

# The effects of partial replacing of dietary starch with saturated or essential unsaturated fatty acids on production performance, ruminal fermentation and blood parameters in lactating cows

## ABSTRACT

In this study, 21 Holstein lactating cows with average  $105/7 \pm 34.5$  days in milk used to evaluate partial replacing of starch with saturated or unsaturated fatty acids on milk yield and composition, blood and rumen parameters and nutrient digestibility. Cows were used in a completely randomized design with three diets included: 1. Diets supplemented with calcium salts of unsaturated fatty acids (1/9% of diet DM). 2. Diet supplemented with saturated fatty acids mainly palmitic acid (1/9% of diet DM). 3. Carbohydrate diet (no fat supplementation). The study period was 45 days, 10 days for adaptation and 35 days for data collection. During this 35-day milk production and feed intake were recorded daily. Milk and feed samples were taken weekly. At the end of study period blood samples, rumen fluid and feces were collected. The results showed that milk fat percentage and feed efficiency increased use of supplements and treatments had significant effects. The blood urea nitrogen was increase in unsaturated fat supplements in compare to carbohydrate group but in saturated fat supplement was increased ( $p < 0/05$ ). Milk fatty acid profile showed that the amount of linoleic acid and linoleic acid significantly increased in unsaturated fat supplement group and palmitic acid significantly increased in saturated fat supplement group ( $p < 0/05$ ). Overall, supplementing calcium salts of unsaturated essential fatty acids can support same milk production and composition but improve milk fatty acids profile to improve the health of the consumer.

Keywords: *saturated and unsaturated fatty acids, starch, Holstein cows, milk production and composition.*

## تأثیر جایگزینی بخشی از نشاسته جیره با اسیدهای چرب اشباع یا اسیدهای چرب غیر اشباع ضروری بر عملکرد تولیدی، تخمیرات شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی در گاوهای شیرده

### چکیده

در پژوهش حاضر ۲۱ راس گاو هلشتاین شیرده با متوسط روزهای شیردهی  $105/7 \pm 34/5$  روز جهت بررسی جایگزینی نسبی نشاسته با اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع بر عملکرد تولیدی، ترکیب شیر، فراسنجه‌های خونی و مایع شکمبه و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی مورد استفاده قرار گرفتند. گاوها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه جیره شامل: ۱: جیره حاوی مکمل اسیدهای چرب غیراشباع کلسمی شده (۱/۹% ماده خشک جیره). ۲: جیره حاوی مکمل اسیدهای چرب اشباع غنی از پالمیتیک اسید (۱/۹% ماده خشک جیره). ۳: جیره کربوهیدراتی (بدون مکمل چربی) استفاده شدند. طول دوره آزمایش ۴۵ روز بود که ۱۰ روز اول دوره عادت‌دهی و ۳۵ روز بعدی دوره جمع‌آوری داده‌ها می‌باشد که در طی این ۳۵ روز تولید شیر و میزان خوراک مصرفی به صورت روزانه ثبت می‌شد. و بصورت هفتگی نمونه شیر جهت انجام آزمایش ترکیبات شیر و نمونه خوراک و پس‌آخور جهت تعیین ماده خشک و انجام سایر آزمایشات جمع‌آوری می‌شد و در پایان دوره نمونه‌های خون، مایع شکمبه و مدفوع جمع‌آوری شدند. نتایج بدست آمده نشان داد درصد چربی شیر و بازده مصرف خوراک با استفاده از تیمارهای حاوی مکمل‌های چربی افزایش یافت و تغییرات معنی‌دار بود. میزان نیتروژن اوره‌ای خون با استفاده از تیمار نمک کلسمی اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به تیمار کربوهیدراتی پایین‌تر و با استفاده از چربی‌های اشباع پالمی بالاتر بود ( $p < 0/05$ ). پروفایل اسیدهای چرب شیر نشان داد که با استفاده از نمک کلسمی اسیدهای چرب غیراشباع میزان اسید لینولئیک و اسید لینولنیک به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). در حالی که با تغذیه اسیدهای چرب اشباع سطح اسید پالمیتیک شیر افزایش یافت. در مجموع تغذیه نمک‌های کلسمی اسیدهای چرب غیر اشباع ضروری می‌تواند علی‌رغم حفظ تولید و ترکیبات شیر موجب بهبود پروفایل اسیدهای چرب شیر از نظر سلامتی برای مصرف‌کننده شود.

کلیدواژه‌ها: *اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع، نشاسته، گاوهای هلشتاین، تولید و ترکیبات شیر*

گاوهای شیری به دلیل داشتن پتانسیل بالا در تولید شیر، رتبه اول را بین سایر دام‌ها در تولید شیر دارد. به طوری که ۹۲ درصد شیر تولیدی در جهان توسط گاوهای شیری، ۵ درصد توسط گاو میش و ۳ درصد توسط میش و بز تولید می‌شود. به همین دلیل تحقیقات زیادی در جهان برای بهبود تولید شیر در گاوهای شیری انجام می‌شود. هزینه خوراک ۵۰ تا ۷۰ درصد از هزینه‌های پرورش گاو شیری را به خود اختصاص داده است (Council, 2001). از جمله خوراکی‌هایی که امروزه نقش بیشتری در جیره دام‌ها پیدا نموده است چربی‌ها و مشخصاً مکمل‌های چربی می‌باشند. چربی‌ها به عنوان ترکیبات پرانرژی می‌توانند تراکم انرژی را در جیره‌ها بالا ببرند. همچنین با ایجاد نگرش‌های جدید در نقش چربی‌ها در سلامت جوامع بشری، امروزه توجه ویژه‌ای به مصرف چربی در دام‌ها و تولیدات آنها می‌شود، به طوری که دانشمندان نه تنها دیگر انسان‌ها را از مصرف منابع چربی منع نمی‌کنند، بلکه توصیه‌ی اکید به مصرف برخی از انواع چربی جهت جلوگیری از امراض فراگیری مانند بیماری‌های قلبی عروقی، افزایش فشار خون، ورم مفاصل، دیابت، چاقی، سرطان‌ها و پوکی استخوان می‌نمایند. با بالا رفتن توان تولید در دام‌های شیری و پروراری و همچنین توجه به جنبه‌های کمی و کیفی انواع چربی تولیدی آنها، تغذیه‌ی اشکال مختلف چربی مورد توجه محققین دامپروری قرار گرفته که با حصول نتایج مثبت، جنبه‌های کاربردی نیز در مزارع پرورشی پیدا نموده است.

مراقبت از بیهیدروژناسیون PUFA در شکمبه از گام‌های بعدی تحقیقات برای بهبود ترکیبات اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیری است (González, Moreno, Bispo, Dugan, & Franco, 2014). هدف از این طرح بررسی اثر تغذیه منابع چربی متفاوت از لحاظ پروفایل اسیدهای چرب شامل اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب غیراشباع ضروری بر عملکرد، بازده خوراک و پروفایل اسیدهای چرب شیر است که در ۲ سطح مختلف نشاسته سنجش می‌گردد. وقتی اسیدهای چرب بصورت محافظت نشده وارد شکمبه میشوند به دلیل وجود میکروب‌ها در شکمبه تغییرات عمده‌ای بر اسیدهای چرب صورت می‌گیرد (هیدرولیز و بیهیدروژناسیون). این اعمال موجب می‌شود که اسیدهای چرب بیشتر بصورت اشباع در روده جذب شوند و با ذخیره آنها در بافت‌ها اثرات مضر خود را بر سلامتی دام و مصرف کنندگان محصولات دامی اعمال میکند، اما با خارج کردن این مواد از دسترس میکروب‌ها با روش‌های مختلف فرآوری (کپسوله کردن، نمک‌های کلسیمی و...) و یا تغییر در میکرو فلور شکمبه‌ای می‌توانیم ترکیبات اسید چرب را در بافت‌های ذخیره چربی از جمله گوشت و همچنین در شیر تغییر داده و محصولات سالم‌تری را نیز تولید کنیم (Erickson & Kalscheur, 2020). اکنون نکته مهم این است که بدانیم چه عواملی موجب تغییر در فلور میکروبی شکمبه می‌شود، با وجود اینکه اثر جیره‌های غذایی بر تشکیل اسیدهای چرب ترانس ثابت شده است، متأسفانه اطلاعات کمی در مورد اثر جیره‌های غذایی بر محیط میکروبی شکمبه وجود دارد. اهداف مطالعه حاضر شامل:

