۴
C22:6n3 (DHA)[5]	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۱

کل **C18:1-cis**	۲۴/۲۳^{bc}	۲۰/۵۷^{c}	۳۰/۲۴^{a}	۲۶/۲۴^{ab}	۱/۶۰۳
کل **C18:1-trans**	۱۶/۷۵^{b}	۱۶/۴۲^{b}	۲۰/۸۵^{a}	۱۹/۸۰^{ab}	۱/۰۰۷
کل **CLA**	۰/۳۹^{bc}	۰/۳۵^{c}	۰/۸۴^{b}	۱/۳۸^{a}	۰/۱۴۷
اسیدهای چرب اشباع	۶۶/۰۸^{a}	۶۹/۲۰^{a}	۵۳/۰۳^{b}	۵۴/۸۶^{b}	۱/۸۷۸
اسیدهای چرب غیراشباع	۳۳/۹۲^{b}	۳۰/۸۰^{b}	۴۶/۹۷^{a}	۴۵/۱۴^{a}	۱/۸۰۷
اسیدهای چرب شاخه دار	۱/۸۱	۱/۵۹	۱/۸۲	۱/۶۶	۰/۱۰۹
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر	۱۰/۶۵^{ab}	۱۲/۳۸^{a}	۷/۸۳^{c}	۹/۷۸^{bc}	۰/۷۷۹
اسیدهای چرب متوسط زنجیر	۴۲/۸۴^{a}	۴۵/۲۱^{a}	۳۳/۲۷^{b}	۳۴/۶۶^{b}	۱/۶۴۰
اسیدهای چرب بلند زنجیر	۴۶/۵۱^{b}	۴۲/۴۱^{b}	۵۸/۸۹^{a}	۵۵/۵۶^{a}	۲/۲۲
کل اسیدهای چرب ترانس	۳/۱۸^{b}	۳/۳۹^{b}	۹/۱۸^{a}	۹/۵۹^{a}	۱/۰۲۲
MUFA	۲۹/۱۳^{b}	۲۵/۷۰^{b}	۳۹/۷۹^{a}	۳۷/۷۹^{a}	۱/۷۲۴
PUFA	۴/۰۷^{c}	۴/۱۰^{c}	۵/۷۸^{b}	۶/۴۹^{a}	۰/۲۳۸
n3	۰/۳۹^{c}	۰/۳۹^{c}	۰/۸۷^{b}	۱/۲۷^{a}	۰/۰۳۴
n6	۲/۷۸	۲/۹۱	۲/۷۵	۳/۰۸	۰/۱۰۴
n6:n3	۷/۱۷^{b}	۷/۴۴^{b}	۳/۱۴^{a}	۲/۴۳^{a}	۰/۲۴۷
[۶] ابقاء **C18:2n6** (٪)	۷/۳۰	۹/۳۵	۹/۳۰	۱۰/۱۸	۱/۲۸۳
[۶] ابقاء **C18:3n3** (٪)	۱۲/۲۲^{a}	۴/۴۶^{b}	۲/۵۰^{b}	۳/۷۴^{b}	۱/۰۰۳

[۱] تیمار ۱ (**CS**: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (**CS-PIS:** حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (**LIN:** حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (**LIN-PIS:**حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته).

[۲] در هر ردیف بین میانگین‌ها با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار وجود دارد (**P<۰/۰۵**).

[۳] ایکوزا پنتا انوئیک اسید

[۴] دکوزا پنتا انوئیک اسید

[۵] دکوزا هگزا انوئیک اسید

[۶] میزان تولید شده در شیر (گرم در روز) تقسیم بر میزان مصرف شده در خوراک (گرم در روز)

همچنین غلظت اسیدهای چرب اُمگاتری نیز افزایش و نسبت اسیدهای چرب **n6:n3** با افزایش سطح اکسترود دانه کتان در جیره کاهش یافت که این یافته‌ها هم راستا با نتایج این مطالعه بوده‌اند.

