The effect of feeding flacked or granulated fat supplement containing lecithin or bile powder on the production performance and source of milk fatty acids in Holstein dairy cows

Abstract

This research aims to investigate the effect of a feeding fat supplement containing an additive (lecithin or bile powder) with the physical form of flake or granule on the apparent digestibility of nutrients and some blood parameters in Holstein dairy cows. 48 lactating cows were used during two experimental periods in a 2x3x2 completely randomized factorial design and randomly grouped into 6 experimental treatments: 1. Control diet + 2.5% granulated fat supplement, 2. Control diet + 2.5% granulated fat supplement containing 5% lecithin 3. Control diet + 2.5% granulated fat supplement containing 5% bile powder 4. Control diet + 2.5% Flaked fat supplement 5. Control diet + 2.5% Flaked fat supplement containing 5% lecithin and 6. Control diet + 2.5% Flaked fat supplement containing 5% bile powder. All the experimental diets were balanced according to the recommendations of the National Research Association. All data were analyzed by statistical software. The addition of lecithin or bile powder average milk production, ECM, 3.5% FCM, milk fat, protein, lactose, solids, solids nonfat, SCC, *denovo* fatty acids, mixed fatty acids, preformed fatty acids, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, mono unsaturated fatty acids, poly unsaturated fatty acids, stearic acid, palmitic acid and oleic acid ($P \geq 0.05$). The addition of emulsifiers to the fat supplement of the high-production dairy cow diet may have positive effects on the production performance, milk compositions and source of fatty acids.

Keywords: emulsifier, bile powder, lecithin, fat, dairy cow

اثر تغذیه مکمل چربی پرک یا گرانول حاوی لسیتین یا پودر صفرا بر عملکرد تولیدی و منشأ اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده هلشتاین

چکیده

هدف این پژوهش بررسی اثر تغذیه مکمل چربی حاوی افزودنی (لسیتین یا پودر صفرا) با شکل فیزیکی پرک یا گرانول بر عملکرد تولیدی و منشأ اسیدهای چرب در گاوهای شیرده هلشتاین است. ۴۸ رأس گاو شیرده طی دو دوره آزمایشی در قالب طرح چند عاملی ۲×۳×۲ کاملاً تصادفی استفاده شد که به‌طور تصادفی در ۶ تیمار آزمایشی گروه‌بندی شدند: ۱. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی گرانول، ۲. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی گرانول حاوی ۵ درصد لسیتین، ۳. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی گرانول حاوی ۵ درصد پودر صفرا، ۴. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی پرک، ۵. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی پرک حاوی ۵ درصد لسیتین و ۶. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی پرک حاوی ۵ درصد پودر صفرا. تمام جیره‌های آزمایشی طبق توصیه‌های انجمن ملی تحقیقات متعادل شدند. تمامی داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری واکاوی شدند. افزودنی‌های لسیتین یا پودر صفرا سبب بهبود میانگین تولید شیر، مقدار چربی، پروتئین، لاکتوز، شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی، مقدار تولید اسیدهای چرب دنوو، مخلوط، پریفورمد، اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه، اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه، اسید پالمتیک، اسید استئاریک و اسید اولئیک شدند ($P\leq ۰/۰۵$). افزودن ترکیبات امولسیون‌کننده در مکمل‌های چربی جیره غذایی گاوهای شیرده پرتولید، احتمالاً اثرات مثبتی برعملکرد تولیدی و ترکیبات شیر دارد.

کلیدواژه‌ها: امولسیون‌کننده، پودر صفرا، لسیتین، چربی، گاو شیری

ویرایشنامه‌ی نشده

مقدمه

احتیاجات انرژی در گاوهای شیری امروزی با افزایش میزان تولید شیر افزایش پیدا کرده است، بنابراین مکمل‌های چربی اغلب به‌منظور کمک برای دستیابی به این احتیاجات انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. طبق تحقیقات انجام شده گوارش‌پذیری اسیدهای چرب با افزایش مقدار جریان اسیدهای چرب به روده باریک، کاهش می‌یابد که همین امر ظرفیت جذب اسیدهای چرب را برای گاو محدود نموده و دستیابی به حداکثر تولید را محدود می‌کند (Boerman *et al*., 2015). بنابراین درک عوامل تغذیه‌ای مرتبط با عملکرد تولیدی گاوهای شیرده و بهبود ترکیبات شیر از منظر علمی و اقتصادی برای صنعت گاو شیری جالب توجه می‌باشد.

ظاهراً یکی از استراتژی‌های بالقوه به‌منظور بهبود عملکرد تولیدی و ترکیبات شیر در حیوانات مکمل نمودن ترکیبات امولسیون‌کننده در جیره‌غذایی آن‌ها است، زیرا دلیل افت عملکرد تولیدی و ترکیبات تشکیل دهنده شیر به‌ویژه چربی و پروتئین، کاهش جذب اسیدهای چرب (به ویژه اسید استئاریک) در اثر افزایش جریان آن‌ها به دوازدهه را مرتبط با در دسترس بودن لیزولسیتین و تشکیل میسل دانسته‌اند (Doreau *et al*., 2016; Zhao *et al*., 2017; Daley *et al*., 2020) در همین راستا، اشباع‌شدن نقاط جذبی اسیدهای چرب در ژئوژنوم (Freitas Jr *et al*., 2018) و سازوکارهای عادت‌پذیری توسط گاو برای حفظ ثبات ترکیب اسیدهای چرب شیر و بافت‌ها نیز گزارش شده است (Loften *et al*., 2014). توانایی لیپاز پانکراسی، کولیپاز و فسفولیپازها در هضم کارآمد تری‌گلیسریدها و فسفولیپیدهای جیره نشخوارکنندگان مستلزم وجود نمک‌های صفراوی و لیزولسیتین بوده تا خصوصیات امولسیفه‌کنندگی و تشکیل میسل انجام شده و عملکرد تولیدی و ترکیبات تشکیل دهنده شیر را بهبود بخشد (McFadden, 2019).

تصور می‌شود که تخمیر فسفولیپیدها در شکمبه احتمالاً مانع از استفاده آن‌ها به‌عنوان امولسیون‌کننده محیط روده شود و متعاقباً نتواند اثرات مثبتی را بر عملکرد تولیدی حیوان نشان دهد، بنابراین بکارگیری فناوری‌هایی که لسیتین و لیزولسیتین را در برابر تخمیر شکمبه‌ای محافظت کنند ضروری می‌باشد (McFadden, 2019). اسیدهای صفراوی گروهی از استروئیدهای محلول در آب می‌باشند که در اثر کاتابولیسم کلسترول در سلول‌های کبدی سنتز می‌گردند، اسیدهای صفراوی اولیه عمدتاً با اسیدهای آمینه گلایسین و یا تائورین مزدوج می‌شوند و نقش مهمی در هضم و جذب چربی‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی بازی می‌کنند و زمینه ساز بهبود سوخت‌وساز و در نتیجه افزایش بازدهی بدن هستند (di Gregorio *et al*., 2021; Macierzanka *et al*., 2019). شکل فیزیکی و میانگین اندازه ذرات مکمل‌های چربی عبوری اشباع، عاملی مؤثر بر پاسخ‌های تولیدی در گاوهای شیری معرفی شده است (de Souza *et al*., 2017; Eastridge & Firkins, 2000).

درحال حاضر پژوهشی که به ارزیابی اثرات افزودن مواد امولسیون‌کننده نظیر لسیتین یا پودر صفرا به مکمل‌های چربی عبوری اشباع با شکل فیزیکی و میانگین اندازه ذرات متفاوت بر عملکرد تولیدی، ترکیبات شیر و منشأ اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده هلشتاین

پرداخته باشد، اجرا نشده است. همچنین از دیگر ضرورت‌های این مطالعه دستیابی به راهکاری است که توسط آن بتوان بازدهی عملکرد تولیدی و ترکیبات تشکیل دهنده شیر را با تغذیه مکمل‌های چربی اشباعی که به دلایل اقتصادی سهم اسید استئاریک در آن‌ها از سایر اسیدهای چرب علی‌الخصوص اسید پالمتیک بیشتر است را بهبود بخشید زیرا بر اساس نتایج مشاهده شده در سایر پژوهش‌ها، افزایش سهم اسید استئاریک در مکمل‌های چربی نسبت به مکمل‌های چربی حاوی اسید پالمتیک بالا، با کاهش عملکرد تولیدی و ترکیبات تشکیل دهنده شیر مرتبط می‌باشد (Boerman *et al*., 2015; Carraro *et al*., 2019; Chamberlain & DePeters, 2017; Palmquist & Jenkins, 2017; Piantoni *et al*., 2013; Rico *et al*., 2014). بنابراین این مطالعه به بررسی اثر شکل فیزیکی مکمل چربی اشباع حاوی لسیتین یا پودر صفرا بر عملکرد تولیدی، ترکیبات شیر و منشأ اسیدهای چرب شیر در گاوهای پرتولید هلشتاین پرداخته است.

پیشینه پژوهش

تولید شیر بسته به نوع منبع چربی جیره، اجزای تشکیل دهنده جیره‌غذایی و مرحله شیردهی تحت تأثیر تغذیه مکمل‌های چربی عبوری قرار می‌گیرند (Lohrenz *et al*., 2010; Rabiee *et al*., 2012). اکثر مکمل‌های چربی حاوی اسیدهای چرب پالمتیک، استئاریک و اولئیک هستند که ازنظر قدمت، مکمل‌های چربی غنی از اسید استئاریک به‌شدت مورد استفاده قرار می‌گرفتند (de Beni Arrigoni *et al*., 2016). در پژوهشی که به بررسی اثر اندازه ذرات مکمل‌های چربی پرداخته شده بود، تغذیه نمودن تری‌گلیسریدهای پیه با درجه اشباعیت‌های مختلف و اندازه‌های متفاوت در گاوهای شیرده مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که ماده خشک مصرفی و بازده شیر در میان گاوهای تغذیه شده با منابع چربی اشباع با اندازه ذرات مختلف مشابه یکدیگر بودند اما پیه سنتز شده به‌صورت شیمیایی نیز سبب کاهش درصد ماده خشک مصرفی و درصد چربی شیر شد (Eastridge & Firkins, 2000). در مطالعه‌ای دیگر اندازه ذرات مکمل چربی هیچ اثری بر ماده خشک مصرفی، بازدهی شیر و ترکیبات شیر، یا بازدهی خوراک نداشت. هرچند، تیمار اسید پالمتیک با اندازه ذرات درشت سبب افزایش چربی شیر در مقایسه با اسید پالمتیک با اندازه ذرات ریز شد (de Souza *et al*., 2017). اثرات مکمل نمودن لسیتین بر عملکرد تولیدی در گاوهای تغذیه شده با اسید پالمتیک مورد بررسی قرار گرفت که مکمل‌های چربی با لسیتین به مقدار صفر، ۰/۱۲، ۰/۲۴، یا ۰/۳۶ درصد ماده خشک پوشانده شدند. به‌طور کلی لسیتین سبب افزایش تولید انرژی تصحیح شده شیر به‌طور خطی شد و نسبت اسیدهای چرب ۱۶ کربنه شیر در حضور لسیتین به‌طور خطی کاهش یافت در حالی که مقدار اسیدهای چرب ۱۸ کربنه نیز به‌طور خطی افزایش یافتند (Rico *et al*., 2019). در پژوهشی دیگر مکمل‌سازی لیزوفسفولیپید تغییری در ماده خشک مصرفی ایجاد نکرد اما به‌طور خطی سبب افزایش تولید شیر، و متعاقباً افزایش بازده خوراک شد و همچنین تولید چربی و پروتئین شیر نیز در این تیمارها افزایش یافت. علاوه بر این، میزان ترشح نیتروژن به شیر به‌طور خطی افزایش یافت و دفع ادراری نیتروژن با افزایش مقدار لیزوفسفولیپید جیره نیز کاهش پیدا کرد (Lee *et al*., 2019). پژوهشی با هدف تعیین اثرات تزریق شیردانی نوعی ماده امولسیون‌کننده بر پاسخ‌های تولیدی گاوهای شیرده هلشتاین انجام