- بررسی پاسخ تولید شیر گاوهای هلشتاین به جایگزینی مکمل چربی در جیره به جای نشاسته
- بررسی اثر تغذیه مکمل چربی بر ترکیبات شیر و پروفایل اسیدهای چرب شیر
- بررسی اثر مکمل چربی بر فراسنجه‌های خونی و مابع شکمبه گاوهای هلشتاین

## پیشینه پژوهش

تمرکز کنونی در صنعت گاو شیری در ابزار بهینه سازی خوراک و بهره‌وری تولید می‌باشد و همچنین توازن انرژی در اوایل دوره شیردهی گاو حائز اهمیت است. درنخستین پژوهش‌های انجام شده در سال ۱۹۰۷ دریافتند که مکمل چربی نمی‌تواند برای شیر و عملکرد چربی شیر مفید باشد. درحالی‌که در تحقیقات انجام شده از دهه ۱۹۲۰ تا دهه ۱۹۴۰ نشان داد که استفاده از مکمل چربی در جیره گاوهای شیرده موجب افزایش تولید شیر می‌شود (Loosli, Maynard, & Lucas, 1944). محققان و متخصصان تغذیه سالیان زیادی بر روی میزان استفاده از مکمل چربی در جیره تمرکز داشتند. تغذیه دام با علوفه‌های با کیفیت بالا موجب به وجود آمدن محیط

سالم در شکمبه و همچنین موجب افزایش تولید می‌شود و اضافه کردن چربی و روغن به جیره‌های حاوی علوفه بالا ممکن است تولید شیر و بازده خوراک را بهبود بخشد. مکمل سازی جیره‌های با علوفه بالا با چربی موجب افزایش غلظت انرژی در این جیره‌ها می‌شود بدون اینکه عوارض استفاده از میزان بالای دانه‌های نشاسته‌ای را داشته باشد. اضافه کردن چربی به جیره‌های با علوفه بالا ممکن است انرژی کافی برای تولید بالاتر شیر و اجزاء تشکیل دهنده شیر را با حداقل استفاده از دانه غلات عملی سازد (Waldo & Jorgensen, 1981).

اولین محدودیت در تولید شیر میزان مصرف انرژی می‌باشد که همبستگی بالایی با ماده خشک مصرفی دارد و عدم وجود انرژی کافی در جیره، تولید شیر گاو کمتر از پتانسیل ژنتیکی آن می‌شود (Harvatine & Allen, 2005). زمانی که از چربی در جیره استفاده می‌شود گاو می‌تواند با ماده خشک مصرفی پایین تر انرژی بالاتری را دریافت کند که این عمل منجر به افزایش تولید شیر می‌شود. تغذیه چربی موجب بهبود استفاده از خوراک و افزایش عملکرد شیر و اجزاء تشکیل دهنده آن می‌شود و مکمل سازی جیره با چربی کمک می‌کند تا گاو در توازن مثبت انرژی قرار گیرد (Khatkar et al., 2023). مطالعه‌ای که واکر انجام داده گزارش کرد که استفاده از چربی علاوه بر اینکه می‌تواند نیازهای نگهداری دام را مرتفع سازد همچنین می‌تواند در چنین جیره‌هایی از میزان بالای فیبر نیز استفاده کرد که موجب حفظ ثبات تخمیر در شکمبه می‌شود. مکمل چربی موجب به حداکثر رسیدن ماده خشک مصرفی (DMI) و افزایش قابلیت هضم فیبر در شکمبه می‌شود (Walker et al., 2022). لیداور و نگوسی در مطالعه اخیر خود اذعان داشتند که مصرف چربی موجب افزایش عملکرد تولید شیر و اجزاء تشکیل دهنده شیر شده، ضمن بیان این نکته که این مکمل چربی موجب بهبود سلامتی و فرآیندهای تولید مثلی نیز می‌گردد. در ذیل ویژگی‌های مکمل چربی به قابلیت هضم در روده کوچک، استفاده آسان و مقرون به صرفه بودن آن نیز اشاره نموده است (Lidauer et al., 2023).

## روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در ابتدای جاده محمد شهر کرج انجام شد. مکانی که برای این آزمایش در نظر گرفته شده بود شامل یک جایگاه مسقف که از شمال بسته و از جنوب به محوطه بهاربند راه داشت، بود. گاوها در جایگاه انفرادی که دارای آبشخور و آخور مجزا بودند، نگهداری می‌شدند. کف جایگاه بتونی و دارای شیب مناسب بود و توسط پوشش لاستیکی پوشیده شده بود. آزمایش حاضر در مهر و آبان ماه سال ۱۳۹۹ با میانگین دمایی ۲۵ درجه سانتیگراد در ساعت ۱۲ ظهر انجام شد.

## مواد و روش‌ها

جهت انتخاب حیوانات تحت آزمایش تا حد امکان سعی شد که گاوها از نظر مشخصات فردی و صفات تولیدمثل، تولید شیر روزانه و فاصله از زایش شباهت زیادی به یکدیگر داشته باشند. بدین منظور ۲۱ راس گاو شیرده هلشتاین (۶ راس زایش اول و ۱۵ راس زایش دوم به بالا) در اوایل دوره شیردهی ( $105/7 \pm 34/5$  روز شیردهی) با مشخصات موجود از گله گاوهای پر تولید ایستگاه انتخاب شدند و از لحاظ سلامتی معاینه شدند سپس گاوها، به سه گروه مشابه ۷ راسی از نظر میانگین روزهای شیردهی، تولید شیر اولیه و تعداد دفعات زایش تقسیم شدند و گروه‌ها به صورت تصادفی به جیره‌های آزمایشی اختصاص داده شدند. این آزمایش به مدت ۴۵ روز (۱۰ روز جهت عادت پذیری و ۳۵ روز جمع آوری داده‌ها) انجام شد. جیره‌های غذایی باتوجه به احتیاجات غذایی (NRC) ویرایش ۲۰۰۱ و با استفاده نرم‌افزار Amino cow نسخه ۲، ۵، ۳ تنظیم شدند که عبارت بودند از:

۱- جیره حاوی مکمل اسیدهای چرب غیراشباع کلسیمی شده. (۱/۹٪ ماده خشک جیره)

۲- جیره حاوی مکمل اسیدهای چرب اشباع غنی از پالمیتیک اسید. (۱/۹٪ ماده خشک جیره)

### ۳- جیره کربوهیدراتی. (بدون مکمل چربی)

مکمل های چربی مصرفی شامل پودر چربی انرژایزر (RP10) که منبع اسیدهای چرب اشباع پالمی است و پودر چربی پرشیافت که منبع اسیدهای چرب غیراشباع کلسیمی شده است، بود. پروفیل اسیدهای چرب منابع پودر چربی به صورت زیر می باشد (جدول ۱).

جدول ۱. پروفیل اسیدهای چرب مکمل های چربی استفاده شده

شاخصها	پودر چربی اشباع <sup>۲</sup>	پودر چربی غیراشباع <sup>۱</sup>
میزان چربی(درصد در ماده خشک)	۹۹	۸۶
پروفایل اسیدهای چرب(درصد در چربی کل)		
C14	۴/۲۰	۱
C16	۸۶/۶۰	۲۸
C16:1	-	۳
C18	۲/۸۰	۵
C18:1	۴/۱۰	۲۶
C18:2	-	۳۰
C18:3	-	۳
سایر اسیدهای چرب	۲/۳۰	۴
مجموع اسیدهای چرب اشباع	۹۴	۳۵
مجموع اسیدهای چرب غیراشباع	۶	۶۵
PUFA	-	۳۳

۱. پودر چربی Persiafat، شرکت دانش بنیان کیمیا دانش الوند، ایران

۲. پودر چربی IFFCO, Energizer RP10، مالزی

جیره ها کاملا مخلوط و تا حد اشتها در اختیار دام قرار می گرفت. خوراک دهی در دو نوبت صبح(۸) و بعد از ظهر(۱۵) انجام می شد. مقدار خوراک عرضه شده در هرروز به نحوی بود که پنج درصد به عنوان پس آخور در آخور بماند. هر روز صبح و قبل از خوراک دهی پس مانده تک تک گاوها جمع آوری و توزین می شد، تا مصرف خوراک روزانه تعیین گردد (جدول ۲). آنالیز شیمیایی جیره ها در جدول ۳ بیان شده است.

جدول ۲. مواد خوراکی تشکیل دهنده جیره ها ( بر اساس ۱۰۰٪ ماده خشک).