چیلیارد و همکاران (۲۰۰۹) و کلنی و خراسانی (۱۹۹۲) نیز به ترتیب با تغذیه ۲۱٪ دانه کتان اکسترود شده و ۱۵٪ دانه کامل کتان در جیره گاوهای شیری گزارش کردند که غلظت اسیدهای چرب اشباع شیر نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. در مطالعهٔ فرلای و همکاران (۲۰۱۳) با مکمل کردن دانه کتان اکسترود شده در جیره درصد اسیدهای چرب اشباع کوتاه و متوسط زنجیر در شیر کاهش یافت و غلظت اسید چرب **C18:0** نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد ولی بین تیمارهای حاوی دانه کتان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همراستا با نتایج مطالعهٔ ما، پتیت (۲۰۱۵) با تغذیه سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد دانه کامل کتان در جیره گاوهای شیری اوایل دوره شیردهی بیان کرد که اسیدهای چرب **C16:1-cis9**، **C:17** و **C22:5n3** تحت تأثیر

تیمارها قرار نگرفتند و نسبت اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر با افزایش سطح دانه کتان در جیره کاهش یافت. این محقق بیان کرد که نسبت اسیدهای چرب **C18:1-cis9**، **C18:2-cis9trans11** و **C18:3cis9,12,15** با افزایش سطوح دانه کتان افزایش ولی **C20:4** کاهش یافت. در مطالعه ما غلظت ایزومر **C18:2-trans9cis15** در شیر با تغذیه دانه کتان اکسترود شده افزایش یافت، همچنین غلظت همهٔ ایزومرهای **C18:2** در تیمارهای حاوی دانه کتان اکسترود شده بالاتر بوده است که این امر را می‌توان نتیجه مصرف بالاتر لینولنیک اسید در جیره‌های حاوی دانه کتان و بیوهیدروژناسیون آن در شکمبه دانست (گریناری و بومن، ۱۹۹۹). لی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که اغلب ایزومرهای اسید لینولئیک مزدوج از بیوهیدروژناسیون اسید لینولنیک منشأ می‌گیرند. پتیت (۲۰۱۵) بیان کرد که نسبت کل اسیدهای چرب ترانس، **MUFA**، **PUFA** و اسیدهای چرب اُمگاتری با افزایش سطح دانه کتان بطور خطی افزایش یافت درحالیکه نسبت اسیدهای چرب اشباع و **n6** بطور خطی کاهش نشان داد که این یافته‌ها با نتایج مطالعات پیشین هم راستا بوده است (گلاسر و همکاران، ۲۰۰۸؛ پتیت، ۲۰۱۰؛ فرلای و همکاران، ۲۰۱۳). لِرچ و همکاران (۲۰۱۲) و فرلای و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که مکمل کردن دانه کتان اکسترود شده در جیره گاوهای شیری موجب افزایش درصد ایزومرهای سیس و ترانس **C18:1** می‌شود. مکمل کردن جیره بر پایه سیلاژ ذرت با دانه کتان اکسترود شده تنها به میزان اندکی موجب افزایش غلظت ایزومر **C18:2-cis9trans11** در شیر می‌شود (چیلیارد و همکاران، ۲۰۰۹؛ فرلای و همکاران، ۲۰۱۳) که این امر بیشتر به این علّت است که جیره های بر پایه سیلاژ ذرت عمدتاً باعث تولید **C18:1-trans11** و بعد از آن **C18:2-cis9trans11** در شکمبه نمی‌شوند (شینگفیلد و همکاران، ۲۰۱۰). در مقابل در جیره‌های بر پایه علوفه خشک، مکمل کردن دانه کتان اکسترود شده غلظت **C18:2-cis9trans11** شیر را افزایش می‌دهد (فرلای و همکاران، ۲۰۰۸؛ فرلای و همکاران، ۲۰۱۳). همانند نتایج این مطالعهٔ، فرلای و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که غلظت اسیدهای چرب **C20:3n6**، **C20:4n6**، و اسید چرب شاخه دار **Iso-C15:0** با افزایش اکسترود کتان کاهش یافت. این محققان بیان کردند که مکمل کردن جیره با دانه کتان اکسترود شده با غلظت اسیدهای چرب شاخه‌دار (به جز **IsoC17:0**) رابطه منفی دارد، زیرا افزایش مصرف **C18:3n3** در جیره موجب کاهش تولید این اسیدهای چرب در شیر می‌شود. دلیل این امر از آن جهت است که با افزایش اسیدهای چرب **PUFA** شدت اثر مهارکنندگی بر باکتری‌هایی که مسئول سنتز اسیدهای چرب شاخه‌دار در شکمبه هستند افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مصرف **C18:3n3** در جیره، رشد باکتری‌های سلولایتیک که حاوی مقادیر بالایی از اسیدهای چرب **Iso** می‌باشند (رومینوکوکوس آلبوس، رومینوکوکوس فلاوفسین) بیشتر از باکتری‌های آمیلولیتیک کاهش می‌یابد (ولامینک و همکاران، ۲۰۰۶؛ فیوز و همکاران، ۲۰۱۲).