ویرایش اندازی نشده

شد و سه سطح افزایشی از ماده امولسیون‌کننده توین ۸۰[۱] (۱۵، ۳۰ و ۴۵ گرم در روز) به همراه مقدار دو درصد مکمل چربی حاوی ۳۳ درصد اسید پالمتیک و ۶۶/۸ درصد اسید استئاریک به تغذیه دام‌ها رسید. افزایش دز تزریقی سبب تمایل به کاهش ماده خشک مصرفی به‌صورت درجه دوم گردید اما میزان چربی شیر، تولید چربی شیر، انرژی تصحیح شده شیر و غلظت پلاسمایی اسیدهای چرب غیراستریفه با افزایش دز تزریقی ماده امولسیون‌کننده به‌صورت درجه دوم افزایش یافت. بر اساس میزان تولید، افزایش تولید اسیدهای چرب دنوو[۲] (اسیدهای چرب کمتر از ۱۶ کربن)، مخلوط (اسیدهای چرب دارای ۱۶ کربن) و پریفورمد[۳] (اسیدهای چرب دارای بیش از ۱۶ کربن) در دز تزریقی ۳۰ گرم در روز مشاهده شد (de Souza *et al.*, 2020). در مطالعه‌ای دیگر اثرات تغذیه‌ای مکمل‌نمودن چهار سطح مختلف (صفر، ۰/۱۲، ۰/۲۴ و ۰/۳۶ درصد) لسیتین روغن‌زدایی شده سویا بر تولید و ترکیبات شیر، پلاسمای خون و مقدار تولید اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده هلشتاین تغذیه شده با سطوح مختلف چربی پالم مورد بررسی قرار گرفت. در تیمار تغذیه شده با چربی پالم ۹۹ درصد، افزودن لسیتین روغن‌زدایی شده سبب کاهش مقدار چربی شیر و تمایل به کاهش تولید چربی شیر شد. اما افزایش بازده انرژی شیر به‌صورت خطی در تیمارهای تغذیه شده با اسید پالمتیک ۷۲ درصد افزایش یافت. مکمل‌نمودن لسیتین روغن‌زدایی شده میزان نیتروژن اوره‌ای شیر را نسبت به تیمارهای تغذیه نشده با لسیتین کاهش داد و همچنین لسیتین روغن‌زدایی شده سبب کاهش مقدار اسیدهای چرب دنوو و افزایش اسیدهای چرب پریفورمد شد (Fontoura *et al.*, 2021). در پژوهشی اثر تغذیه اسیدهای چرب به همراه ۰/۰۴۵ درصد ماده خشک لیزوفسفولیپید به‌منظور بهبود بازده تولید گاوهای شیرده مورد بررسی قرار گرفت که افزودن لیزوفسفولیپیدها به مکمل چربی اسید استئاریک سبب افزایش وزن زنده شد و همچنین تمایل به افزایش در اسیدهای چرب شیر با منشأ مخلوط (منشأ جیره و بافت بدن) نیز مشاهده شد (Porter, 2023). در سالیان اخیر به ویژه در کشور چین، اسیدهای صفراوی به‌عنوان افزودنی خوراکی جدید در تغذیه حیوانات مختلف مورد توجه قرارگرفته است (Gao *et al.*, 2023) بااین‌حال پژوهشی در رابطه با تغذیه پودر صفرا در گاوهای شیرده در دسترس نبود و از پژوهش‌های انجام شده در سایر حیوانات بهره‌برداری شد. اثر مکمل‌سازی پودر صفرا گاو بر عملکرد برخی از حیوانات تک‌معده‌ای تغذیه شده با جیره‌های حاوی پیه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان‌داد افزودن پودر صفرا سبب بهبود میانگین وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در کل دوره پرورش می‌شود (Alzawqari *et al.*, 2011). در پژوهشی دیگر برخی حیوانات تک‌معده‌ای جیره‌ای بر پایه ذرت–سویا حاوی پیه با سطوح مختلفی از اسیدهای صفراوی (صفر، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم) دریافت نمودند که افزودن اسیدهای صفراوی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میانگین وزن روزانه و کاهش ضریب تبدیل خوراک بین روزهای ۲۱ تا ۴۲ شد (Lai *et al.*, 2018). در پژوهشی دیگر حیوانات تک‌معده‌ای

---

۱. Tween 80

۲. Denovo

۳. Preformed

با جیره‌ای بر پایه ذرت و کنجاله حاوی مقادیر ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید صفراوی تغذیه شدند که میانگین افزایش وزن روزانه، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در تیمارهای تغذیه شده با اسیدهای صفراوی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Cao *et al*., 2021).

روش‌شناسی پژوهش

حیوانات و تیمارهای آزمایشی

این آزمایش در گاوداری تحقیقاتی گروه علوم دامی دانشگاه تهران اجرا شد. در این آزمایش از ۴۸ رأس گاو شیرده هلشتاین (میانگین ± انحراف استاندارد در ابتدای آزمایش؛ روزهای شیردهی: ۲۱±۱۳۰ ؛ تولید شیر: ۱ ± ۳۸/۴، وزن بدن: ۱۲ ± ۵۹۰) که از وضعیت سلامتی مناسبی برخوردار بودند طی دو دوره آزمایشی (هر دوره ۲۴ رأس) به صورت آزمایش چند عاملی ۲×۳×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. گاوهای مورد آزمایش بر اساس روزهای شیردهی و میانگین تولید شیر به‌طور تصادفی در ۶ تیمار آزمایشی و ۴ تکرار در هر دوره (جمعاً ۸ تکرار)، گروه‌بندی شدند: ۱. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی گرانول، ۲. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی گرانول حاوی ۵ درصد لسیتین، ۳. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی گرانول حاوی ۵ درصد پودر صفرا، ۴. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی پرک، ۵. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی پرک حاوی ۵ درصد لسیتین و ۶. جیره حاوی ۲/۵ درصد مکمل چربی پرک حاوی ۵ درصد پودر صفرا. جیره‌های آزمایشی و ترکیبات شیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده‌شده است. تمام جیره‌های آزمایشی به نحوی متعادل شدند که ضمن یکسان بودن میزان نیتروژن و انرژی، احتیاجات مواد مغذی موردنیاز دام‌ها را طبق توصیه‌های انجمن ملی تحقیقات فراهم می‌نمودند (NRC, 2021). تمام جیره‌های غذایی به‌طور روزانه تهیه و به‌صورت کاملاً مخلوط شده و در حد اشتها (حداقل ۵ درصد پسماند) به نحوی به مصرف دام‌ها می‌رسید که دسترسی آزاد به آب نیز وجود داشت. در این آزمایش از پودر چربی اشباع پرشیافت سیلور (کیمیا دانش الوند، قم، ایران) حاوی ۹۳ درصد اسیدهای چرب اشباع (۵۸ درصد اسید استئاریک و ۳۵ درصد اسید پالمتیک) و ۷ درصد اسیدهای چرب غیراشباع (۵ درصد اسید اولئیک و ۲ درصد اسید لینولئیک) به دو شکل فیزیکی پرک (۳/۲۵ میلی‌متر میانگین هندسی) و گرانول (۱/۴۰ میلی‌متر میانگین هندسی) استفاده شد. همچنین برای تهیه پودر صفرا، ابتدا کیسه صفرا از گاوهای کشتار شده در کشتارگاه دام سنگین استان قم جمع‌آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه هموژنیزه و از طریق صافی‌های نایلونی درشت فیلتر شدند و سپس پودر صفرا از طریق خشک‌کردن نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت طبق روش مرجع به دست آمد (Alzawqari *et al*., 2011). Song *et al* (2011) به دنبال یافتن دستورالعملی برای توصیه مقدار قابل تغذیه نمک‌های صفرای، در موش‌های آزمایشگاهی اقدام به تغذیه نمودن نمک‌های صفرای در سطوح مختلف نمودند که طبق نتایج بدست آمده و براساس نسبت کبد به وزن بدن، فعالیت آنزیم کبدی

آلانین آمینوترانسفراز و غلظت اسیدهای صفراوی، حداقل غلظت قابل تغذیه نمک‌های صفراوی حدود ۰/۱۴ درصد وزن بدن برآورد گردید که تغذیه بیش از ۱۰ برابر آن برای حیوان سمی است. بر اساس این یافته‌ها در این پژوهش مقدار ۵ درصد پودر صفرا به مکمل‌های چربی اضافه گردید تا اثرات امولسیون‌کنندگی آن بر قابلیت هضم مورد بررسی قرار گیرد. در پژوهشی مشاهده گردید که جایگزینی و تغذیه ۲۵ گرم در روز لسیتین با ۱۴ گرم کولین کلراید اثرات مشابهی بر عملکرد و فراسنجه‌های خون گاوهای شیرده داشته است، از این رو طبق محاسبات انجام شده مقدار لسیتین موجود در پودر چربی به نحوی تنظیم شد که حداقل لسیتین دریافتی برای تیمارهای آزمایشی کمتر از ۲۵ گرم در روز به ازای هر رأس نباشد (Nardi *et al*., 2012). بنابراین از لسیتین سویا (پیشگامان شیمی، گوانجی بیوتک[۱]، چین)، به‌عنوان دیگر افزودنی مورد استفاده در تهیه و تولید پودر چربی‌های گرانول و پرک استفاده شد. برای این منظور لسیتین و صفرا در آخرین مرحله تولید پودر چربی‌ها به محصول اضافه شد و سپس وارد برج گرانول یا سیستم فلیک (پرک) شدند.