جیره ها			مواد خوراکی
۳	۲	۱	
۱۷/۸۲	۱۷/۸۲	۱۷/۸۲	یونجه
۲۰/۹۱	۲۰/۹۱	۲۰/۹۱	سیلاژ ذرت
۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۶۰	تفاله چغندر
۱۵/۸۰	۱۵/۸۰	۱۵/۸۰	جو
۲۱/۰۱	۱۴/۱۱	۱۴/۱۱	ذرت
۷/۹۹	۷/۹۹	۷/۹۹	کنجاله سویا
۱/۸۰	۱/۸۰	۱/۸۰	کنجاله کلزا

۳/۵۴	۳/۵۴	۳/۵۴	تخم پنبه
۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۱۵	گلوتن ذرت
۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	پودر ماهی
۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	پودر گوشت
..	۱/۹۰	..	پودر چربی اشباع <sup>۲</sup>
..	..	۱/۹۰	پودر چربی غیراشباع <sup>۲</sup>
..	۳/۴۸	۳/۷۱	سبوس گندم
..	۱/۷۷	۱/۷۷	پوسته برنج
-۰/۱۸	-۰/۱۸	-۰/۱۸	دی کلسیم فسفات
-۰/۳۸	-۰/۳۸	-۰/۱۲	کربنات کلسیم
-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۱۲	نمک
-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	اکسید منیزیم
۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	جوش شیرین
-۰/۴۴	-۰/۴۴	-۰/۴۴	مکمل معدنی-ویتامینی <sup>۱</sup>
-۰/۶۴	-۰/۶۴	-۰/۶۴	زئولیت

۱. یک کیلوگرم مکمل معدنی و ویتامینی دارای ۱۶۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۲۵۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D، ۷۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۲۵۰ میلی گرم ویتامین بیوتین، ۳۰۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدان، ۱۶۰ گرم کلسیم، ۴۰ گرم فسفر، ۵۰ گرم منیزیم، ۱۰ گرم منگنز، ۵ گرم آهن، ۶ گرم مس، ۱۴ گرم روی، ۸۰ میلی گرم کبالت، ۲۰۰ میلی گرم ید و ۱۰۰ میلی گرم سلنیوم بود.
۲. پودر چربی Persiafat، شرکت دانش بنیان کیمیا دانش الوند، ایران
۳. پودر چربی IFFCO, Energizer RP10، مالزی

جدول ۳. غلظت انرژی و مواد مغذی جیره پایه (بر اساس ۱۰۰ درصد ماده خشک)

انرژی و مواد مغذی	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳
ماده خشک(درصد) <sup>۱</sup>	۵۱/۸۰	۵۰/۵۰	۵۱/۴۰
انرژی خالص شیردهی(مگا کالری در کیلوگرم) <sup>۲</sup>	۱/۵۹	۱/۵۹	۱/۵۸
چربی خام(درصد) <sup>۲</sup>	۵/۰۷	۵/۳۱	۳/۵۶
پروتئین خام(درصد) <sup>۲</sup>	۱۶/۶۴	۱۶/۶۰	۱۶/۶۰
نشاسته (درصد) <sup>۲</sup>	۲۵/۸۲	۲۵/۷۶	۳۰/۵۳
پروتئین قابل تجزیه در شکمبه(درصدپروتئین خام) <sup>۲</sup>	۶۳/۵۰	۶۳/۴۸	۶۳/۱۸
پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه(درصدپروتئین خام) <sup>۲</sup>	۳۶/۵۰	۳۸/۵۲	۳۶/۸۲
کربوهیدرات غیر الیافی(درصد) <sup>۲</sup>	۳۸/۲۰	۳۸/۱۲	۴۲/۴۳
دیواره سلولی(درصد) <sup>۱</sup>	۳۱/۴۰	۳۲/۹۰	۳۰/۱۰
کلسیم(درصد) <sup>۲</sup>	-۰/۹۷	-۰/۹۱	-۰/۹۰
فسفر(درصد) <sup>۲</sup>	-۰/۵۳	-۰/۵۳	-۰/۵۰

۱. از طریق اندازه گیری در آزمایشگاه به دست آمده است.

۲. از طریق نرم افزار Amino Cow محاسبه شده است.

گاوهای آزمایشی در سه نوبت و در ساعت های ۲، ۱۰ و ۱۶ توسط دستگاه شیردوش نیمه اتوماتیک دوشیده شدند و رکورد هر سه وعده به عنوان رکورد روزانه آنها ثبت گردید. مقدار شیر تولیدی گاوهای آزمایشی در هر سه وعده و به طور روزانه ثبت گردید. برای تعیین ترکیبات شیر نمونه گیری از شیر به صورت هفتگی انجام می شد. ترکیبات شیر شامل پروتئین، چربی، تعداد سلول های سوماتیک شیر توسط اسپکتوفتومتری مادون قرمز مدل (Foss Electric, Hillerod, Denmark) اندازه گیری شد. وزن کشتی دامها در ابتدا و انتهای دوره آزمایش بعد از شیردوشی وعده صبح و قبل از مصرف خوراک توسط باسکول دام کش انجام شد.

در روز ۴۵ آزمایش حدود ۴ ساعت بعد از خوراک دهی صبح از سیاهرگ دمی گاوها با لوله خلادار ۵ سی سی حاوی هیپارین خون گرفته شد. پلاسماي نمونه های خون بعد از حدود نیم ساعت نگهداری در یخ توسط دستگاه سانتی فیوژ با دور ۳۰۰۰ و به مدت ۱۵ دقیقه جدا شده و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد زیر صفر نگهداری شدند. ترکیبات خون شامل گلوکز، کل پروتئین، کلسترول، تری گلیسریدها با استفاده از دستگاه الایزا و نیتروژن اوره ای خون (BUN) گاوها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اتونالیزر (RAL، مادرید، اسپانیا) و کیت های شرکت پارس آزمون و راندوکس در آزمایشگاه علوم دامی دانشگاه تهران اندازه گیری شد.

نمونه گیری از مایع شکمبه جهت تعیین pH، نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار در روز ۴۵ آزمایش حدود ۳ ساعت بعد از خوراکی دهی صبح با استفاده از لوله مری از همه گاوها ۱۰۰ سی سی مایع شکمبه گرفته شد. به منظور اندازه گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی در مایع شکمبه به روش تیتراسیون انجام شد (Gordiano et al., 2023). برای تعیین قابلیت هضم جیره های آزمایشی نمونه مدفوع از گاوهای آزمایشی در سه روز متوالی در روزهای ۴۳، ۴۴ و ۴۵ آزمایش از رکتوم گرفته شد. سپس نمونه های بدست آمده از همه گاوها به مدت ۷۲ ساعت در آن ۶۰ درجه خشک شده و سپس آسیاب شده و در نهایت برای تجزیه الیاف نامحلول در شوینده خنثی، پروتئین و ماده آلی نگهداری گردید. قابلیت هضم های ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از خاکستر نامحلول در اسید<sup>۱</sup> و بر اساس روش ون کولن و یانگ مغذی محاسبه گردید (Van Keulen & Young, 1977). نمونه های مدفوع و خوراک به منظور تعیین مقادیر ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام بر اساس روش AOAC (1990) و دیواره سلولی (NDF) بر اساس روش ون سوست مورد تجزیه قرار گرفت (Van Soest, Robertson, & Lewis, 1991). جهت سنجش پروفایل اسیدهای چرب شیر پس از استخراج چربی و متیله کردن اسیدهای چرب با استفاده از اسید کلریدریک متانوله طبق روش ایچی هارا و فوکوبایاشی<sup>۲</sup> انجام شد (Ichihara & Fukubayashi, 2010). به این منظور از دستگاه کروماتوگرافی گازی آجیلنت (Agilent Technologies GC model 7890 A, co., USA) استفاده گردید.