در مطالعه فرلای و همکاران (۲۰۱۳) راندمان انتقال اسیدهای چرب **C18:2n6** و **C18:3n3** از خوراک به شیر با افزایش سطح دانه کتان در جیره کاهش یافت که این یافته‌ها با نتایج مطالعات پیشین لارسن و همکاران (۲۰۱۲) و بنچار و همکاران (۲۰۱۲) هم‌راستا بوده است. بنچار و همکاران (۲۰۱۲) سه علت برای کاهش راندمان انتقال این اسیدهای چرب برشمردند؛ ۱) افزایش راندمان بیوهیدروژناسیون متعاقب افزایش فراهم آوری روغن آزاد شده در اثر مکمل سازی دانه کتان؛ ۲) کاهش قابلیت هضم روده‌ای **C18:3cis9,12,15** در اثر افزایش میزان عبوری آن از تخمیر شکمبه‌ای در پی افزایش دسترسی به روغن کتان؛ ۳) کاهش راندمان برداشت **C18:3cis9,12,15** توسط سلولهای پستانی به علّت افزایش غلظت این اسید چرب در خون سرخرگی. علاوه بر این، لارسن و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که شاید بخش بیشتری از روغن فراهم شده به علّت بالا بودن مصرف دانه روغنی به جای شرکت در ترشح چربی شیر، در مسیرهای دیگری به مصرف برسد.

گلاسر و همکاران (۲۰۰۸) طی یک پژوهش متاآنالیز اثر مکمل کردن دانه کتان و سایر دانه‌های روغنی بر روی ترکیب شیر را مورد بررسی قرار دادند و در این مطالعه از نتایج مطالعات پیشین استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که درصد

C4:0 با اکثر دانه‌های روغنی تحت تأثیر قرار نگرفته و تنها به میزان کمی توسط دانه کتان غلظت آن کاهش می‌یابد. شاید علّت این تغییرات اندک در غلظت بوتیرات سنتز آن از **BHBA** باشد که زیاد نسبت به اثر مهارکنندگی اسیدهای چرب بلند زنجیر حساس نمی‌باشد، زیرا از اکسیداسیون اسیدهای چرب نیز **BHBA** تولید می‌شود. این محققان بیان کردند که تقریباً با مکمل کردن همه دانه‌های روغنی در نتیجه کاهش ترشح اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر و افزایش ترشح **C18**، غلظت اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر مشاهده می‌شود. همچنین همهٔ اسیدهای چرب **C6** تا **C16** تقریباً تحت تأثیر همه مکمل‌های دانه‌های روغنی در اثر نقش مهارکنندگی چندین ایزومر ترانس **C18** تولید شده در طی مسیر سنتز درون زادی اسید چرب (بومن و گریناری، ۲۰۰۱؛ شینگفیلد و گریناری، ۲۰۰۷) و یا اثر مستقیم اسیدهای چرب **PUFA** جیره کاهش می‌یابند (چیلیارد و همکاران، ۱۹۹۱). نتایج یافته‌های گلاسر و همکاران (۲۰۰۸) با این فرضیهٔ ایزومرهای ترانس مطابقت داشت، زیرا مکمل‌ها که تولید بیشتر حدواسط‌های بیوهیدروژناسیون شکمبه را افزایش دادند، همچنین موجب تحریک کاهش بیشتر درصد اسیدهای چرب **C4** تا **C16** نیز شده‌اند. گلاسر و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که کاهش تولید اسیدهای چرب **C4** تا **C16** در شیر با افزایش تولید **C18** جبران می‌شود، به همین دلیل اثری کاملاً ضعیف و یا غیر معنی‌دار بر روی محتوای چربی شیر مشاهده می‌شود. همچنین این محققان دریافتند که همه مکمل‌های دانه‌های روغنی موجب افزایش غلظت **C18** کل و همچنین **C18:0** می‌شوند که پراکندگی **C18** کل در شیر از ۳۵٪ کل اسیدهای چرب شیر در تیمارهای مکمل نشده تا ۴۵٪–۵۸٪ در تیمارهای مکمل شده با دانه‌های روغنی متغییر است، که این موضوع تأیید کنندهٔ انعطاف‌پذیری ترکیبات چربی شیر می‌باشد. این افزایش از کاهش در تولید اسیدهای چرب **C4** تا **C16** و به جای آن افزایش در تولید **C18** حاصل می‌شود. بین مکمل‌ها تفاوت کمی در افزایش غلظت **C18** کل وجود دارد، به جز دانه کتان که با حداکثر میزان تولید **C18** کل توسط آن در درصدی از مکمل شدن آن است که بتواند تقریباً ۷۰۰ گرم روغن تأمین کند. گلاسر و همکاران (۲۰۰۸) در تأیید مطالعات پیشین بیان کردند که تقریباً همه مکمل‌های دانه‌های روغنی غلظت مجموع اسیدهای چرب سیس و ترانس را افزایش می‌دهند. بطور معمول مکمل‌ها بصورت روغن و دانه یا هیچ اثری بر غلظت ایزومرهای **C18:2** ندارند و یا تنها اثر کمی بر آنها خواهند داشت، امّا با محافظت چربی‌های مکمل شده می‌توان غلظت ایزومرهای **C18:2** را در شیر بهبود بخشید، که این موضوع تأیید کننده میزان بالای بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای **C18:2** تأمین شده توسط دانه یا روغن می‌باشد (گلاسر و همکاران، ۲۰۰۸). بطور کلی واکنش ایزومر **C18:2-cis9trans11** نسبت به مکمل دانه‌های روغنی پایین می‌باشد، امّا در هر حال حدود ۷۹٪ و بالاترین نسبت **CLA** کل را تشکیل می‌دهد (شینگفیلد و همکاران، ۲۰۰۳؛ لور و همکاران، ۲۰۰۵). منبع اصلی تولید **C18:2-cis9trans11** در شیر (۶۰–۹۸٪) از دساچوراسیون واکسینیک اسید (**C18:1-trans11**) در سلولهای پستانی می‌باشد (گریناری و همکاران، ۲۰۰۰؛ شینگفیلد و گریناری، ۲۰۰۷)، لذا **C18:2-cis9trans11** و متعاقب آن **CLA** کل در شیر توسط همهٔ مکمل‌های دانه روغنی که بتوانند غلظت واکسینیک اسید (**C18:1-trans11**) را افزایش دهند، افزایش می‌یابد (گلاسر و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین گلاسر و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که افزایش غلظت ایزومرهای **C18:3** با مکمل های دانه های روغنی بصورت دانه و روغن تنها به میزان محدودی امکان‌پذیر است، مگر آنکه از چربی‌های محافظت شده استفاده شود. با استفاده از چربی‌های بدون محافظ به سختی می‌توان غلظت ایزومرهای **C18:3** را از ۰/۶۷ درصد کل اسیدهای چرب شیر در تیمارهای بدون مکمل به ۱/۲ درصد کل اسیدهای چرب شیر افزایش داد (گلاسر و همکاران، ۲۰۰۸).