جدول ۱. ترکیبات و مواد مغذی تشکیل‌دهنده جیره‌غذایی تیمارهای آزمایشی

شرح	جیره آزمایشی
اقلام، درصد ماده خشک	
یونجه	۶/۴۳
سیلاژ ذرت	۳۸/۵۴
کاه گندم	۱/۶۳
آرد جو	۱۴/۷۴
آرد ذرت	۱۵/۰۰
سبوس گندم	۰/۹۵
تخم پنبه	۲/۶۳
کنجاله سویا	۱۳/۹۰
پودر چربی[۱]	۲/۵۰
مکمل ویتامین–معدنی[۲]	۰/۶۵
جوش‌شیرین	۰/۹۰
اکسید منیزیوم	۰/۳۰
نمک	۰/۳۰
کربنات کلسیم	۰/۴۵
دی کلسیم فسفات	۰/۱۶
زئولیت	۰/۷۶
توکسین‌بایندر[۳]	۰/۱۶
ترکیبات مواد مغذی، درصد ماده خشک	

[۱]. Guanjie biotech

ویراستاری نشده

پروتئین خام	۱۴/۴۰
چربی خام	۵/۷۷
خاکستر خام	۷/۱۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳۰/۸۴
کربوهیدرات‌های غیر الیافی	۴۱/۸۸
اسیدهای چرب	۵/۶۴
اسیدهای چرب ۱۸ کربنه	۳/۴۲
اسیدهای چرب ۱۶ کربنه	۱/۴۶

۱. پرشیافت سیلور (کیمیا دانش‌الوند، قم، ایران) در دو شکل فیزیکی گرانول و پرک حاوی ۵ درصد پودر صفرا یا لسیتین

۲. مکمل ویتامین و مواد معدنی شامل ویتامین A، ویتامین D_3، ویتامین E، بیوتین و مواد معدنی فسفر، کلسیم، منیزیوم، گوگرد، سولفات آهن، سولفات مس، سولفات منگنز، سولفات روی، کربنات کبالت، ید، سدیم سلنیت، آنتی‌اکسیدان و مونسین.

۳. آلومینیوم سلیکاته، زرین بایندر (ویوان تک اکسیر ایرانیان، مشهد، ایران)

جمع‌آوری نمونه‌ها

پژوهش حاضر شامل دو دوره آزمایشی که هرکدام ۲۱ روز (۱۴ روز عادت دهی به جیره و ۷ روز نمونه‌برداری) به طول انجامید، بود. تمام دام‌ها در ابتدای آزمایش و دو روز پایانی (روز ۲۰ و ۲۱) در هر دوره وزن‌کشی شدند. نمونه‌گیری از علوفه‌ها جهت تعیین ماده خشک و تنظیم مقدار خوراک مصرفی به صورت هفتگی انجام شد. در این آزمایش گاوها سه مرتبه در هر شبانه‌روز (۸ صبح، ۱۶ عصر و ۲۴ بامداد) دوشیده می‌شدند. تولید شیر در هر وعده شیردوشی در ۷ روز پایانی هر دو دوره ثبت گردید و نمونه‌گیری (داخل ظروف پلاستیکی ۵۰ میلی لیتری) از شیر تمام دام‌ها انجام شد. نمونه‌های مربوط به هر گاو بلافاصله پس از اضافه نمودن ۰/۱ گرم دی‌کرومات پتاسیم به یخچال ۴ درجه سلسیوس منتقل می‌گردید و سپس جهت تعیین میزان پروتئین، چربی، لاکتوز، ماده خشک، ماده خشک بدون چربی، میزان سلول‌های بدنی، نیتروژن اوره‌ای، منشأ اسیدهای چرب دنوو، مخلوط، پریفورمد، اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه، اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه، اسید پالمتیک، اسید استئاریک و اسید اولئیک به آزمایشگاه شیر البرز (کرج، البرز، ایران) منتقل و سپس از طریق دستگاه کامبی اسکوب[۱] (FTIR 600 HP) تعیین شدند (Barbano *et al.*, 2014). مقدار تولید پروتئین، چربی و لاکتوز بر اساس میزان شیر تولیدی هر دام و درصد هریک از آن ترکیبات در شیر محاسبه شد. همچنین به‌منظور محاسبه شیر تصحیح شده براساس ۳/۵ درصد چربی، شیر تصحیح شده برای انرژی و نیز تخمین میزان انرژی شیر از روابط ذیل استفاده شد.

(تولید چربی × ۱۶/۲۳) + (تولید شیر × ۰/۴۳۲۲) = شیر تصحیح شده براساس ۳/۵ درصد چربی

۱. CombiScope

ویراستاری نشده

(تولید شیر × ۰/۳۲۳) + (تولید پروتئین × ۷/۱۳) + (تولید چربی × ۱۲/۸۲) = شیر تصحیح شده برای انرژی

(لاکتوز × ۰/۰۳۹۵ + پروتئین × ۰/۰۵۶۳ + چربی × ۰/۰۹۲۹) × تولید شیر = انرژی شیر (مگاکالری در روز)

جهت تعیین وزن زنده و نمره وضعیت بدن، گاوها به‌طور هفتگی و پس از شیردوشی نوبت صبح و قبل از خوردن وعده غذایی وزن‌کشی شدند و هم‌زمان تعیین نمره وضعیت بدنی از طریق دو فرد متخصص و با استفاده از شاخص یک تا پنج (یک لاغر و پنج فربه) انجام شد (Roche *et al*., 2013).

آنالیز نمونه‌ها

آنالیز شیمیایی نمونه‌های مربوط به جیره‌غذایی (پسماند خوراک و اجزای تشکیل‌دهنده جیره) از طریق آون در دمای ۵۵ درجه سلسیوس (به مدت ۷۲ ساعت) و آسیاب نمودن با توری به قطر ۱ میلی‌متر از طریق دستورالعمل‌های بین‌المللی برای ماده خشک، خاکستر خام (کوره الکتریکی) پروتئین خام (Kjeltec Auto Analyzer 1030 Tractor) و چربی خام (Soxtec System H.T Tector) انجام شد (AOAC, 2006). به‌منظور تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی از طریق روش استاندارد با استفاده از سدیم سولفات و آلفا آمیلاز پایدار در برابر حرارت (۱۰۰ میکرولیتر به ازای ۰/۵ گرم نمونه) توسط دستگاه آنکوم تک (اصفهان، ایران) انجام شد (Van Soest *et al*., 1991). میزان کربوهیدرات‌های غیر الیافی (Non Fiber Carbohydrates) از رابطه ذیل محاسبه گردید (AOAC, 2006).

$$NFC = 100 - (NDF + CP + Ash + EE)$$

در رابطه فوق NDF، الیاف نامحلول در شوینده خنثی؛ CP، پروتئین خام؛ Ash، خاکستر خام؛ EE، عصار اتری می‌باشد.

مدل آماری

این آزمایش به‌صورت چند عاملی ۲×۳×۲ در دو دوره و هر دوره با ۲۴ رأس دام در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. سپس تمامی داده‌های حاصل از کل آزمایش به روش آنالیز واریانس و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و رویه MIXED و با مدل آماری زیر آنالیز گردید.

$$Y_{ijkl}=\mu+A_i+F_j+P_l+(FP)_jl+(AP)_il+Animal(T)_k+e_{ijkl}$$

Y_{ijkl}= مقدار هر مشاهده، μ= میانگین کل متغیر موردبررسی، A_i = اثر افزودنی، F_j = اثر شکل فیزیکی چربی، P_l = اثر دوره‌ها، FP_{jl} = اثر خطای آزمایش، AP_{il} = اثر متقابل افزودنی و دوره‌ها، $Animal(T)_k$ = اثر ثابت حیوان در k ام تیمار، e_{ijkl} = اثر ثابت خطای آزمایشی. هنگامی که اثرات متقابل و اثرات دوره‌ها معنی‌دار نشدند، مقادیر مربوط به سطح معنی‌داری آن‌ها از جداول حذف گردید و به‌منظور مشخص شدن اثرات عامل‌ها از چهار مقایسه مستقل یا متعامد برای ارزیابی اثرات ۱. شکل فیزیکی گرانول در مقایسه با شکل فیزیکی پرک، ۲. عدم استفاده از افزودنی در مقایسه با استفاده از افزودنی لسیتین ۳. عدم استفاده از افزودنی در مقایسه با استفاده از افزودنی پودر صفرا، ۴.

ویرایشناری نشده

استفاده از افزودنی لسیتین در مقایسه با استفاده از افزودنی پودر صفرا استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش حداقل میانگین مربعات و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌های پژوهش

نتایج مربوط به عملکرد تولیدی و ترکیبات شیر در جدول ۲ ارائه شده است. نوع شکل فیزیکی مکمل چربی استفاده‌شده در این پژوهش تأثیری بر عملکرد تولیدی، تغییرات وزن بدن، ترکیبات شیر و منشأ اسیدهای چرب شیر نداشت ($P \geq ۰/۰۵$). افزودن لسیتین به مکمل‌های چربی سبب بهبود میانگین تولید شیر ($P = ۰/۰۲۷$)، انرژی تصحیح شده شیر ($P < ۰/۰۰۱$)، شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی ($P = ۰/۰۰۱$)، مقدار و درصد چربی شیر ($P < ۰/۰۰۱$)، مقدار پروتئین شیر ($P = ۰/۰۰۷$)، مقدار لاکتوز ($P = ۰/۰۲۸$)، مقدار و درصد مواد جامد ($P = ۰/۰۰۲$) و ($P < ۰/۰۰۱$)، مقدار مواد جامد بدون چربی ($P = ۰/۰۱۶$)، انرژی خالص شیردهی ($P < ۰/۰۰۱$) و لگاریتم شمار سلول‌های بدنی ($P = ۰/۰۲۹$) شد. علاوه بر این مقادیر مربوط به اسیدهای چرب با منشأ دنوو ($P < ۰/۰۰۱$)، مخلوط ($P = ۰/۰۰۷$)، پریفورمد ($P < ۰/۰۰۱$)، اسیدهای چرب اشباع ($P < ۰/۰۰۱$)، اسیدهای چرب غیراشباع ($P = ۰/۰۲۰$)، اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه (P ۰/۰۰۱ >)، اسید پالمتیک ($P = ۰/۰۱۳۴$) و اسید استئاریک ($P < ۰/۰۰۱$) نیز افزایش یافتند. افزودن پودر صفرا به مکمل‌های چربی سبب افزایش درصد مواد جامد بدون چربی ($P = ۰/۰۱۰$)، لگاریتم شمار سلول‌های بدنی ($P = ۰/۰۰۵$)، میانگین تولید شیر، انرژی تصحیح شده شیر، شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی، مقدار و درصد چربی، مقدار پروتئین، مقدار لاکتوز، مقدار و درصد مواد جامد، مقدار مواد جامد بدون چربی و انرژی خالص شیردهی شد ($P < ۰/۰۰۱$). علاوه بر این مقادیر مربوط به اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه ($P = ۰/۰۰۱$)، اسید اولئیک سیس۹ترانس۱۱ ($P = ۰/۰۰۳$) و اسیدهای چرب با منشأ دنوو، مخلوط، پریفورمد، اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب دارای یک پیوند دوگانه، اسید پالمتیک و اسید استئاریک نیز به‌طور معنی‌داری ($P < ۰/۰۰۱$) افزایش یافتند.