طرح آزمایشی مورد استفاده طرح کاملاً تصادفی<sup>۳</sup> با سه جیره آزمایشی و هفت تکرار بود. تجزیه و تحلیل داده های تکرار شونده<sup>۴</sup> نظیر ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیب شیر دام ها توسط نرم افزار آماری SAS (۸،۲) با رویه Mixed انجام شد. مقایسه میانگین های حداقل مربعات در سطح  $P < 0.05$  توسط آزمون توکی صورت گرفت. مدل آماری مورد استفاده به صورت معادله ۱ بود:

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + A_j + P_k + P_{milk1} + e_{ijkl} \quad (1) \text{ معادله ۱}$$

از روزهای شیردهی و دفعات زایش بعنوان متغیرهای کمکی در آنالیز برخی صفات استفاده شد. تجزیه واریانس صفاتی که تکرار نمی شدند نظیر فراسنجه های خونی، فراسنجه های شکمبه ای و تغییرات وزن زنده دام توسط نرم افزار آماری SAS با رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مدل آماری مورد استفاده برای این صفات به شرح معادله ۲ بود:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + L_j + P_{milk} + e_{ijk} \quad (2) \text{ معادله ۲}$$

1. Acid Insoluble Ash

2 - Ichihara & Fukubayashi

3 - Completely Randomized Design (CRD)

4- Repeated measurement

## نتایج و بحث

میانگین تولید شیر برای جیره های یک تا سه به ترتیب ۳۸/۰۱، ۳۷/۵۶ و ۳۷/۹۳ بود. تجزیه واریانس داده های مربوط به تولید شیر نشان داد که اثر جیره ها بر این صفت معنی دار نبود ( $p > 0/05$ ). نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه جان کی برنارد که اثر افزودن اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع بر عملکرد گاوهای شیرده را بررسی کرده بود مطابقت داشت (Bernard, 2009). همچنین در مطالعه یاس و همکاران که با هدف جایگزین کردن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع با اسیدهای چرب اشباع انجام گرفت تفاوت معنی داری در تولید شیر خام مشاهده نشد (Vyas, Teter, & Erdman, 2012). در مطالعه رایس و همکاران استفاده از سطوح مختلف نمک‌های کلسیمی PUFA در مقایسه با تیمار شاهد که هیچ گونه مکمل چربی نداشت موجب افزایش معنادار در تولید شیر شد (Reis, Cooke, Ranches, & Vasconcelos, 2012). اما در مطالعه سدیل و همکاران استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در مقایسه با گروه شاهد تولید شیر خام تفاوت معنی داری بین تیمارها نداشت (Cediel et al., 2022). در تحقیقی که ونگ و همکاران اثر استفاده از نمک‌های کلسیمی PUFA و اسیدهای چرب اشباع پالمی بر عملکرد تولیدی گاوهای شیرده انجام داده بودند به این نتیجه رسیدند که تیمارهای حاوی مکمل‌های چربی نسبت به گروه شاهد تولید شیر بالاتری داشتند ( $p < 0/05$ ) ولی عملکرد تولید شیر بین تیمارهای حاوی مکمل چربی تفاوت معنی داری نداشت (Wang, Jacome-Sosa, & Proctor, 2012). در مطالعه دیگری که داس سانتوس و همکاران انجام داده بودند گزارش کردند که استفاده از انواع مکمل‌های چربی موجب افزایش تولید شیر می‌شوند که دلیل این افزایش را بهبود میزان انرژی جیره گاوها بخصوص در اوایل دوره شیردهی عنوان کردند (dos Santos Neto et al., 2022). میانگین درصد چربی شیر برای جیره های یک تا سه به ترتیب ۳/۵۷، ۳/۶۵ و ۳/۳۵ بود. همچنین مقدار چربی تولیدی روزانه به ترتیب ۱/۳۵، ۱/۳۶ و ۱/۲۷ کیلوگرم در روز بود. تجزیه واریانس داده های مربوط به درصد و تولید چربی شیر نشان داد که اثر جیره ها برای صفت تولید چربی شیر معنی دار نبود ولی برای صفت درصد چربی شیر بین تیمارها تفاوت معنی دار وجود دارد ( $p < 0/05$ ). بطوری که تیمارهایی که مکمل چربی دریافت کرده بودند درصد چربی شیر بالاتری را نسبت به جیره کربوهیدراتی داشتند. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه رفیعی-یارندی و همکاران که بر روی جایگزینی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع با دانه سویای حرارت داده شده در دماهای مختلف (به عنوان منبع چربی) مطابقت داشت، به طوری که درصد چربی شیر فقط در تیمار شاهد (حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع) و تیماری که دانه سویای حرارت داده شده در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد را دریافت کرده بودند بالاتر بود ولی میزان تولید چربی شیر بین تیمارها معنی دار نبود (Rafiee-Yarandi, Ghorbani, Alikhani, Sadeghi-Sefidmazgi, & Drackley, 2016). همچنین در تحقیقات دیگری که سانتوس و همکاران (۲۰۲۲) و پرام و همکاران (۲۰۲۱) انجام داده بودند، گزارش کردند که تغذیه مکمل‌های چربی اشباع به جای جیره‌های حاوی نشاسته بالا موجب افزایش درصد چربی شیر می‌شود. در مطالعه دیگری که توسط آلن (۲۰۰۰) انجام شده بود نتیجه این گونه حاصل شد که تغذیه مکمل اسیدهای چرب غیر اشباع محافظت نشده موجب کاهش درصد چربی شیر می‌شود. رایس و همکاران (۲۰۱۲) و نیز گاردیانو و همکاران (۲۰۲۳) همگی در گزارش‌های مجزا عنوان کردند که استفاده از سطوح مختلف اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع محافظت نشده موجب افت درصد چربی شیر می‌شوند ولی بر روی تولید چربی شیر تاثیر منفی ندارند.

میانگین درصد پروتئین شیر برای جیره های یک تا سه به ترتیب ۳/۲۳، ۳/۲۱ و ۳/۲۵ بود. مقدار پروتئین تولیدی روزانه به ترتیب ۱/۲۲، ۱/۲۰ و ۱/۲۳ کیلوگرم در روز بود. تجزیه واریانس داده های مربوط به درصد و تولید پروتئین شیر بین تیمارها معنی دار نبود ( $p > 0/05$ ). نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه محققینی چون ماسلی و همکاران (۲۰۰۷)، لوک و همکاران (۲۰۰۸)، ونگ و همکاران (۲۰۱۰)، جان کی برنارد (۲۰۰۹)، ختکر و همکاران (۲۰۲۳) و بسیاری دیگر از محققین مطابقت داشت و دلیل این عدم تغییر در درصد و تولید پروتئین شیر را اینگونه عنوان کردند که عامل تاثیرگذار بر درصد و تولید پروتئین شیر میزان پروتئین جیره و میزان پروتئین قابل متابولیسم می‌باشد که این عوامل همگی در بین تیمارها مشابه بود.

مطابق جدول ۳ میانگین بازده خوراک برای جیره‌های یک تا سه به ترتیب ۱/۶۶، ۱/۷۰ و ۱/۵۸ می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به این صفت بین تیمارها معنی دار بود ( $P < 0/05$ ) به طوری که تیمارهایی که مکمل چربی دریافت کرده بودند نسبت به تیمار

کربوهیدراتی بازده خوراک بالاتر و معنی داری را داشتند که نتایج حاصله با نتایج بوئرمن و لوک (۲۰۱۴) و داس سانتوس (۲۰۲۲) مطابقت دارد ولی با نتایج خلیوندی و همکاران (۲۰۲۳) و رفیعی یارندی و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت ندارد که این محققین در پژوهش‌های جداگانه‌ای عنوان کردند که استفاده از مکمل‌های چربی تاثیری بر بازده مصرف خوراک ندارد.

جدول ۳. ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیب شیر گاوهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی

صفات	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	SEM	P-Valu
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز)	۲۳/۴۶	۲۲/۲۶	۲۳/۴۱	۳/۱۱	۰/۴۲
تولید شیر (کیلوگرم در روز)	۲۸/۰۱	۲۷/۵۶	۲۷/۹۳	۰/۶۲	۰/۱۹
تولید شیر تصحیح شده براساس ۳/۵٪ چربی (کیلوگرم در روز)	۳۸/۴۲	۳۸/۳۸	۳۷/۰۵	۱/۴	۰/۲۶
تولید شیر تصحیح شده براساس ۴٪ چربی (کیلوگرم در روز)	۳۵/۵۶	۳۵/۵	۳۴/۳۲	۱/۲۷	۰/۲۷
تولید چربی (کیلوگرم در روز)	۱/۳۵	۱/۳۶	۱/۲۷	۰/۱۷	۰/۶۰
تولید پروتئین (کیلوگرم در روز)	۱/۲۲	۱/۲۰	۱/۲۳	۰/۱۲	۰/۳۱
درصد چربی	<sup>a</sup> ۳/۵۷	<sup>a</sup> ۳/۶۵	<sup>b</sup> ۳/۳۵	۰/۰۶	۰/۰۴
درصد پروتئین	۳/۲۳	۳/۲۱	۳/۲۵	۰/۰۶	۰/۸۰
بازده خوراک (DMI / FCM3/5%)	<sup>a</sup> ۱/۶۶	<sup>a</sup> ۱/۷	<sup>b</sup> ۱/۵۸	۰/۰۲۶	۰/۰۳
تعداد سلول های سوماتیک شیر	۱۳۱/۰۴	۲۰۴/۳۳	۱۵۱/۵۹	۱۲۵/۳۴	۰/۶۴

a- جیره‌های یک تا سه شامل، ۱: مکمل نمک‌های کلسیمی اسید چرب غیراشباع ۴؛ مکمل اسیدچرب اشباع پالمی ۳؛ بدون مکمل چربی (کربوهیدراتی)

b- میانگین خطای استاندارد

میانگین های یک ردیف با حروف انگلیسی غیر مشابه، دارای اختلاف معنی داری هستند ( $p < 0.05$ )