در این پژوهش پوست پسته در افزایش غلظت **C18:3n3**، **CLA** کل، اسیدهای چرب **PUFA** و اسیدهای چرب اُمگاتری در شیر بطور معنی‌داری مؤثر بوده است، بطوریکه غلظت این اسیدهای چرب در تیمار (**LIN+PIS**) بالاتر از تیمار **LIN** بوده است، که می‌توان این امر را به اثر مهارکنندگی تانن‌های موجود در پوست پسته بر بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای اسیدهای چرب

بلند زنجیر نسبت داد. صدیقی و همکاران (۲۰۱۴) با جایگزین کردن پوست پسته به میزان ۳۲٪ با علوفه یونجه در جیره بزهای شیری بیان کردند که جایگزینی یونجه با **PBP** در جیره بزهای شیری تقریباً نسبت همه اسیدهای چرب شیر را تغییر داد و موجب کاهش غلظت اسیدهای چرب **C8:0** تا **C16:0** و افزایش نسبت اسیدهای چرب **CLA**، واکسنیک اسید، **MUFA**، **PUFA** و اسیدهای چرب بلند زنجیر شده است. بزهای تغذیه شده با پوست پسته دارای غلظت کمتری از اسیدهای چرب اشباع، کوتاه و متوسط زنجیر در چربی شیرشان بودند. همچنین رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از پوست پسته در جیره بزهای شیری که تا ۳۰ درصد ماده خشک جیره جایگزین یونجهٔ خشک شده بود دریافتند که این فرآورده فرعی سبب افزایش واکسنیک اسید ، اولئیک اسید، رومنیک اسید و آلفالینولنیک اسید و غلظت اسیدهای چرب **MUFA** و **PUFA** و کاهش نسبت اسیدهای چرب اشباع در شیر شده است. تغذیه پوست پسته موجب کاهش غلظت اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر و افزایش غلظت اسیدهای چرب بلند زنجیر چربی شیر بزهای سانن شده است که این محققان این پدیده‌ها را به اثرات مثبت تانن **PBP** بر بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه نسبت دادند. علاوه بر این، غفاری و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که جایگزینی یونجه خشک با پوست پسته تا سطح ۳۰ درصد ماده خشک جیره اثر منفی‌ای بر تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی ایجاد نکرد و پوست پسته دارای پتانسیل تغییر ترکیب اسیدهای چرب شیر بزهای شیری در جهت افزایش نسبت اسیدهای چرب **CLA**، واکسنیک اسید، **MUFA**، **PUFA** و اسیدهای چرب بلند زنجیر می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