بحث

اثر بر عملکرد تولیدی و ترکیبات شیر

عملکرد تولیدی در تیمارهای دریافت کننده پودر چربی گرانول و پرک فاقد افزودنی (لسیتین یا پودر صفرا) در جدول ۲ ارائه شده است. در این پژوهش عملکرد تولید شیر، تغییرات وزن بدن، ترکیبات شیر و منشأ اسیدهای چرب شیر در دو شکل فیزیکی گرانول و پرک (بدون در نظر گرفتن افزودنی استفاده‌شده در آن‌ها) تغییری پیدا نکرد. همسو با نتایج این پژوهش، de Souza *et al*. (2017) مشاهده کردند که افزودن مکمل‌های چربی بر پایه اسید پالمتیک به میزان دو درصد در جیره گاوهای شیرده هلشتاین در سه اندازه متفاوت شامل ۲۸۴، ۳۲۴ و ۶۰۰ میکرومتر در میزان تولید شیر، شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی، انرژی تصحیح شده شیر، چربی، پروتئین و لاکتوز و

ویرایش اولیه

همچنین بازده خوراک مصرفی نشد. در پژوهشی دیگر که میزان پنج درصد انواع مکمل‌های چربی شامل: پیه پرک شده با عدد یدی پایین، پیه گرانول شده با عدد یدی پایین، پیه گرانول با عدد یدی متوسط و پیه مخلوط با عدد یدی بالا در قالب تیمارهای آزمایشی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند که بر خلاف پژوهش حاضر، میزان تولید شیر در تیمار تغذیه شده با پیه گرانول با عدد یدی متوسط نسبت به تیمار شاهد و تیمار تغذیه شده با پیه مخلوط با عدد یدی بالا افزایش یافت که احتمالاً به دلیل افزایش مقدار انرژی خالص شیردهی دریافت شده بوده است. شایان ذکر است که همسو با نتایج به دست آمده در این پژوهش تفاوت معنی‌داری در میزان تولید شیر میان تیمارهای تغذیه شده با پیه پرک شده با عدد یدی پایین، پیه گرانول با عدد یدی متوسط، پیه مخلوط با عدد یدی بالا نیز مشاهده نشد. ترکیبات تشکیل دهنده شیر در این پژوهش مورد مقایسه قرار گرفتند که درصد چربی شیر میان تیمارهای مختلف مشابه بود و فقط در تیمار تغذیه شده با پنج درصد پیه مخلوط کاهش درصد چربی شیر به میزان ۰/۶۳ واحد نسبت به تیمار شاهد گزارش گردید. درصد پروتئین شیر و بازده خوراک نیز میان تیمارهای مختلف با اندازه ذرات متفاوت نیز معنی‌دار نبود (Eastridge & Firkins, 2000). از آنجایی که میزان انرژی خالص شیردهی تحت تأثیر تغییر شکل فیزیکی منابع چربی قرار نگرفته است، احتمالاً به همین دلیل عملکرد تولیدی دام‌ها و همچنین ترکیبات تشکیل دهنده شیر نیز تفاوت معنی‌داری پیدا نکرده است. مطابق فرضیـــه این پژوهش، افزودن لسیتین به مکمل چربی سبب بهبود عملکرد تولیدی و برخی از ترکیبات شیـــر شد (جدول ۲). در پژوهشی تزریق شیردانی نوعی امولسیون‌کننده (Tween 80) در سه سطح مختلف (۱۵، ۳۰ و ۴۵ گرم در روز) در گاوهای اواسط شیردهی هلشتاین که با مکمل چربی به میزان ۱/۹۸ درصد ماده خشک جیره (حاوی اسید پالمتیک ۳۲/۸ درصد، اسید استئاریک ۵۱/۵ درصد، اسید اولئیک ۵/۸۰ درصد، سایر ۹/۹ درصد) تغذیه می‌شدند، تولید شیر تفاوت معنی‌داری میان تیمارهای مختلف نشان نداد اما همسو با نتایج حاضر میزان شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی، انرژی تصحیح شده شیر و چربی شیر در تیماری که دز دریافتی امولسیون‌کننده آن ۳۰ گرم در روز بود به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت اما بر میزان پروتئین و لاکتوز شیر تأثیر گذار نبود (de Souza *et al.*, 2020). در پژوهشی دیگر افزودن لسیتین به جیره غذایی گاوهای شیرده هلشتاین که حاوی ۱/۳ درصد ماده خشک پیه هیدرولیز شده بود نیز سبب افزایش تولید شیر، شیر تصحیح شده بر اساس چهار درصد چربی و انرژی تصحیح شده گردید. درصد چربی و پروتئین شیر در این پژوهش تمایل به افزایش داشت اما به‌صورت آماری معنی‌دار نبود ولی مقدار تولید چربی، پروتئین و لاکتوز شیر نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. لازم به ذکر است میزان نیتروژن اوره‌ای شیر نیز تحت تأثیر افزودن لسیتین در دو مقدار ۰/۰۵ و ۰/۰۷۵ درصد ماده خشک جیره قرار نگرفت (Lee *et al.*, 2019). ناهمسو با نتایج پژوهش حاضر، افزودن ۰/۰۵ درصد لسیتین سویا به جیره حاوی ۱/۸درصد پودر چربی در دو نوع مختلف (پودر چربی نوع یک: حاوی ۸۲ درصد اسید پالمتیک، ۵ درصد اسید استئاریک، ۱۰ درصد اسید اولئیک سیس، و ۳ درصد سایر اسیدهای چرب، پودر چربی نوع دو: حاوی ۲۸ درصد اسید پالمتیک، ۵۵ درصد اسید استئاریک، ۷ درصد اسید اولئیک سیس و ۱۰ درصد سایر اسیدهای چرب) تفاوت معنی‌داری در مقدار تولید شیر،

انرژی تصحیح شده شیر، چربی، پروتئین، لاکتوز، شمار سلول‌های بدنی و نیتروژن اوره‌ای شیر ایجاد نکرد (Porter, 2023). در پژوهش Fontoura *et al*. (2021) که در آن دو نوع مکمل چربی حاوی مقادیر بالا (۹۹درصد) و متوسط (۷۲درصد) از اسید پالمتیک با مقادیر متفاوتی از لسیتین روغن‌زدایی شده سویا (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ گرم در روز) در جیره گاوهای شیرده هلشتاین مکمل شده بود نیز مورد بررسی قرار گرفت که در این پژوهش مقادیر تولید شیر، انرژی تصحیح شده شیر، پروتئین، لاکتوز و شمار سلول‌های بدنی شیر تحت تأثیر افزودنی لسیتین قرار نگرفتند ولی افزودن لسیتین به جیره گاوهای تغذیه شده با پودر چربی حاوی ۷۲ درصد اسید پالمتیک سبب کاهش خطی نیتروژن اوره‌ای شیر شد. علاوه بر این، تغذیه لسیتین سبب بهبود بازده خوراک در گاوهای تغذیه شده با پودر چربی حاوی ۷۲ درصد اسید پالمتیک شد و همچنین شیر تصحیح شده بر اساس چربی نیز تمایل به افزایش یافت. در پژوهشی دیگر که مقدار ۱۰ گرم در روز لیزوفسفولیپید (با منشأ سبوس برنج) به ازای هر رأس به همراه دو درصد منبع چربی عبوری در جیره غذایی گاوهای شیرده هلشتاین به مدت ۱۰ روز استفاده گردید که برخلاف نتیجه پژوهش حاضر مشاهده شد تولید شیر تغییر معنی‌داری پیدا نکرد ولی غلظت چربی شیر در روز پنج آزمایش نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت اما تولید چربی و پروتئین شیر نیز متفاوت نبود (Rico *et al*., 2017). در مطالعه‌ای دیگر که بررسی اثر چهار نوع مختلف لسیتین که به همراه نوعی مکمل چربی کلسیمی (حاوی اسید پالمتیک ۴۵/۷، اسید اولئیک ۳۶ درصد، اسید استئاریک ۴/۷ درصد و سایـــــر ۱۳/۶ درصد) به میـــزان سه درصد ماده خشک جیره به تغذیه گاوهای شیرده براون سوئیس که در اواسط دوره شیردهی بودند رسید که میزان تولید شیر میان تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت (Wettstein *et al*., 2001). در غیرنشخوارکنندگان نیز لیزوفسفولیپیدها به‌طور وسیعی به‌عنوان افزودنی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و پاسخ‌های تولیدی حیوانات مورد بررسی با یکدیگر کاملاً سازگار هستند (Polycarpo *et al*., 2016; Zhao & Kim, 2017; Zhao *et al*., 2015). این امر نشان می‌دهد که میزان عبور لیزوفسفولیپیدها از شکمبه برای دریافت پاسخ مثبت بر عملکرد تولیدی گاوهای شیرده ضروری است (Zhang et al., 2022). در این پژوهش به‌نظر می‌رسد که احتمالاً تأثیر امولسیون‌کنندگی لسیتین بر گوارش‌پذیری مواد مغذی از طریق ارتقاء ظرفیت امولسیون‌کنندگی دستگاه گوارش سبب بهبود سوخت‌وساز انرژی در هموستازی پایه بدن شده و همین امر عملکرد تولیدی و ترکیبات تشکیل دهنده شیر را تحت تأثیر قرار داده است (Brautigan *et al*., 2017; Lee *et al*., 2019).