مطابق جدول ۴ میانگین تغییرات وزن بدن گاوهای تغذیه شده با جیره های یک الی سه به ترتیب ۱۹/۸۶، ۱۶/۱۴ و ۲۳/۷۱ کیلوگرم در کل دوره آزمایشی بود. تجزیه واریانس داده های مربوط به این صفت نشان داد که تغییرات وزن بدن گاوها در بین جیره های مختلف، معنی دار نبود ( $p > 0.05$ ). نتایج بدست آمده در این مطالعه با نتایج مطالعات محققینی چون جان کی برنارد (۲۰۰۹)، برونس و همکاران (۲۰۱۵)، بوئرمن و لوک (۲۰۱۴) و پری و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت داشت.

جدول ۴. وزن گاوهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی

صفات	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	SEM <sup>2</sup>	P-Valu
وزن اولیه (کیلوگرم)	۶۲۰/۵۷	۶۰۶/۸۶	۶۲۰/۲۹	۸۳/۱۵	۰/۴۹
وزن انتهای آزمایش (کیلوگرم)	۶۰۳/۴۳	۶۲۳/۰۰	۶۴۴/۰۰	۸۵/۴۲	۰/۴۳
تغییرات وزن بدن در کل دوره آزمایش (کیلوگرم)	۱۹/۸۶	۱۶/۱۴	۲۳/۷۱	۲۴/۴۰	۰/۷۴



۱- جیره‌های یک تا سه شامل، ۱: مکمل نمک‌های کلسیمی اسید چرب غیراشباع ۲: مکمل اسیدچرب اشباع پالمی ۳: بدون مکمل چربی (کربوهیدراتی)

۲- میانگین خطای استاندارد

میانگین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک گاوهای تغذیه شده برای جیره های یک تا سه به ترتیب ۶۸/۶۴، ۶۸/۴۵ و ۶۸/۸۸ درصد بود تجزیه واریانس داده های مربوط به قابلیت هضم ظاهری ماده خشک نشان داد که اثر جیره ها بر این صفت معنی دار نبود ( $p > 0.05$ ). نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعات محققینی چون پرام و همکاران (۲۰۲۱)، هارواتین و آلن (۲۰۰۵)، وارتنس و همکاران (۲۰۰۸)، ابوالفتاح و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب موجب می‌شود که قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای مواد آلی افزایش یابد که این افزایش مربوط به عبور چربی از شکمبه و هضم آن در روده کوچک می‌باشد. علاوه بر اثر انواع مکمل چربی بر قابلیت هضم مواد خوراکی، سطوح مختلف چربی نیز در تحقیقات انجام شده توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله مطالعه ای که در آن به بررسی اثر سطوح مختلف چربی در جیره گاوها بر سنتز پروتئین میکروبی و قابلیت هضم پرداخته اند. که در نتیجه جریان نیتروژن میکروبی، بازده میکروبی، قابلیت هضم پروتئین، ماده خشک، ماده آلی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی تحت تاثیر سطوح چربی جیره موجود در جیره قرار نگرفت (Giannuzzi et al., 2023).

مطابق جدول ۵ میانگین قابلیت هضم ظاهری دیواره سلولی و میانگین قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در بین تیمارها تفاوت معنی داری نداشت و میانگین قابلیت هضم ظاهری چربی خام، گاوهای تغذیه شده با جیره های یک تا سه به ترتیب ۹۱/۳۵، ۸۸/۱۰ و ۸۵/۱۸ درصد بود تجزیه واریانس داده های مربوط به قابلیت هضم ظاهری چربی خام نشان داد که اثر جیره ها بر این صفت معنی دار می‌باشد ( $p < 0.05$ ). همچنین بوئرمن و همکاران (۲۰۱۵) و داس سانتوس و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که جایگزین کردن نشاسته با مکمل چربی تاثیری بر قابلیت هضم ماده خشک، دیواره سلولی و چربی خام جیره ندارد.

جدول ۵. قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (بر حسب درصد)

صفات	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	SEM <sup>۲</sup>	P-Valu
ماده خشک	۷۱/۶۴	۶۸/۴۵	۶۸/۸۸	۲/۰۵	۰/۲۱
چربی خام	<sup>a</sup> ۹۱/۳۵	<sup>b</sup> ۸۸/۱۰	<sup>b</sup> ۸۵/۱۸	۱/۲۳	۰/۰۰۳
پروتئین خام	۷۳/۹۰	۷۲/۶۵	۷۰/۴۲	۲/۲۵	۰/۵۷
دیواره سلولی	۵۴/۲۴	۵۰/۴۳	۵۱/۷۵	۲/۵۷	۰/۱۵

(a) جیره‌های یک تا سه شامل، ۱: مکمل نمک‌های کلسیمی اسید چرب غیراشباع ۲: مکمل اسیدچرب اشباع پالمی ۳: بدون مکمل چربی (کربوهیدراتی)

(b) میانگین خطای استاندارد

\*میانگین های یک ردیف با حروف انگلیسی غیر مشابه، دارای اختلاف معنی داری هستند ( $p < 0.05$ )

میانگین غلظت تری گلیسرید، گلوکز، کلسترول و غلظت کل پروتئین پلاسمای خون گاوهای تغذیه شده با جیره های یک تا سه تفاوت معنی داری در بین تیمارها نداشت. میانگین غلظت نیتروژن اوره‌ای پلاسمای خون گاوهای تغذیه شده با جیره های یک تا سه به ترتیب ۱۳/۷۶، ۱۵/۳۵ و ۱۴/۲۰ میلی گرم در دسی لیتر بود (جدول ۶). تجزیه واریانس داده های مربوط به غلظت نیتروژن اوره‌ای خون نشان داد که اثر جیره ها بر این صفت معنی دار بود ( $p = 0.05$ ). به طوری که میزان نیتروژن اوره‌ای خون در گاوهای تغذیه شده با مکمل اسیدهای چرب اشباع پالمی بیشترین بود. تفاوتی در این شاخص بین گاوهای تغذیه شده با پودر چربی غیر اشباع و جیره کربوهیدراتی وجود نداشت. در مطالعه‌ای رفیعی یارندی و همکاران (۲۰۱۶) اثر جایگزینی مکمل نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع با سویای حرارت داده شده در دماهای مختلف در گاوهای شیرده را که انجام داده بودند، گزارش کردند که تیماری که حاوی نمک‌های کلسیمی می‌باشد (تیمار شاهد) نسبت به سایر تیمارها BUN بالایی داشت ( $p < 0.05$ ). هو و همکاران (۲۰۲۴) دریافتند که با افزایش نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع در جیره غلظت آمونیاک شکمبه در شرایط آزمایشگاهی به دلیل مهار رشد میکروبی شکمبه و محدود

شدن دامیناسیون پروتئین‌ها و پپتیدها کاهش یابد که در اثر این روند کاهشی آمونیاک شکمبه، غلظت نیتروژن اوره‌ای خون نیز که رابطه مستقیم با غلظت آمونیاک شکمبه دارد کاهش می‌یابد و همچنین در تیمار کربوهیدراتی (جیره ۳) به دلیل کافی بودن میزان کربوهیدرات در جیره جهت سنتز پروتئین میکروبی، غلظت آمونیاک شکمبه پایین می‌باشد ولی در تیمار پالمی به دلیل کمبود کربوهیدرات در جیره (به دلیل جایگزین شدن نشاسته با مکمل چربی) و همچنین کمبود اسیدهای چرب غیر اشباع و اثر مثبت این چربی‌ها در کاهش غلظت آمونیاک شکمبه، میزان نیتروژن اوره‌ای خون بالاتر می‌باشد.