داده‌های حاصل از این پژوهش نشان دادند که میزان مصرف خوراک، تولید و ترکیبات شیر (به جز چربی) تحت تأثیر دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته در جیره قرار نگرفتند، ولی میزان درصد چربی شیر بطور معنی‌داری کاهش یافت. در این آزمایش دانه کتان اکسترود شده موجب افزایش در غلظت کل لینولئیک اسید مزدوج و **C18:2-cis9cis12** شده است، بطوریکه در تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته غلظت کل لینولئیک اسید مزدوج بالاتر بوده است. همچنین دانه کتان اکسترود شده موجب افزایش غلظت آلفالینولنیک اسید در چربی شیر شده است و پوست پسته نیز بر شدت اثر این افزایش دهندگی افزود. تیمار حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته دارای بالاترین غلظت اسیدهای چرب اُمگاتری و کمترین نسبت **n6:n3** بود، بطوریکه غلظت اسیدهای چرب لینولئیک اسید مزدوج، آلفالینولنیک اسید، **EPA**، **CLA** کل و اسیدهای چرب اُمگاتری را نسبت به تیمار حاوی پنبه دانه بترتیب حدود ۴، ۴، ۱/۵، ۳/۵ و ۱/۵ برابر افزایش و نسبت **n6:n3** در شیر را حدود ۳ برابر کاهش داد. این پژوهش نشان داد که استفاده از فرآورده‌های فرعی پسته به عنوان بخشی از ضایعات صنعت کشاورزی در جیره‌های حاوی دانه‌های روغنی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع (دانه کتان) برای گاوهای شیری، می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه خوراک، بر روی دستکاری ترکیب اسیدهای چرب شیر به سمت افزایش اسیدهای چرب مفید (خصوصاً CLA) برای سلامتی انسان به شدت مؤثر باشد.

۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله، از دانشگاه فردوسی مشهد به علّت فراهم‌آوری شرایط انجام این پژوهش در ایستگاه گاوداری و آزمایشگاه‌های دانشکدهٔ کشاورزی کمال تقدیر و تشکر را دارند. همچنین از جناب آقای پروفسور Yves Chilliard، به خاطر کمک‌های فراوانشان در راستای آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌های شیر در آزمایشگاه مرکز تحقیقات ملّی کشاورزی فرانسه (INRA) بی‌نهایت سپاسگزاریم.

۶- مراجع

بهلولی، ع. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر استفاده از پوسته پسته در جیره گاوهای شیرده هلشتاین در اوایل شیردهی. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه فردوسی مشهد.

حشمی، الف. ۱۳۸۶.تاثیر نوع منبع نشاسته ای در جیره های حاوی محصولات فرعی پوست پسته بر عملکرد گاوهای شیرده هلشتاین در اوایل شیردهی.پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه فردوسی مشهد.

رحیمی، ع.، ناصریان، ع. ع.، ولی‌زاده، ر.، طهماسبی، ع. م.، و شهدادی. ۱۳۹۳. تأثیر استفاده از پوست پسته و پلی اتیلن گلایکول بر مصرف و هضم خوراک، فراسنجه‌های خونی، تولید و پروفیل اسیدهای چرب شیر در بزهای شیرده سانن. پروهشهای علوم دامی ایران. ۶(۳): ۲۲۷ تا ۲۳۸.

وهمنی، پ. ۱۳۸۴. ترکیب شیمیایی، تجزیه پذیری و ناپدید شدن شکمبه‌ای-روده‌ای پوسته پسته و استفاده از آن در جیره گاوهای شیرده هلشتاین در اواسط شیردهی. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه فردوسی مشهد.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2002. In: *Official Methods of Analysis* eighteen[nd] ed. AOAC International, Gaithers-burg, Maryland, USA.