تأثیر استفاده از منابع چربی حاوی افزودنی پودر صفرا بر عملکرد تولیدی و برخی از ترکیبات شیر در گاوهای شیرده هلشتاین در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که افزودن پودر صفرا به مکمل‌های چربی سبب افزایش معنی‌دار در عملکرد تولید شیر، ترکیبات شیر و منشأ اسیدهای چرب شیر می‌شود ($P\leq$ ۰/۰۵). تنها یک پژوهش به بررسی تغذیه پودر صفرا یا نمک‌های صفراوری بر تولید و ترکیبات شیر در گاوهای شیرده پرداخته است و پژوهش‌های بیشتری در دسترس نبود. لذا پژوهش‌هایی که در آن عملکرد رشد مورد بررسی قرار گرفته است، مورد بحث قرار می‌گیرد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، در پژوهشی که در آن برخی از حیوانات تک‌معده‌ای با ۰/۵ درصد پودر صفرا

به عنوان مکمل تغذیه شده بودند، میزان عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی بهبود یافت (Alzawqari *et al*., 2011). به‌طور مشابه در پژوهش Cao *et al* (2021) تغذیه ۶۰ الی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از پودر صفرا سبب بهبود افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی طی دوره پرورش ۴۲ روزه نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین در پژوهشی دیگر تغذیه کنودئوکسی‌کولیک‌اسید به مقدار ۶۰ میلی‌گرم در روز سبب بهبود عملکرد و بازده خوراک در حیوانات تک‌معده‌ای قطع شیر شد (de Diego-Cabero *et al*., 2015). در مطالعه‌ای دیگر تغذیه مقادیر ۱۵۰ الی ۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از اسیدهای صفراوی در برخی از حیوانات تک‌معده‌ای که با جیره حاوی ۱۰ درصد روغن ماهی و چهار درصد روغن سویا تغذیه می‌شدند، سبب بهبود عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی و بازده استفاده از پروتئین شد (Ding *et al*., 2020). عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی در برخی از حیوانات تک‌معده‌ای با افزودن ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از اسیدهای صفراوی به جیره‌های حاوی ۱/۵ الی ۳ درصد لارد بهبود یافت که دلیل آن بهبود متابولیسم لیپیدها گزارش شد (Lai *et al*., 2018). همسو با نتایج پژوهش حاضر، استفاده از اسیدهای صفراوی به مقدار ۰/۳ درصد در جیره برخی از حیوانات تک‌معده‌ای که حاوی دو درصد روغن سویا و دو درصد روغن ماهی بود، پس از ۱۰ هفته سبب بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی گردید که علت آن را بهبود متابولیسم انرژی به‌ویژه هضم و جذب اسیدهای چرب عنوان نمودند. برخلاف نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نیز تغذیه نمودن ۰/۰۵ درصد از عصاره پودر صفرا به برخی از حیوانات تک‌معده‌ای در حال رشد، هیچ تأثیری بر عملکرد رشد نداشت هرچند که ضریب تبدیل غذایی ازنظر عددی در این حیوانات کاهش یافت اما ازنظر آماری نیز معنی‌دار نبود (Zhou *et al*., 2023). همسو با نتیجه پژوهش حاضر، اخیراً در آزمایشی که در آن مقدار ۱۸ گرم در روز پودر صفرای خوک به جیره غذایی گاوهای اواسط شیردهی اضافه گردید عملکرد دام‌ها به سبب افزایش غلظت هورمون عامل رشد شبه انسولینی (IGF1) بهبود یافت و میزان پروتئین شیر نیز افزایش پیدا کرد، اما برخلاف نتیجه پژوهش، محققین مذکور تأثیر معنی‌داری بر سایر ترکیبات شیر گزارش نکردند (Chen *et al*., 2024). توضیح علت تفاوت در نتایج به‌دست آمده در مطالعه Chen *et al* (2024) با پژوهش حاضر کمی دشوار است اما به نظر می‌رسد نحوه افزودن پودر صفرا به جیره‌های پایه (به‌صورت محافظت شده با پودر چربی در مقایسه با تغذیه به صورت محافظت نشده)، مقدار تغذیه پودر صفرا (حداقل حدود ۳۰ گرم در روز در مقابل ۱۸ گرم در روز)، مقدار مکمل چربی موجود در جیره‌های پایه (۲/۵ درصد ماده خشک در مقایسه با ۰/۶۶ درصد ماده خشک) و مرحله شیردهی دام‌ها از عوامل اصلی ایجاد کننده تفاوت میان این دو پژوهش می‌باشد.

بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، به نظر می‌رسد احتمالاً بهبود گوارش‌پذیری لیپیدها و در نتیجه اثر بر سوخت‌وساز انرژی در گاوهای تغذیه شده با مکمل‌های چربی حاوی پودر صفرا سبب بهبود عملکرد تولیدی و اثر بر ترکیبات شیر و منشأ اسیدهای چرب شیر شده باشد. تعداد سلول‌های بدنی شیر به عنوان نشانه‌ای از وضعیت سلامت پستان در نظر گرفته می‌شود که معمولاً از لوکوسایت‌ها تشکیل شده است (Vargas-Bello-Pérez *et al*., 2020). با توجه به کاهش تعداد سلول‌های بدنی شیر در تیمارهای تغذیه شده با پودر

چربی حاوی پودر صفرا، به نظر می‌رسد احتمالاً ایجاد اثرات ضد التهابی سبب تأثیر بر بهبود سیستم ایمنی بدن شده که همین امر کاهش تعداد سلول‌های بدنی شیر را در پی داشته است (Bonacina *et al.*, 2021).

جدول ۲. اثر چربی گرانول یا پرک حاوی لسیتین یا پودر صفرا بر عملکرد تولیدی و ترکیبات شیر

متغیر	تیمارهای آزمایشی[1]						SEM[2]	P.value[1]	
								مقایسه متعامد	
	گرانول بدون افزودنی	گرانول دارای لسیتین	پرک بدون افزودنی	گرانول دارای پودرصفرا	پرک دارای لسیتین	پرک دارای پودرصفرا		گرانول با پرک	بدون افزودنی با لسیتین	بدون افزودنی با پودرصفرا
عملکرد شیر، کیلوگرم در روز										
تولید شیر	۳۸/۲۴ a	۴۰/۱۲ ab	۳۸/۰۷ a	۴۱/۶۷ b	۴۰/۳۸ ab	۴۱/۳۰ b	۰/۳۲	۰/۸۹۹	۰/۰۲۷	<۰/۰۰۱
ماده‌خشک مصرفی	۲۳/۸۸	۲۳/۸۱	۲۴/۲۸	۲۳/۸۰	۲۴/۰۴	۲۳/۳۸	۱/۲۳	۰/۲۲۲	۰/۹۰۲	۰/۶۹۴
شیر تصحیح شده برای انرژی[3]	۳۹/۹۸ a	۴۳/۷۹ b	۳۹/۷۸ a	۴۵/۹۶ b	۴۳/۹۰ b	۴۵/۵۵ b	۰/۳۸	۰/۸۵۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
انرژی‌تصحیح‌شده شیر/ماده‌خشک مصرفی	۱/۷۲ a	۱/۹۰ b	۱/۶۵ a	۱/۹۶ b	۱/۸۷ ab	۱/۹۹ b	۰/۱۱	۰/۷۸۷	۰/۰۷۸	۰/۰۱۴
شیر تصحیح شده براساس۳/۵درصد چربی[4]	۴۰/۲۹ a	۴۴/۴۱ b	۴۰/۰۸ a	۴۶/۶۶ b	۴۴/۴۶ b	۴۶/۳۴ b	۱/۱۴	۰/۸۶۲	۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
چربی	۱/۴۵ a	۱/۶۷ b	۱/۴۶ a	۱/۷۷ b	۱/۶۷ b	۱/۷۶ b	۰/۰۵	۰/۸۴۸	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
پروتئین	۱/۱۸ a	۱/۲۶ b	۱/۱۸ a	۱/۳۱ c	۱/۲۷ bc	۱/۲۹ c	۰/۰۱	۰/۸۲۵	۰/۰۰۷	<۰/۰۰۱
لاکتوز	۱/۷۵ a	۱/۸۴ ab	۱/۷۵ a	۱/۹۴ b	۱/۸۷ ab	۱/۹۱ b	۰/۰۲	۰/۹۵۷	۰/۰۲۸	<۰/۰۰۱
مواد جامد	۴/۷۸ a	۵/۱۷ b	۴/۷۶ a	۵/۴۳ b	۵/۲۱ b	۵/۳۸ b	۰/۱۳	۰/۷۸۵	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱
مواد جامد بدون چربی	۳/۳۲ a	۳/۵۰ ab	۳/۳۱ a	۳/۶۷ b	۳/۵۴ ab	۳/۶۲ b	۰/۰۸	۰/۹۴۲	۰/۰۱۶	<۰/۰۰۱
ترکیبات شیر، درصد										
چربی	۳/۸۳ a	۴/۱۶ b	۳/۸۲ a	۴/۲۴ b	۴/۱۲ b	۴/۲۵ b	۰/۰۲	۰/۸۲۶	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
پروتئین	۳/۰۹	۳/۱۴	۳/۰۹	۳/۱۵	۳/۱۴	۳/۱۳	۰/۰۱	۰/۸۲۷	۰/۱۰۵	۰/۱۲۳
لاکتوز	۴/۵۷	۴/۵۸	۴/۵۹	۴/۶۵	۴/۶۶	۴/۶۳	۰/۰۱	۰/۴۴۵	۰/۳۷۲	۰/۰۶۰
مواد جامد	۱۲/۴۹ a	۱۲/۸۸ b	۱۲/۵۱ a	۱۳/۰۴ b	۱۲/۹۰ b	۱۳/۰۲ b	۰/۰۷	۰/۹۳۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
مواد جامد بدون چربی	۸/۶۶	۸/۷۳	۸/۶۹	۸/۸۰	۸/۷۸	۸/۷۶	۰/۰۴	۰/۶۸۵	۰/۰۵۷	۰/۰۱۰
سایر										
نیتروژن اوره‌ای شیر، mg/dL	۱۴/۵۴	۱۴/۳۳	۱۴/۳۶	۱۴/۴۱	۱۴/۳۸	۱۴/۳۷	۰/۳۶	۰/۵۰۴	۰/۳۳۶	۰/۵۳۷
انرژی‌خالص‌شیردهی، Mcal/kg	۰/۷۱ a	۰/۷۴ b	۰/۷۱ a	۰/۷۶ b	۰/۷۴ b	۰/۷۵ b	۰/۰۱	۰/۹۲۴	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
انرژی‌خالص‌شیردهی، Mcal/d[5]	۲۷/۱۸ a	۲۹/۸۵ b	۲۷/۰۴ a	۳۱/۴۴ b	۳۰/۰۰ b	۳۱/۱۵ b	۰/۱۰	۰/۸۸۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
کیلوگرم شیر/ماده‌خشک‌مصرفی، kg/kg	۱/۶۴	۱/۷۵	۱/۵۸	۱/۷۷	۱/۷۱	۱/۸۰	۰/۱۰	۰/۷۹۰	۰/۲۴۸	۰/۰۹۳
لگاریتم شمار سلول‌های بدنی	۲/۷۴ b	۲/۴۴ ab	۲/۶۱ ab	۲/۳۴ a	۲/۴۰ ab	۲/۳۳ a	۰/۱۱	۰/۵۱۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۵
وزن بدن، کیلوگرم	۶۱۰/۶۳	۶۰۹/۸۸	۶۳۲/۵۰	۵۸۰/۶۳	۵۷۱/۸۸	۶۰۷/۳۸	۲۹/۳۵	۰/۸۸۳	۰/۳۰۲	۰/۳۵۳
تغییرات وزن بدن، کیلوگرم	۰/۲۳	−۰/۲۰	۰/۷۶	۰/۴۹	۰/۶۴	۰/۴۴	۰/۷۵	۰/۴۸۲	۰/۷۱۸	۰/۹۶۹

ویراستاری نشده

نمره وضعیت بدن[6]	۳/۶۰	۳/۴۳	۳/۵۵	۳/۴۷	۳/۶۰	۳/۶۰	۰/۱۴	۰/۷۸۳	۰/۸۷۰	۰/۷۷۱

۱. ضریب احتمال معنی‌داری در سطح خطای ($P \leq ۰/۰۵$).