جدول ۶. فراسنج‌های خون در گاوهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی

صفات	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	SEM <sup>2</sup>	P-Valu
گلوکز (میلی گرم در دسی لیتر)	۶۳/۶۶	۵۶/۷۱	۵۸/۸۳	۱۶/۰۲	۰/۹۲
کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر)	۱۳۴/۰۳	۱۲۹/۲۲	۱۳۷/۶۶	۶/۳۲	۰/۵۵
تری گلیسرید (میلی گرم در دسی لیتر)	۷۲/۳۳	۶۷/۶۷	۵۶/۵۴	۲۴/۴۵	۰/۳۷
کل پروتئین (گرم در دسی لیتر)	۴/۵۲	۴/۴۹	۴/۵۱	۰/۱۸	۰/۷۹
نیتروژن اوره ای خون (میلی گرم در دسی لیتر)*	<sup>b</sup> ۱۳/۷۶	<sup>a</sup> ۱۵/۳۵	<sup>b</sup> ۱۴/۲۰	۰/۱۹	۰/۰۵

(a) جیره‌های یک تا سه شامل، ۱: مکمل نمک‌های کلسیمی اسید چرب غیر اشباع ۲: مکمل اسید چرب اشباع پالمی ۳: بدون مکمل چربی (کربوهیدراتی)

(b) میانگین خطای استاندارد

\* میانگین‌های یک ردیف با حروف انگلیسی غیر مشابه، دارای اختلاف معنی داری هستند ( $p < 0.05$ )

میانگین غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه برای جیره های یک تا سه به ترتیب ۱۱/۲۳، ۱۱/۵۵ و ۱۰/۲۰ میلی گرم در دسی لیتر بود. تجزیه واریانس داده های مربوط به غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نشان داد که اثر جیره ها بر این صفت معنی دار می‌باشد ( $p < 0.05$ ). نتایج نشان می‌دهد که ازت آمونیاکی در گروه‌های دریافت کننده مکمل چربی زیاد تر از جیره کربوهیدراتی می‌باشد. زمانی که بخشی از کربوهیدرات با چربی جایگزین می‌شود منابع کربوهیدراتی قابل تخمیر در شکمبه جهت استفاده از نیتروژن آمونیاکی در سنتز میکروبی کاهش خواهد یافت و از این طریق می‌تواند غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه در جیره های حاوی چربی افزایش یابد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج مطالعه ونگ و همکاران (۲۰۱۲) که اثر تغذیه نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع را بر روی عملکرد گاوهای شیرده بررسی کرده بودند مطابقت دارد بطوریکه با جایگزین کردن بخشی از نشاسته با مکمل چربی میزان نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه به شکل معنی‌داری افزایش یافت که دلیل این عمل را افزایش تجزیه پذیری پروتئین و همچنین عدم تاثیر منفی نمک کلسیمی بر تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه دانست. و در مطالعه دیگر رفیعی یارندی و همکاران (۲۰۱۶) که اثر جایگزینی نمک‌های کلسیمی اسید چرب غیر اشباع با دانه سویای حرارت داده شده در دماهای مختلف را بررسی کرده بودند، با نتایج مطالعه حاضر مغایر می‌باشد به طوریکه غلظت ازت آمونیاکی مایع شکمبه در بین تیمارها در این آزمایش متفاوت نیست. در یک مطالعه‌ی مشابه صورت گرفته توسط لوسین و همکاران (۲۰۲۱) که اثر خوراندن تولیدات جانبی روغن پالم بر تخمیر شکمبه‌ای در گاو شیری مورد بررسی قرار گرفت و آنها مشاهده کردند که غلظت ازت آمونیاکی در نمونه‌های مربوط به حیوانات دریافت کننده جیره کنترل نسبت به سایر نمونه‌ها که سطح بالایی از چربی را در جیره دریافت کرده بودند، بیشتر بود.

جدول ۷. فراسنج‌های مایع شکمبه در گاوهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی

صفات	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	SEM <sup>2</sup>	P-Valu
------	--------	--------	--------	------------------	--------

۰/۶۹	۲۷/۲۱	۱۰۰/۲۹	۱۲۲/۰۶	۱۰۹/۰۳	کل اسیدهای چرب (میلی مولار)
۰/۶۹	۴/۳۹	۴۷/۵۹	۵۷/۸۴	۴۷/۲۶	اسید استیک (درصد از کل)
۰/۵۳	۵/۱۴	۲۲/۹۳	۲۲/۹۷	۲۳/۰۵	اسید پروپیونیک (درصد از کل)
۰/۷۳	۵/۹۲	۱۹/۹۴	۱۹/۲۲	۲۰/۵۷	بوتیرات (درصد از کل)
۰/۹۰	۱/۳۲	۷/۲۵	۶/۶۵	۶/۱۷	ایزوالرات (درصد از کل)
۰/۱۱	۰/۳۱	۲/۷۹	۲/۷۷	۲/۹۵	والریک (درصد از کل)
۰/۰۲	۰/۲۸	<sup>b</sup> ۱۰/۲۰	<sup>a</sup> ۱۱/۵۵	<sup>a</sup> ۱۱/۲۳	نیترژن آمونیاکی (میلی گرم در دسی لیتر)*
۰/۲۹	۰/۱۶۶	۶/۱۲	۶/۲۱	۶/۲۰	pH مایع شکمبه

(a) جیره‌های یک تا سه شامل، ۱: مکمل نمک‌های کلسیمی اسید چرب غیراشباع ۲: مکمل اسیدچرب اشباع پالمی ۳: بدون مکمل چربی (کربوهیدراتی)

(b) میانگین خطای استاندارد

\* میانگین های یک ردیف با حروف انگلیسی غیر مشابه، دارای اختلاف معنی داری هستند ( $p < 0.05$ )

جدول ۸ نشان‌دهنده پروفیل اسیدهای چرب شیر تولیدی است. اسیدپالمیتیک اسیدچرب غالب در شیر تولیدی در همه گروه‌ها بود، با اینحال غلظت اسیدپالمیتیک در شیر تولیدی گروه مصرف کننده مکمل چربی پالم بصورت معنی‌داری افزایش یافته و حدود ۴۵ درصد اسیدهای چرب شیر را تشکیل داد ( $p < 0.05$ ). با توجه به اینکه افزایش غلظت اسیدپالمیتیک در جریان خون موجب افزایش انتقال این اسیدچرب به شیر می‌شود (Lunsin, Pilajun, Cherdthong, & Wanapat, 2021)، افزایش غلظت و تولید این اسیدچرب در شیر گروه مصرف کننده مکمل اسیدهای چرب پالم، قابل توجه است. میزان اسید اولئیک شیر به عنوان دومین اسیدچرب موجود در شیر اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نداشت، ولی از لحاظ عددی گروه مصرف کننده اسیدپالمیتیک کمترین میزان اسیداولئیک در شیر را بخود اختصاص دادند و با این حال بالاترین میزان غلظت اسید اولئیک متعلق به گروه مصرف کننده مکمل محافظت شده نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد که بیشترین میزان اسیداولئیک را در شیر ترشح کردند. افزایش عددی غلظت استئاریک اسید در شیر گاوهایی که جیره کربوهیدراتی دریافت کردند نسبت به دو تیمار دیگر افزایش اتکا به ذخایر بدنی در تأمین انرژی مورد نیاز برای تولید شیر و در نتیجه افزایش غلظت اسیداستئاریک حاصل از موبیلز یاسیون از بافت چربی در پلاسما و در نتیجه انتقال آن به شیر دانست (Boerman, Potts, VandeHaar, & Lock, 2015).