Akraim, F., Nicot, MC., Juaneda, P., and Enjalbert, F.2007. Conjugated linolenic acid (CLnA), conjugated linoleic acid (CLA) and other biohydrogenation intermediates in plasma and milk fat of cows fed raw or extruded linseed. *Animal*, 1(6): 835-843.

Bauman, D. E., and J. M. Griinari. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science, 70:15-29.*

Benchar, C., Romero-Perez, G. A., Chouinard, P. Y., Hassanat, F., Eugene, M., Petit, H. V., and Cortes, C. 2012. Supplementation of increasing amounts of linseed oil to dairy cows fed total mixed rations: Effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, protozoal populations, and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science, 95 :4578-4590.*

Berner, L. A. 1993. Defining the role of milk fat in balanced diets. *Advances in Food Nutrition Research, 37: 131-257.*

Cattani, M., Mantovani, R., Schiavon, S., Bittante, G. and Bailoni, L. 2014. Recovery of n-3 polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acids in ripened cheese obtained from milk of cows fed different levels of extruded flaxseed. *Journal of Dairy Science, 97: 123-135.*

Chilliard, Y., Gagliostro, G., Flechet, J., Lefaivre, J., and Sebastian, I. 1991. Duodenal rapeseed oil infusion in early and mid-lactation cows. 5. Milk fatty acids and adipose tissue lipogenic activities. *Journal of Dairy Science, 74: 1844-1854.*

Chilliard, Y., and Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development, 45: 467-492.*

Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard. L., Rouel. J., and Doreau, M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology, 109: 828-855.*

Chilliard, Y., C. Martin, J. Rouel, and M. Doreau. 2009. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. *Journal of Dairy Science, 92: 5199-5211.*

Chouinard, P. Y., Lévesque, J., Girard, V., and Brisson, G. J. 1997. Dietary soybeans extruded at different temperatures: Milk composition and in situ fatty acid reactions. *Journal of Dairy Scencei, 80: 2913-2924.*

Collomb, M., Sollberger, H., Bu¨tikofer, U., Sieber, R., Stoll, W., and Schaeren, W. 2004. Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflower seed on the fatty acid composition of milk fat. *International Dairy* Journal,14: 549-559.

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. *Journal of Dairy Science, 90: 2928-2936.*

Doreau, M., and Ferlay, A. 1994. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology, 45: 379-396.*

Eggie, K., 2010. Development of an extruded lin-based feed ingredient. MSc. Thesis. McGill University, Montreal.

Ferlay, A., Agabriel, C., Sibra, C., Journal, C., Martin, B., and Chilliard. Y. 2008. Tanker milk variability of fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *Dairy Science and Technology, 88:193-215.*

Ferlay, A., Glasser, F., Martin, B., Andueza, D. and Chilliard, Y. 2011. Effects of Feeding Factors and Breed on Cow Milk Fatty Acid Composition: Recent Data. *Bulletin UASVM, Vet Medic, 68(1): 137-145.*

Ferlay, A., Doreau, M., Martin, C., and Chilliard, Y. 2013. Effect of incremental amounts of extruded linseed on milk fatty acid composition in dairy cows receiving hay or corn silage. *Journal of Dairy Science, 96: 6577-6595.*

Fievez, V., Colman, E., Castro-Montoya, J.M., Stefanov, I., and Vlaeminck. B. 2012. Milk odd- and branched-chain fatty acids as biomarkers of rumen function- An update. *Journal of Animal Feed Science and Technology, 172: 51–65.*

Ghaffari, M. H., Tahmasbi, A. M., Khorvash, M., Naserian, A. A., and Vakili, A. R. 2013. Effects of pistachio by-products in replacement of alfalfa hay on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk fatty acid composition in Saanen dairy goats fed a diet containing fish oil. *Journal of Applied Animal Research, doi: 10.1080/09712119.2013.824889.*

Gholizadeh, H., Naserian, A. A., Valizadeh, R., and Tahmasbi, A. M. 2010: Effect of feeding pistachio by-pro duct on performance and blood metabolites in Holstein dairy cows. *International Journal of Agriculture and Biology, 12, 867-870.*

Glasser, F., Ferlay, A., and Chilliard, Y. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A Meta-Anlysis. *Journal of Dairy Science, 91, 4687-4703.*

Goli, A.H., Barzegar, M., and Sahari, M.A. 2005. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry, 92, 521-525.*

Gonthier, C., Mustafa, A. F., Berthiaume, R., Petit, H. V., Martineau, R., and Ouellet, D. R. 2004. Effects of feeding micronized and extruded linseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *Journal of Dairy Science, 87: 1854-1863.*