۲. خطای میانگین استاندارد.

۳. انرژی تصحیح شده شیر (کیلوگرم در روز): (۰/۳۲۷ × کیلوگرم شیر) + (۱۲/۹۵ × کیلوگرم چربی شیر) + (۷/۲۰ × کیلوگرم پروتئین شیر).

۴. شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی: (۰/۴۳۲۴ × کیلوگرم شیر) + (۱۶/۲۱۶ × کیلوگرم چربی شیر)

۵. انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در روز): کیلوگرم شیر × (۰/۰۹۲۹ × درصد چربی + ۰/۰۵۶۳ × درصد پروتئین + ۰/۰۳۹۵ × درصد لاکتوز)

۶. نمره وضعیت بدن با دقت ۰/۲۵ و نمره ۱ تا ۵ تعیین شده است.

جدول ۳. میانگین صفات اندازه گیری شده برای اثرات دوره، نوع شکل فیزیکی و نوع افزودنی استفاده شده برای عملکرد تولیدی و ترکیبات شیر

متغیر	میانگین صفات اندازه‌گیری شده						SEM [2]	P.value[1]		
	دوره اول	دوره دوم	شکل فیزیکی گرانول	شکل فیزیکی پرک	بدون افزودنی	دارای افزودنی لسیتین	دارای افزودنی پودرصفرا	دوره	شکل فیزیکی	نوع افزودنی
عملکرد شیر، کیلوگرم در روز										
تولید شیر	۳۹/۸۴	۴۰/۰۹	۴۰/۰۱	۳۹/۹۲	۳۸/۱۶	۴۰/۲۵	۴۱/۴۸	۰/۷۰	۰/۷۶۱	۰/۹۰۷	۰/۰۰۷
ماده‌خشک مصرفی	۲۴/۵۰	۲۳/۲۲	۲۳/۸۳	۲۳/۹۰	۲۴/۰۸	۲۳/۹۲	۲۳/۵۹	۰/۸۹	۰/۲۲۲	۰/۹۴۷	۰/۹۲۶
شیر تصحیح شده برای انرژی[3]	۴۳/۰۶	۴۳/۲۷	۴۳/۲۴	۴۳/۰۸	۳۹/۸۸	۴۳/۸۵	۴۵/۷۶	۰/۸۳	۰/۸۲۶	۰/۸۶۳	<۰/۰۰۱
انرژی‌تصحیح‌شده شیر/ماده‌خشک مصرفی	۱/۸۱	۱/۸۸	۱/۸۶	۱/۸۳	۱/۶۸	۱/۸۸	۱/۹۷	۰/۰۸	۰/۴۹۴	۰/۷۹۷	۰/۰۵۲
شیر تصحیح شده براساس۳/۵درصد چربی[4]	۴۳/۵۶	۴۳/۸۳	۴۳/۷۹	۴۳/۶۲	۴۰/۱۹	۴۴/۴۳	۴۶/۵۰	۰/۸۷	۰/۸۱۲	۰/۸۷۲	<۰/۰۰۱
چربی	۱/۶۳	۱/۶۳	۱/۶۳	۱/۶۳	۱/۴۶	۱/۶۷	۱/۷۶	۱/۱۵	۰/۸۴۴	۰/۸۶۰	<۰/۰۰۱
پروتئین	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۱۸	۱/۲۶	۱/۳۰	۰/۰۲	۰/۹۱۲	۰/۸۴۰	۰/۰۰۲
لاکتوز	۱/۸۳	۱/۸۵	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۷۵	۱/۸۵	۱/۹۲	۰/۰۴	۰/۶۹۴	۰/۹۶۱	۰/۰۰۵
مواد جامد	۵/۱۱	۵/۱۴	۵/۱۳	۵/۱۲	۴/۷۷	۵/۱۹	۵/۴۰	۰/۱۰	۰/۷۸۵	۰/۹۱۸	<۰/۰۰۱
مواد جامد بدون چربی	۳/۴۸	۳/۵۰	۳/۴۹	۳/۴۹	۳/۳۱	۳/۵۲	۳/۶۴	۰/۰۶	۰/۷۶۱	۰/۹۴۶	۰/۰۰۳
ترکیبات شیر، درصد											
چربی	۴/۰۷	۴/۰۷	۴/۰۷	۴/۰۶	۳/۸۲	۴/۱۴	۴/۲۵	۰/۰۴	۰/۹۵۰	۰/۸۳۸	<۰/۰۰۱
پروتئین	۳/۱۳	۳/۱۲	۳/۱۳	۳/۱۲	۳/۰۹	۳/۱۴	۳/۱۴	۰/۰۲	۰/۷۴۴	۰/۸۴۱	۰/۲۳۷
لاکتوز	۴/۶۰	۴/۶۱	۴/۶۰	۴/۶۲	۴/۵۸	۴/۶۱	۴/۶۴	۰/۰۲	۰/۵۲۶	۰/۴۶۴	۰/۱۹۴
مواد جامد	۱۲/۸۱	۱۲/۸۱	۱۲/۸۰	۱۲/۸۱	۱۲/۵۰	۱۲/۸۹	۱۳/۰۳	۰/۰۵	۰/۹۷۳	۰/۹۴۰	<۰/۰۰۱
مواد جامد بدون چربی	۸/۷۳	۸/۷۴	۸/۷۳	۸/۷۴	۸/۶۸	۸/۷۵	۸/۷۸	۰/۰۳	۰/۸۸۶	۰/۷۰۲	۰/۰۴۱
سایر											
نیتروژن اوره‌ای شیر، mg/dL	۱۴/۴۰	۱۴/۴۰	۱۴/۴۳	۱۴/۳۷	۱۴/۴۵	۱۴/۳۵	۱۴/۳۹	۰/۰۸	۰/۹۷۰	۰/۵۳۶	۰/۶۶۱
انرژی‌خالص‌شیردهی، Mcal/kg	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۰۰۴	۰/۹۳۱	۰/۹۳۱	<۰/۰۰۱
انرژی‌خالص‌شیردهی، Mcal/d [5]	۲۹/۳۶	۲۹/۵۳	۲۹/۴۹	۲۹/۴۰	۲۷/۱۱	۲۹/۹۳	۳۱/۳۰	۰/۵۸	۰/۸۰۴	۰/۸۹۰	<۰/۰۰۱
کیلوگرم شیر/ماده خشک‌مصرفی، kg/kg	۱/۶۸	۱/۷۴	۱/۷۲	۱/۷۰	۱/۶۱	۱/۷۳	۱/۷۸	۰/۰۷	۰/۴۵۶	۰/۸۰۳	۰/۲۵۷
لگاریتم شمار سلول‌های بدنی	۲/۴۹	۲/۴۶	۲/۵۱	۲/۴۵	۲/۶۷	۲/۴۲	۲/۳۴	۰/۰۸	۰/۷۲۴	۰/۵۰۴	۰/۰۱۰

ویراستاری نشده

وزن بدن، کیلوگرم	۵۹۴/۲۹	۶۱۰/۰۰	۶۰۰/۳۸	۶۰۳/۹۲	۶۲۱/۵۶	۵۹۰/۸۸	۵۹۴/۰۰	۲۱/۲۶	۰/۵۲۶	۰/۸۸۶	۰/۵۳۸
تغییرات وزن بدن، کیلوگرم	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۱۸۰	۰/۶۱۱	۰/۴۹۴	۰/۲۲۰	۰/۴۶۴	۰/۵۴	۰/۹۱۵	۰/۴۸۹	۰/۹۲۶
نمره وضعیت بدن[۶]	۳/۵۸	۳/۵۰	۳/۵۲	۳/۵۶	۳/۵۳	۳/۵۱	۳/۵۷	۰/۱۰	۰/۵۳۵	۰/۷۹۶	۰/۹۰۸

۱. ضریب احتمال معنی‌داری در سطح خطای ($P \leq ۰/۰۵$).

۲. خطای میانگین استاندارد.

۳. انرژی تصحیح شده شیر (کیلوگرم در روز): (۰/۳۲۷ × کیلوگرم شیر) + (۱۲/۹۵ × کیلوگرم چربی شیر) + (۷/۲۰ × کیلوگرم پروتئین شیر).

۴. شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی: (۰/۴۳۲۴ × کیلوگرم شیر) + (۱۶/۲۱۶ × کیلوگرم چربی شیر)

۵. انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در روز): کیلوگرم شیر × (۰/۰۹۲۹ × درصد چربی + ۰/۰۵۶۳ × درصد پروتئین + ۰/۰۳۹۵ × درصد لاکتوز)

۶. نمره وضعیت بدن با دقت ۰/۲۵ و نمره ۱ تا ۵ تعیین شده است.