مصرف مکمل‌های محافظت شده اسیدهای چرب غیراشباع سبب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) در چربی شیر شد ( $p < 0.05$ ). همچنین بیشترین میزان اسید لینولئیک (امگا۶) مربوط به گروه مصرف کننده نمک‌های کلسیمی محافظت شده بود و کمترین میزان اسیدلینولئیک مربوط به گروه مصرف کننده مکمل چربی پالمی بود ( $p < 0.05$ ). به‌علاوه غلظت اسیدلینولئیک (امگا۳) در گروه مصرف کننده نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به تیمارهای پالمی و کربوهیدراتی بالاتر بود و اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود داشت ( $p < 0.05$ ). بنابراین می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری نمود که محافظت اسیدهای چرب غیراشباع سبب افزایش غلظت آنها در چربی شیر می‌شود و همچنین افزایش اینگونه اسیدهای چرب در جیره غذایی گاوهای شیرده بصورت محافظت شده موجب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع در چربی شیر می‌شود (Boerman, Potts, VandeHaar, & Lock, 2015; Prom, C., dos Santos Neto, J., Newbold, J., & Lock, A., 2021; Gordiano et al., 2023). افزایش اسیدهای چرب لینولئیک (امگا۳) و لینولئیک (امگا۶) در شیر گاوهای تغذیه شده با مکمل‌های محافظت شده نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع تأثیرات بسیار مطلوب در مصرف کنندگان این‌گونه شیرها که عمدتاً انسان‌ها می‌باشند دارد و از تأثیرات اسید لینولئیک و اسیدلینولئیک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

هر دو گروه مهم اسیدهای چرب ضروری (EFA) امگا ۶ و امگا ۳ اجزایی از سلول‌های عصبی و غشاهای سلولی را تشکیل می‌دهند. آنها توسط بدن به ایکوسانوئیدها، لوکوترین‌ها و پروستاگلاندین‌ها تبدیل می‌شوند که در اکثر فعالیت‌های متابولیسم در بدن شرکت

دارند. اسیدهای چرب ضروری به دلیل حضورشان در غشا سلولی در فعالیت های فیزیولوژیک بدن نیز شرکت دارند که از جمله آن‌ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

تنظیم فشار درون چشم، مفاصل و عروق خونی و هدایت پاسخ های ایمنی، تنظیم ترشحات بدن و میزان ویسکوزیته (چسبندگی یا گران روی) آنها، گشاد و تنگ کردن عروق خونی، تنظیم گردش خون جانبی، هدایت هورمون های درون ریز به سلول های هدف خود، تنظیم عضلات صاف و رفلکس های خودکار بدن، تنظیم سرعت تقسیم سلولی، حفظ حالت سیالی و کشسانی غشاهای سلولی، تنظیم ورود و خروج مواد در سلول ها، انتقال اکسیژن از گلبول های قرمز خون به بافت ها، حفظ عملکرد صحیح کلیه ها و توازن مایعات بدن، متحرک نگاه داشتن چربی های اشباع در جریان خون، جلوگیری از چسبیدن سلول های خونی به همدیگر (و در نتیجه عدم تشکیل لخته های خونی که علت حملات قلبی و سکتة های مغزی هستند)، تنظیم میزان آزاد شدن مواد التهابی از سلول ها که می تواند سبب شروع واکنش های حساسیتی گردد، تنظیم انتقالات و ارتباطات عصبی. در صورتی که رژیم غذایی فاقد یکی از این اسیدهای چرب امگا ۳ یا امگا ۶ به مدت طولانی باشد، بیماریهای تحلیل برنده (دژنراتیو) ایجاد خواهند شد.

اسیدهای چرب امگا ۳ در هر مرحله از زندگی ضروری اند. آنها حتی قبل از تولد در غشای سلولی همه سلول های بدن یافت می شوند و باعث تجهیز ایده آل غشای سلولی برای انجام وظایف خود می شوند. این اسیدهای چرب همچنین در تنظیم کلیه، عملکردهای زیست شناختی، در دستگاه های قلبی عروقی، تولید مثل، ایمنی و عصبی به کار می روند. این ماده حیاتی در هر دوره از مراحل زندگی به صورتی خاص عملکردهای مفیدی خواهد داشت.

از طرف دیگر بالاتر بودن اسید پالمیتیک در تیمار پالمی به واسطه مصرف پودر چربی پالم می تواند تاثیرات نامطلوبی را در سلامتی انسان ها داشته باشد. اسید پالمیتیک یک اسید چرب اشباع است که عضو اصلی تشکیل دهنده روغن پالم می باشد که این روغن امروزه به طور گسترده ای در صنایع غذایی استفاده می شود. در چند دهه گذشته مطالعات بسیار زیادی در مورد آثار نامطلوب استفاده از این روغن ها انجام شده است که اکثر این مطالعات به نقش کارکردی روغن پالم و توسعه چاقی، دیابت نوع ۲، کبد چرب، بیماری های قلبی عروقی و از همه مهم تر سرطان اشاره دارند (Bruns, Hippen, Kalscheur, & Schingoethe, 2015).

غلظت اسیدهای چرب متوسط زنجیر ۱۰ و ۱۲ کربنه در تیمار کربوهیدراتی نسبت به تیمارهای حاوی مکمل چربی بالاتر بود و اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده می شود ( $P < 0/05$ ). با توجه به اینکه سنتز اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر در بافت پستان بصورت سنتز درون زادی است، بنابراین در تیمار کربوهیدراتی سهم سنتز دنووی پستانی افزایش یافته است و به همین دلیل غلظت اسیدهای چرب متوسط زنجیر در تیمار کربوهیدراتی بالاتر است که این نتایج با نتایج حاصل از مطالعه محققینی چون برونس و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

**جدول ۸.** پروفایل اسیدهای چرب شیر (درصد) در گاوهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی

اسید چرب	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	SEM <sup>2</sup>	P-Valu
C10:00	b <sup>۰</sup> /۸۷	ab <sup>۱</sup> /۰۲	a <sup>۱</sup> /۴۸	۰/۱۶	۰/۰۲
C12:00	b <sup>۱</sup> /۴۰	b <sup>۱</sup> /۴۶	a <sup>۲</sup> /۶۲	۰/۱۰	۰/۰۱>
C14:00	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۱۵
C16:00	b <sup>۳</sup> ۵/۴۲	a <sup>۴</sup> ۵/۶۳	b <sup>۳</sup> ۳/۸۳	۱/۷۳	۰/۰۱>
C16:01	۱/۴۹	۱/۱۳	۱/۳۸	۰/۳۲	۰/۷۳
C18:00	۱۳/۹۵	۱۱/۳۹	۱۵/۱۰	۱/۲۶	۰/۱۴
C18:01	۳۱/۳۲	۲۷/۰۷	۳۰/۰۷	۲/۳۸	۰/۴۵
C18:02	a <sup>۲</sup> /۸۶	b <sup>۲</sup> /۳۰	ab <sup>۲</sup> /۲۲	۰/۱۱	۰/۰۱
C18:03	a <sup>۰</sup> /۲۶	b <sup>۰</sup> /۱۸	b <sup>۰</sup> /۱۸	۰/۰۲	۰/۰۳
SFA	۵۹/۸۴	۶۶/۳۳	۶۲/۳۲	۲/۲۴	۰/۱۵
USFA	۳۶/۲۰	۳۰/۷۲	۳۴/۴۲	۲/۳۰	۰/۲۶
PUFA	a <sup>۳</sup> /۰۳	b <sup>۲</sup> /۴۲	ab <sup>۲</sup> /۶۲	۰/۱۴	۰/۰۲

- (a) جیره‌های یک تا سه شامل، ۱: مکمل نمک‌های کلسیمی اسید چرب غیراشباع ۲: مکمل اسیدچرب اشباع پالمی ۳: بدون مکمل چربی (کربوهیدراتی)  
(b) میانگین خطای استاندارد

\*میانگین‌های یک ردیف با حروف انگلیسی غیر مشابه، دارای اختلاف معنی داری هستند ( $P < 0.05$ )

## نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از هر دو مکمل چربی موجب افزایش معنی‌داری در درصد چربی شیر، افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه و بازده خوراک گاوها شد. غلظت نیتروژن اوره ای خون و غلظت اسید پالمیتیک در شیر گاوهایی که با مکمل اسیدهای چرب اشباع پالمی تغذیه شده بودند به طور معنی‌داری افزایش یافت. افزودن مکمل نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم عصاره اتری شد و همچنین استفاده از این نوع مکمل در تغذیه گاوهای شیرده میزان اسید لینولئیک و اسید لینولنیک و PUFA در چربی شیر افزایش معنی‌داری نشان داد لذا از این طریق می‌توان بهبود پروفایل اسیدهای چرب شیر گاو در تغذیه انسانی را موجب شد.

## تقدیر و تشکر

بدین وسیله از ریاست محترم دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی و مدیریت محترم مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تهران صمیمانه قدردانی می‌نماییم و همچنین از شرکت دانش بنیان کیمیا دانش الوند جهت حمایت‌های بی‌دریغ کمال تشکر و امتنان را داریم.

## Extended Abstract

### Introduction

Fat supplements have a great role in livestock diets today. Fats as energetic compounds can increase energy in diets. Also, today, special attention is paid to the consumption of fat in livestock and their products, so that scientists not only do not prohibit other people from consuming fat sources, but also strongly recommend the consumption of certain types of fat to prevent certain diseases such as cardiovascular diseases, high blood pressure, arthritis, diabetes, obesity, cancers and osteoporosis. With the increase in production capacity in dairy and fattening animals, as well as paying attention to the quantitative and qualitative aspects of the types of fat they produce, the feeding of different forms of fat has attracted the attention of animal nutrition researchers, and with the positive results, practical aspects have also been applied in breeding farms.