Gonthier, C., Mustafa, A. F., Ouellet, D. R., Chouinard, P. Y., Ber- thiaume, R., and Petit. H. V. 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, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V., and Bauman. D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta 9-desaturase. *Journal of Nutrition, 130: 2285-2291.*

Jensen, R.G. 2002. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science, 85:295-350.*

Kennelly, J.J., and Khorasani, R.G. 1992. Influence of flaxseed feeding on the fatty acid composition of cow's milk. Pages99 to 105 in Proceedings of the 54th Flax Inst .Conf . J. F. Carter, ed. North Dakota State University, Fargo,ND.

Kennelly, J. J., 1996. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. *Animal Feed Science and Technology, 60: 137-152.*

Khorasani, R. G., and Kennelly, J. J. 1994. Influence of flaxseed on the nutritional quality of milk. Pp 127-134 in Proceedings of the 55th Flax Inst. Conf. J. F. Carter, ed. North DakotaState University, Fargo,ND.

Kramer, J. K. G., Parodi, P. W., Jensen, R. G., Mossoba, M. M., Yurawecz, M. P., and Adlof, R. O. 1998a. Rumenic acid: a pro-posed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids,33:835.*

Larsen, M, K., Hymoller, L., Brask-Pedersen, D. B., and Weisbjerg, M. R. 2012. Milk fatty acid composition and production performance of Danish Holstein and Danish Jersey cows fed different amounts of linseed and rapeseed. *Journal of Dairy Science, 95 :3569-3578.*

Leeson, S., and Caston, L. 1996. Getting the omega into the egg. Feeding flaxseed to hens boosts human health. Agri-Food Res. December, Vol. 19, No. 3. Ontario Ministry of Agricul-ture, Toront, ON. Pp. 6-8.

Loor, J. J., Ferlay, A., Ollier, A., Doreau, M., and Chilliard., Y. 2005. Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science, 88:726-740.*

Makkar, H.P.S., Bluemmel, M., Borowy, N.K., and Becker, K. 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 61: 161-165.*

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. *Journal of Animal Science, 86: 2642-2650.*

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.*

Mills, S., Ross, R.P., Hill, C., Fitzgerald, G.F., and Stanton. C., 2011. Milk intelligence: mining milk for bioactive substances associated with human health. *International Dairy Science, 377-401.*

Moallem. U., 2009. The effects of extruded flaxseed supplementation to high-yielding dairy cows on milk production and milk fatty acid composition. *Animal Feed Science and Technology, 152:232–242.*

Mustafa, A., Mckinnon, J. J., Christensen, D. A., He, T., 2002. Effects of micronization of linseed on nutrient disappearance in the gastrointestinal tract of steers. *Animal Feed Science and Technology, 95: 123-132.*

Mustafa, A., Chouinard, P. Y., and Christensen, D. A. 2003a. Effects of feeding micronized flaxseed on yield and composition of milk from Holstein cows. *Journal of Science of Food and Agriculture, 83:920-926.*

Nash, D. M., Hamilton, R. M. G., and Hulan, H. W. 1995. Theeffect of dietary herring meal on the omega-3 fatty acid contentof plasma and egg yolk lipids of laying hens. *Canadian Journal of Animal Science, 75: 247-253.*

Oba, M., Thangavelu, G., Dehghan-banadaky, M., and Ambrose, D. J. 2009. Unprocessed whole flaxseed is as effective as dry-rolled at increasing (-linolenic acid concentration in milk of dairy cows. *Livestock Science,122: 73-76.*

Orth, R. 1992. Sample day and lactation report, DHIA 200. Fact Sheet A-2. Midstates DRPC, Ames, IA.

Parodi, P.W. 2005. Dairy product consumption and the risk of breast cancer. *The American journal of Cliical. Nutrition, 24: 556S-568S.*

Palmquist, D. L., and Jenkins, T. C. 1980. Fat in lactation rations: A review: *journal of Dairy Science, 63: 1-14.*

Pena, F., Tagari, H., and Satter, L. D. 1986. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. *journal of Animal Science, 62: 1423-1433.*

Petit, H. V. 2002. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *journal of Dairy Science, 85: 1482-1490.*

Petit, H. V., Germiquet, C., and Lebel. D. 2004. Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. *journal of Dairy Science, 87:3889-3898.*

Petit, H. V., Ivan, M., and Mir, P. S. 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.*