اثر بر منشأ اسیدهای چرب شیر

با توجه به عدم تأثیر گذاری شکل فیزیکی مکمل‌های چربی بر مقدار و درصد چربی شیر، تأثیر معنی‌داری بر منشأ اسیدهای چرب شیر با تغییر شکل فیزیکی مشاهده نشد (جدول ۴). در رابطه با بررسی اثر شکل فیزیکی مکمل‌های چربی بر منشأ اسیدهای چرب مطالعات زیادی در دسترس نبود. اما همسو با نتایج این پژوهش، افزودن مکمل‌های چربی بر پایه اسید پالمتیک به میزان دو درصد در جیره گاوهای شیرده هلشتاین در سه اندازه متفاوت شامل ۲۸۴، ۳۲۴ و ۶۰۰ میکرومتر هیچ تأثیری بر منشأ اسیدهای چرب شیر نداشت هرچند که مقدار اسیدهای چرب مخلوط در گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی نسبت به تیمار فاقد مکمل چربی بهبود یافت. به‌نظر می‌رسد رابطه مستقیمی میان تغییرات مقدار چربی شیر با منشأ اسیدهای چرب وجود دارد، بنابراین از آنجایی که مقدار و درصد چربی شیر در تیمارهای تغذیه شده با مکمل‌های چربی با شکل فیزیکی مختلف دچار تغییرات نشد، احتمالاً همین امر عامل عدم اثر گذاری بر منشأ اسیدهای چرب شیر در این تیمارها شده است.

اثر افزودن لسیتین یا پودر صفرا بر منشأ اسیدهای چرب، مقدار اسید استئاریک، اسید پالمتیک و اسید اولئیک در جدول شماره ۴ ارائه شده است. همسو با نتایج پژوهش حاضر، میزان اسیدهای چرب دنوو، مخلوط و پریفورمد شیر در تیماری که مقدار ۳۰ گرم در روز ترکیب امولسیون‌کننده به جیره آن اضافه شده بود افزایش یافت. علاوه بر این میزان اسیدهای چرب اسید کاپروئیک (C6)، اسید کاپریلیک (C8)، اسید لوریک (C12)، اسید میریستیک (C14)، اسید پالمتیک (C16)، اسید پالمیتولئیک (C16:1) و اسید لینولئیک مزدوج سیس۹ ترانس۱۱ (C18:2) در تیمارهایی که مقدار ۳۰ گرم در روز امولسیون‌کننده دریافت کرده بودند افزایش یافت (de Souza *et al.*, 2020). در پژوهشی دیگر افزودن لسیتین سویا به جیره‌های حاوی روغن سویا در گاوهای شیرده هلشتاین سبب افزایش میزان اسید لینولنیک در شیر شد (Abel-Caines *et al.*, 1998). برخلاف نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، افزودن ۰/۰۵ درصد لسیتین سویا به جیره حاوی ۱/۸ درصد پودر چربی در دو نوع مختلف (پودر چربی نوع یک: حاوی ۸۲ درصد اسید پالمتیک، ۵ درصد اسید استئاریک، ۱۰ درصد اسید اولئیک سیس، و ۳ درصد سایر اسیدهای چرب، پودر چربی نوع دو: حاوی ۲۸ درصد اسید پالمتیک، ۵۵ درصد اسید استئاریک، ۷ درصد اسید اولئیک و ۱۰ درصد سایر

اسیدهای چرب) مقادیر انواع اسیدهای چرب دنوو، مخلوط و پریفورمد شیر نیز میان تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری پیدا نکرد اما سبب کاهش غلظت اسیدهای چرب تری‌دسایکلیک (C13:0)، پنتادکانوئیک (C15:0) و مارگاریک (C17:0) در شیر شد (Porter, 2023). در پژوهشی دیگر افزودن ۱۰ گرم در روز لیزولسیتین به‌عنوان ترکیبی امولسیون‌کننده به جیره‌غذایی گاوهای شیرده هلشتاین تأثیری بر منشأ اسیدهای چرب شیر نداشت (Rico *et al*., 2017). همچنین در پژوهشی دیگر افزودن ۰/۱۲، ۰/۲۴ و ۰/۳۶ درصد لسیتین به مکمل‌های چربی بر پایه اسید پالمتیک همسو با نتایج حاضر مقادیر اسید استئاریک اسید مارگاریک (C17:0) و اسید اولئیک ترانس-۱۱، اسید لینولئیک ترانس-۱۰ سیس-۱۲ شیر را افزایش داد اما نا همسو با نتایج این پژوهش مقادیر اسید پالمیتولئیک ترانس-۹ (C16:1) و اسید اولئیک سیس-۹ نیز به‌طور خطی با افزایش دز مصرفی لسیتین کاهش یافت. علاوه بر این بر خلاف پژوهش حاضر نیز مقادیر اسیدهای چرب دنوو به‌صورت خطی با افزایش دز مصرفی لسیتین کاهش یافت و همچنین تأثیر معنی‌داری بر اسیدهای چرب ۱۶ کربنه شیر نیز گزارش نکردند (Fontoura *et al*., 2021). در مطالعه‌ای دیگر که بررسی اثر چهار نوع مختلف لسیتین که به همراه نوعی مکمل چربی کلسیمی (حاوی اسید پالمتیک ۴۵/۷، اسید اولئیک ۳۶درصد، اسید استئاریک ۴/۷درصد و سایر ۱۳/۶درصد) به میزان سه درصد ماده خشک جیره به تغذیه گاوهای شیرده براون سوئیس که در اواسط دوره شیردهی بودند رسید که میزان اسید لینولئیک مزدوج در تیمارهای تغذیه شده با لسیتین نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت در حالی که سایر اسیدهای چرب شیر تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد پیدا نکرد که این عدم تأثیر گذاری را به پایین بودن مقدار لسیتین افزوده شده و مقدار لسیتین محافظت شده از تخمیر شکمبه‌ای نسبت دادند (Wettstein *et al*., 2001).

توضیح علت تفاوت در نتیجه پژوهش حاضر با پژوهش‌هایی که نتایجی ناهمسو گزارش کرده‌اند دشوار است. بااین‌حال، این تفاوت‌ها احتمالاً به دلیل نوع منبع ترکیب امولسیون‌کننده، دز مصرفی و نحوه محافظت آن در برابر تخمیر شکمبه‌ای می‌باشد.

به‌طور کلی با در نظر گرفتن شرایط آزمایش‌های فوق الذکر و نتایج حاصل از آن‌ها، به‌نظر می‌رسد از عوامل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد تولیدی و ترکیبات شیر در گاوهای شیرده تغذیه شده با ترکیبات امولسیون‌کننده، می‌توان به مواردی نظیر ۱. مرحله شیردهی، ۲. مقدار و نوع مکمل چربی دریافتی، ۳. نسبت بین اسید استئاریک، اسید پالمتیک و اسید اولئیک در مکمل چربی، ۴. مقدار و نوع ترکیبات امولسیون‌کننده استفاده‌شده در مکمل چربی و ۵. نحوه محافظت از ترکیبات امولسیون‌کننده در برابر تخمیر شکمبه در مکمل‌های چربی اشاره نمود. زیرا طبق تحقیقات مورد اشاره، در پژوهش‌هایی که دام مورد بررسی در مرحله پیک تولید قرار داشته و مکمل چربی در مقادیر بیش از دو درصد جیره با نسبت اسید استئاریک بالاتر نسبت به اسید پالمتیک و اسید اولئیک به همراه ۳۰ گرم در روز از ترکیبات امولسیون‌کننده تغذیه شده، عملکرد تولیدی دام و ترکیبات شیر بهبود یافته است.

جدول ٤. اثر چربی گرانول یا پرک حاوی لسیتین یا پودر صفرا بر منشأ اسیدهای چرب شیر

ویرایش اولیه

متغیر	تیمارهای آزمایشی[1]						SEM[2]	P.value[1]	
								مقایسه متعامد	
	گرانول بدون افزودنی	گرانول دارای لسیتین	گرانول دارای پودرصفرا	پرک بدون افزودنی	پرک دارای لسیتین	پرک دارای پودرصفرا		گرانول با پرک	بدون افزودنی با لسیتین	بدون افزودنی با پودرصفرا
منابع چربی شیر، گرم در روز[3]										
اسیدهای چرب دنوو	۳۹۲	۴۳۱	۴۴۷	۳۷۵	۴۳۹	۴۴۲	۱۳/۰۲	۰/۶۵۷	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب مخلوط	۳۵۸	۳۸۸	۴۲۱	۲۴۸	۳۸۹	۴۰۴	۱۲/۶۶	۰/۴۱۱	۰/۰۰۷	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب پریفورمد	۵۹۶	۷۲۲	۷۶۹	۶۲۶	۷۰۶	۷۶۸	۲۱/۰۳	۰/۷۸۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب اشباع	۹۴۵	۱۰۸۲	۱۱۴۴	۹۴۴	۱۰۷۶	۱۱۰۹	۲۹/۶۹	۰/۵۶۴	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب غیراشباع	۳۳۹	۳۸۱	۴۰۰	۳۲۵	۳۸۰	۴۲۹	۱۹/۹۱	۰/۷۷۰	۰/۰۲۰	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه	۲۷۹	۳۰۹	۳۲۷	۲۶۵	۳۰۸	۳۴۹	۱۸/۸۱	۰/۸۷۶	۰/۰۶۲	۰/۰۰۱
اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه	۵۳	۶۶	۶۵	۵۵	۶۷	۷۳	۳/۱۶	۰/۱۷۷	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
اسید پالمتیک	۳۵۴	۳۷۹	۴۲۱	۳۴۶	۳۸۴	۳۸۷	۱۲/۱۹	۰/۲۲۹	۰/۰۱۳۴	<۰/۰۰۱
اسید استئاریک	۲۲۵	۲۸۹	۲۹۳	۲۵۰	۲۷۹	۳۲۵	۱۱/۸۳	۰/۱۱۰	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
اسید اولئیک	۲۳۰	۲۵۷	۲۶۹	۲۲۱	۲۶۲	۲۹۸	۱۸/۲۸	۰/۵۸۷	۰/۰۷۴	۰/۰۰۳

۱. ضریب احتمال معنی‌داری در سطح خطای ($P \leq ۰/۰۵$).

۲. خطای میانگین استاندارد.

۳. دنوو شامل اسیدهای چرب زیر ۱۶ کربن که از بافت پستان نشأت می‌گیرند، پریفورمد شامل اسیدهای چرب بالای ۱۶ کربن که از پلاسمای خون نشأت می‌گیرند، مخلوط شامل اسیدهای چرب ۱۶ کربنه که از هردو منبع قبلی نشأت می‌گیرد.