### Materials and methods

This experiment was carried out in the educational-research station of the Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran. 21 Holstein lactating cows with average  $105/7 \pm 34.5$  days in milk used to evaluate partial replacing of starch with saturated or unsaturated fatty acids on milk yield and composition, blood and rumen parameters and nutrient digestibility. Cows were used in a completely randomized design with three diets included: 1. Diets supplemented with calcium salts of unsaturated fatty acids (1/9% of diet DM). 2. Diet supplemented with saturated fatty acids mainly palmitic acid (1/9% of diet DM). 3. Carbohydrate diet (no fat supplementation). The study period was 45 days, 10 days for adaptation and 35 days for data collection.

### Results and discussion

The results of this experiment showed that the use of both types of fat supplements (SFA and PUFA) caused a significant increase in milk fat percentage, ammonia nitrogen concentration in the rumen liquid, and feed consumption efficiency of cows. The concentration of blood urea nitrogen was also increased as well palmitic acid in the milk of

cows that were fed with the supplement of saturated palmitic fatty acids. The addition of the calcium salt supplement of unsaturated fatty acids significantly increased the digestibility of the ether extract, and also the use of this type of supplement in the feeding of lactating cows showed an increase in the amount of linoleic acid, linolenic acid and PUFA in milk fat. Therefore, this improves the fatty acid profile of cow's milk in human nutrition too.

## : منابع

- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of dairy science*, 83(7), 1598-1624.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis: Aoac Washington, DC.
- Bernard, J. K. (2009). Performance and metabolic measures of lactating dairy cows fed diets supplemented with either mostly saturated or more unsaturated fatty acids .
- Boerman, J., Potts, S., VandeHaar, M., & Lock, A. (2015). Effects of partly replacing dietary starch with fiber and fat on milk production and energy partitioning. *Journal of dairy science*, 98(10), 7264-7276 .
- Bruns, H., Hippen, A., Kalscheur, K., & Schingoethe, D. (2015). Inclusion of various amounts of steam-flaked soybeans in lactating dairy cattle diets. *Journal of dairy science*, 98(10), 7218-7225 .
- Cediel, D., Silva, R. R., da Silva, F. F., Santos, L. V., da Silva, A. P. G., da Conceição Santos, M., . . . Silva, J. W. D. (2022). Fatty acid profile of beef from crossbred steers supplemented in grazing
- Council, N. R. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*: National Academies Press.
- dos Santos Neto, J., Silva, J., Meschiatti, M., de Souza, J., Negrão, J., Lock, A., & Santos, F. (2022). Increasing levels of calcium salts of palm fatty acids affect production responses during the immediate postpartum and carryover periods in dairy cows. *Journal of dairy science*, 105(12), 9652-9665 .
- Erickson, P. S., & Kalscheur, K. F. (2020). Nutrition and feeding of dairy cattle *Animal Agriculture* (pp. 157-180): Elsevier.
- Hu, L., Shen, Y., Zhang, H., Ma, N., Li, Y., Xu, H., ... & Li, J. (2024). Effects of dietary palmitic acid and oleic acid ratio on milk production, nutrient digestibility, blood metabolites and milk fatty acids profile of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*.
- Giannuzzi, D., Capra, E., Bisutti, V., Vanzin, A., Marsan, P. A., Cecchinato, A., & Pegolo, S. (2023). Methylome-wide analysis of milk somatic cells upon subclinical mastitis in dairy cattle. *Journal of dairy science* .
- González, L., Moreno, T., Bispo, E., Dugan, M. E., & Franco, D. (2014). Effect of supplementing different oils: Linseed, sunflower and soybean, on animal performance, carcass characteristics, meat quality and fatty acid profile of veal from “Rubia Gallega” calves. *Meat Science*, 96(2), 829-836 .
- Gordiano, L., Ferreira, F., Ribeiro, C., de Carvalho, G., Silva, F., de Araújo, M., . . . de Freitas Jr, J. (2023). Association between chitosan and unsaturated fatty acids supplementation on ruminal fermentation, digestive metabolism, and ruminal kinetics in beef heifers. *Livestock Science*, 271, 105216 .
- Harvatine, K., & Allen, M. (2005). The effect of production level on feed intake, milk yield, and endocrine responses to two fatty acid supplements in lactating cows. *Journal of dairy science*, 88(11), 4018-4027 .
- Ichihara, K. I., & Fukubayashi, Y. (2010). Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography [S]. *Journal of lipid research*, 51(3), 635-640.
- Khalilvandi-Behroozyar, H., Mohtashami, B., Dehghan-Banadaky, M., Kazemi-Bonchenari, M., & Ghaffari, M. H. (2023). Effects of fat source in calf starter on growth performance, blood fatty acid profiles, and inflammatory markers during cold season. *Scientific Reports*, 13(1), 18627.
- Khatkar, S. K., Khatkar, A. B., Mehta, N., Kaur, G., Dhull, S. B., & Prakash, S. (2023). Effective strategies for elevating the techno-functional properties of milk protein concentrate. *Trends in Food Science & Technology*, 104169 .

- Khorshidi, K. J., Karimnia, A., Gharaveisi, S., & Kioumars, H. (2008). The effect of monensin and supplemental fat on growth performance, blood metabolites and commercial productivity of Zel lamb. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 11(20), 2395-2400.
- Lidauer, M., Negussie, E., Mäntysaari, E., Mäntysaari, P., Kajava, S., Kokkonen, T., . . . Mehtiö, T. (2023). Estimating breeding values for feed efficiency in dairy cattle by regression on expected feed intake. *animal*, 17(9), 100917 .
- Lock, A. L., Bauman, D. E., & Jenkins, T. C. (2008, January). Understanding the biology of milk fat depression: from basic concepts to practical application. In Proc. Intermountain Nutr. Conf. Salt Lake City, UT (pp. 27-44).
- Loosli, J. K., Maynard, J. L., & Lucas, H. (1944). *Further Studies of the Influence of Different Levels of Fat Intake Upon Milk Secretion IV*: Cornell Univ., Agricultural Experiment Station.
- Lunsin, R., Pilajun, R., Cherdthong, A., & Wanapat, M. (2021). Effects of high-quality oil palm frond pellets on nutrient digestion, rumen fermentation, and production performance of lactating dairy cows. *Applied Animal Science*, 37(5), 574-582 .
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Academies Press.
- Pereira, G. M., Heins, B. J., Visser, B., & Hansen, L. B. (2022). Comparison of 3-breed rotational crossbreds of Montbéliarde, Viking Red, and Holstein with Holstein cows fed 2 alternative diets for dry matter intake, production, and residual feed intake. *Journal of Dairy Science*, 105(11), 8989-9000.
- Prom, C., dos Santos Neto, J., Newbold, J., & Lock, A. (2021). Abomasal infusion of oleic acid increases fatty acid digestibility and plasma insulin of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 104(12), 12616-12627 .
- Rafiee-Yarandi, H., Ghorbani, G. R., Alikhani, M., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Drackley, J. K. (2016). A comparison of the effect of soybeans roasted at different temperatures versus calcium salts of fatty acids on performance and milk fatty acid composition of mid-lactation Holstein cows. *Journal of dairy science*, 99(7), 5422-5435 .
- Reis, M., Cooke, R. F., Ranches, J., & Vasconcelos, J. L. M. (2012). Effects of calcium salts of polyunsaturated fatty acids on productive and reproductive parameters of lactating Holstein cows. *Journal of dairy science*, 95(12), 7039-7050 .
- Van Keulen, J., & Young, B. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287 .
- Van Soest, P. v., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597 .
- Vyas, D., Teter, B. B., & Erdman, R. A. (2012). Milk fat responses to dietary supplementation of short-and medium-chain fatty acids in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 95(9), 5194-5202.
- Waldo, D., & Jorgensen, N. (1981). Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. *Journal of dairy science*, 64(6), 1207-1229 .
- Walker, R. E., Harvatine, K. J., Ross, A. C., Wagner, E. A., Riddle, S. W., Gernand, A. D., & Nommsen-Rivers, L. A. (2022). Fatty acid transfer from blood to milk is disrupted in mothers with low milk production, obesity, and inflammation. *The Journal of nutrition*, 152(12), 2716-2726 .
- Wang, Y., Jacome-Sosa, M. M., & Proctor, S. D. (2012). The role of ruminant trans fat as a potential nutraceutical in the prevention of cardiovascular disease. *Food Research International*, 46(2), 460-468.