Petit, H. V., and Benchaar, C. 2007. Milk production, milkcomposition, blood composition, and conception rate oftransition dairy cows fed different fat sources. *Canadian journal of Animal Science, 87: 591-600.*

Petit, H. V., Small, J. A., Palin, M. F., Giguere, A., and Santos, G. T. D. 2007b. Estrous synchronization, ovarian function, and prostaglandin concentrations in uterine flush of primiparous dairy cows fed flaxseed. *Canadian journal of Animal Science 87: 343-352.*

Petit, H. V., and Gagnon., N. 2009. Concentration of the mammalian lignans enterolactone and enterodiol in milk of cows fed diets containing different concentrations of whole flaxseed. *Animal, 3:1428-1435.*

Petit, H. V., 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 Research,76:257-264.*

Petit, H. V. 2010. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxeed. *Canadian journal of Animal Science, 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. *Journal of Animal Feed Sciecne and Technology, http://dx.doi.org/10.1016/j. ani feed sci. 2015. 04. 009.*

Roy, A., Ferlay, A., Shingfield, K. J., and Chilliard, Y. 2006. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to plant oils in cows given different basal diets, with particular emphasis on trans-C18:1 fatty acids and isomers of conjugated linoleic acid. *Journal of Animal Science, 82: 479-492.*

Schingoethe, D. J., Brouk, M. J., Lightfield, K. D., and Baer, R. J. 1996. Lactational responses of dairy cows fed unsaturated fat from extruded soybeans or sunflower seeds. *Journal of Dairy Science, 79: 1244-1249.*

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.*

Sedighi-Vesagh, R., Naserian, A. A., Ghaffari, M. H., and Petit, H. V. 2014. Effects of pistachio by-products on digestibility, milk production, milk fatty acid profile and blood metabolites in Saanen dairy goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 1-11.*

Shingfield, K. J., Ahvenjarvi, S., Toivonen, V., Arola, A., Nurmela, K. V. V., Huhtanen, P., and Griinari, J. M. 2003. Effect of dietary fish oil on biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows. *Journal of Animal Science, 77:165-179.*

Shingfield, K. J., and J. M. Griinari. 2007. Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. *European Journal of Lipid Science and Technology, 109: 799-816.*

Shingfield, K.J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P., and Givens, D.I. 2008. *Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk*. in: Bioactive components of milk (Ed. Z. Bösze, Springer, USA) Advances in Experimental Medicine and Biology. 606:3-65.

Shingfield, K. J., Bernard, L., Leroux, C., and Chiliard, Y. 2010. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal. 4: 1140-1166.*

Simopoulos, A. P. 1996. Omega-3-fatty acids and public health. Proc. Flax Council of Canada Conf. Flax, the Next Decade. 1996 Dec. 34. Winnipeg, MB. pp. 5-28.

Soita, H. W., Meier, J. A., Fehr, M., Yu, P., Christensen, D. A., McKinnon, J. J., and Mustafa, A. F. 2003.Effects of flaxseed supplementation on milk production, milk fatty acid composition and nutrient utilization by lactating dairy cows. *Archive in Animal Nutrition, 57:107-116.*

Statistical Analysis System (SAS)., 2003. User Guide: *Statistics*. Version 9.2. SAS institute Inc., Cary, NC, USA.

Sterk, A., Hovenier, R., Vlaeminck, B., van Vuuren, A. M., Hendriks, W. H., and Dijkstra, J. 2010. Effects of chemically or technologically treated linseed products and docosahexaenoic acid addition to linseed oil on biohydrogenation of C18:3n-3 *in vitro*. *Journal of Dairy Science, 93, 5286-5299.*

Tyrrell, H.F., and Reid, J.T. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *Journal of Dairy Science, 48, 1215-1223.*

Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M., and Dewhurst, R J. 2006. Factors affecting odd and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Animal Feed Science and Technology, 13: 389-417.*

Wright, T., McBride, B., and Holub, B. 1998. Docosahexaenoic acid-enriched milk. *World Review Nutrition Dietetics, 83: 160-165.*

Xie, Z., Huang, J., Xu, X., and Jin, Z. 2008. Antioxidant activity of peptides isolated from alfalfa leaf protein hydrolysate. *Food Chemistry, 111:370-376.*

Zachut, M., Arieli, A., Lehrer, H., Livshitz, L., Yakoby, S., and Moallem, U. 2010. Effects of increased supplementation of n-3 fatty acids to transition dairy cows on performance and fatty acid profile in plasma, adipose tissue, and milk fat. *Journal of Dairy Science, 93 :5877-5889.*