جدول ۵. میانگین صفات اندازه گیری شده برای اثرات دوره، نوع شکل فیزیکی و نوع افزودنی استفاده شده برای منشأ اسیدهای چرب شیر

متغیر	میانگین صفات اندازه‌گیری شده							P.value[1]		
	دوره اول	دوره دوم	شکل فیزیکی گرانول	شکل فیزیکی پرک	بدون افزودنی	دارای افزودنی لسیتین	دارای افزودنی پودرصفرا	SEM[2]	دوره	شکل فیزیکی	نوع افزودنی
منابع چربی شیر، گرم در روز[3]											
اسیدهای چرب دنوو	۴۲۰	۴۲۳	۴۲۳	۴۱۹	۳۸۴ b	۴۳۵a	۴۴۵ a	۹/۷۷	۰/۸۰۳	۰/۶۷۶	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب مخلوط	۳۸۲	۳۸۷	۳۸۹	۳۸۰	۳۵۳ b	۳۸۸ a	۴۱۳ a	۹/۴۳	۰/۶۱۷	۰/۴۳۶	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب پریفورمد	۶۹۶	۷۰۰	۶۹۵	۷۰۰	۶۱۲ c	۷۱۴ b	۷۶۸ a	۱۶/۶۸	۰/۸۲۵	۰/۷۹۶	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب اشباع	۱۰۳۷	۱۰۶۳	۱۰۵۷	۱۰۴۳	۹۴۴b	۱۰۷۹a	۱۱۲۶a	۲۲/۱۸	۰/۳۱۷	۰/۵۸۶	<۰/۰۰۱
اسیدهای چرب غیراشباع	۳۸۷	۳۶۴	۳۷۳	۳۷۸	۳۳۲ b	۳۸۰ a	۴۱۵ a	۱۴/۶۲	۰/۱۸۵	۰/۷۷۸	۰/۰۰۱

ویرایشی استاندارد شده

اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه	۳۱۵	۲۹۷	۳۰۵	۳۰۷	۲۷۲ b	۳۰۸ ab	۳۳۸ a	۱۳/۶۶	۰/۲۴۷	۰/۸۷۹	۰/۰۰۷
اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه	۶۵	۶۱	۶۱	۶۵	۵۴ b	۶۶ a	۶۹ a	۱/۸۹	۰/۰۹۸	۰/۱۱۳	<۰/۰۰۱
اسید پالمتیک	۳۷۶	۳۸۰	۳۸۴	۳۷۲	۳۵۰ b	۳۸۱ a	۴۰۴ a	۹/۰۷	۰/۶۹۳	۰/۲۵۳	۰/۰۰۱
اسید استئاریک	۲۷۸	۲۷۵	۲۶۹	۲۸۵	۲۳۷ c	۲۸۴ b	۳۰۹ a	۷/۵۲	۰/۷۶۴	۰/۱۰۱	<۰/۰۰۱
اسید اولئیک	۲۵۵	۲۵۸	۲۵۲	۲۶۰	۲۲۶ b	۲۵۹ ab	۲۸۴ a	۱۳/۲۸	۰/۸۶۳	۰/۵۹۸	۰/۰۱۴

۱. ضریب احتمال معنی‌داری در سطح خطای ($P \leq ۰/۰۵$).

۲. خطای میانگین استاندارد.

۳. دنوو شامل اسیدهای چرب زیر ۱۶ کربن که از بافت پستان نشأت می‌گیرند، پریفورمد شامل اسیدهای چرب بالای ۱۶ کربن که از پلاسمای خون نشأت می‌گیرند، مخلوط شامل اسیدهای چرب ۱۶ کربنه که از هردو منبع قبلی نشأت می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

افزودن ترکیبات امولسیون‌کننده به مکمل‌های چربی مورد استفاده در جیره غذایی گاوهای شیرده موجب بهبود عملکرد تولیدی و برخی از ترکیبات شیر می‌شود هرچند که شکل فیزیکی آن‌ها اثرات مثبت یا منفی مشخصی در این مطالعه از خود نشان نداد. بنابراین نتایج به دست‌آمده از این پژوهش پیشنهاد می‌کند که محدودیت ظرفیت امولسیون‌کنندگی محیط روده احتمالاً یکی از دلایل کاهش قابلیت هضم اسیدهای چرب با افزایش جریان اسیدهای چرب به روده است. درنتیجه مکمل نمودن ترکیبات امولسیون‌کننده به‌نحوی که پس از شکمبه آزاد شوند، احتمالاً سبب بهبود پاسخ‌های تولیدی حیوان در اوایل و اواسط دوره شیردهی می‌شود. به‌طور کلی به پژوهش‌های بیشتری در خصوص مکمل‌سازی ترکیبات امولسیون‌کننده با مکمل‌های چربی حاوی نسبت‌های متفاوتی از اسید پالمتیک و اسید استئاریک نیاز است. در گاوداری‌های صنعتی بیشترین سهم هزینه‌ها مربوط به هزینه خوراک است که در این بین منابع چربی به‌عنوان یکی از اجزای گران‌قیمت تشکیل‌دهنده جیره‌ها شناخته می‌شوند. بنابراین همین امر حساسیت در انتخاب نوع منبع چربی را بر اساس حداکثر اثر بخشی آن‌ها برجسته می‌نماید. لذا هنگام انتخاب نوع منابع چربی توسط متخصصین تغذیه برای استفاده در جیره‌های غذایی گاوهای شیرده می‌بایست علاوه بر در نظر گرفتن ترکیب اسیدهای چرب موجود در آن‌ها، وجود ترکیبات بهبود دهنده گوارش‌پذیری نظیر ترکیبات امولسیون‌کننده را در منابع پودر چربی مورد توجه قرار دهند.

تشکر و قدردانی

از شرکت کیمیا دانش الوند© به‌منظور حمایت مالی و تأمین مکمل‌های چربی حاوی لسیتین و پودر صفرا کمال تشکر و قدردانی را داریم. همچنین از گروه علوم دامی دانشگاه تهران به‌منظور فراهم نمودن شرایط اجرای این طرح آزمایشی سپاسگزاریم.

ویراستاری نشده

منابع

Abel-Caines, S. F., Grant, R. J., & Morrison, M. (1998). Effect of soybean hulls, soy lecithin, and soapstock mixtures on ruminal fermentation and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *81*(2), 462-470. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75598-5

Alzawqari, M., Moghaddam, H. N., Kermanshahi, H., & Raji, A. R. (2011). The effect of desiccated ox bile supplementation on performance, fat digestibility, gut morphology and blood chemistry of broiler chickens fed tallow diets. *Journal of Applied Animal Research*, *39*(2), 169-174.

AOAC. (2006). Official Methods of Analysis (18 ed.). *Association of Official Analytical Chemists*.

Barbano, D., Melilli, C., & Overton, T. (2014). Advanced use of FTIR spectra of milk for feeding and health management.

Boerman, J., Firkins, J., St-Pierre, N., & Lock, A. (2015). Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*, *98*(12), 8889-8903.

Brautigan, D., Li, R., Kubicka, E., Turner, S., Garcia, J., Weintraut, M., & Wong, E. (2017). Lysolecithin as feed additive enhances collagen expression and villus length in the jejunum of broiler chickens. *Journal of Poultry Science*, *96*(8), 2889-2898.

Carraro, P. C., Da Silva, E. D., & Oliveira, D. E. (2019). Palmitic acid increases the abundance of mRNA of genes involved in de novo synthesis of fat in mammary explants from lactating ewes. *Small Ruminant Research*, *174*, 99-102. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.02.020

Cao, A. Z., Lai, W. Q., Zhang, W. W., Dong, B., Lou, Q. Q., Han, M. M., Zhang, L. Y. (2021). Effects of porcine bile acids on growth performance, antioxidant capacity, blood metabolites and nutrient digestibility of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *276*, 114931. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114931

Chamberlain, M., & DePeters, E. (2017). Impacts of feeding lipid supplements high in palmitic acid or stearic acid on performance of lactating dairy cows. *Journal of Applied Animal Research*, *45*(1), 126-135.

Chen, Y., Yuan, C., Yang, T., Song, H., Zhan, K., & Zhao, G. (2024). Effects of bile acid supplementation on lactation performance, nutrient intake, antioxidative status, and serum biochemistry in mid-lactation dairy cows. *Animals*, *14*(2), 290. https://www.mdpi.com/2076-2615/14/2/290

Daley, V. L., Armentano, L., Kononoff, P., & Hanigan, M. D. (2020). Modeling fatty acids for dairy cattle: Models to predict total fatty acid concentration and fatty acid digestion of feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 6982-6999.

de Beni Arrigoni, M., Martins, C. L., & Factori, M. A. (2016). Lipid metabolism in the rumen. *Rumenology*, 103-126.

de Diego-Cabero, N., Mereu, A., Menoyo, D., Holst, J. J., & Ipharraguerre, I. R. (2015). Bile acid mediated effects on gut integrity and performance of early-weaned piglets. *BMC Veterinary Research*, *11*, 111. https://doi.org/10.1186/s12917-015-0425-6

de Souza, J., Garver, J., Preseault, C., & Lock, A. (2017). Effects of prill size of a palmitic acid–enriched fat supplement on the yield of milk and milk components, and nutrient digestibility of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *100*(1), 379-384.

de Souza, J., Westerrn, M., & Lock, A. L. (2020). Abomasal infusion of an exogenous emulsifier improves fatty acid digestibility and milk fat yield of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *103*(7), 6167-6177. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2020-18239

di Gregorio, M. C., Cautela, J., & Galantini, L. (2021). Physiology and physical chemistry of bile acids. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(4), 1780. https://www.mdpi.com/1422-0067/22/4/1780

Ding, T., Xu, N., Liu, Y., Du, J., Xiang, X., Xu, D., Mai, K. (2020). Effect of dietary bile acid (BA) on the growth performance, body composition, antioxidant responses and expression of lipid metabolism-related genes of juvenile large yellow croaker (Larimichthys crocea) fed high-lipid diets. *Aquaculture*, *518*, 734768.

Doreau, M., Meynadier, A., Fievez, V., & Ferlay, A. (2016). Ruminal metabolism of fatty acids: Modulation of polyunsaturated, conjugated, and trans fatty acids in meat and milk. *Lipids in Human Function*, 521-542. Elsevier.

Eastridge, M., & Firkins, J. (2000). Feeding tallow triglycerides of different saturation and particle size to lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, *83* (3-4), 249-259.

Fontoura, A., Rico, J., Davis, A., Myers, W., Tate ,B., Gervais, R., & McFadden, J. (2021). Effects of dietary deoiled soy lecithin supplementation on milk production and fatty acid digestibility in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *104*(2), 1823-1837.

Freitas Jr, J., Takiya, C. S., Del Valle, T. A., Barletta, R. V., Venturelli, B. C., Vendramini, T. H. A., Gandra, J. R. (2018). Ruminal biohydrogenation and abomasal flow of fatty acids in lactating cows fed diets supplemented with soybean oil, whole soybeans, or calcium salts of fatty acids. *Journal of Dairy Science*, *101*(9), 7881-7891.

Gao, Y., Yao, Y., Huang, J., Sun, Y., Wu, Q., Guo, D., & Wang, S. (2023). Effect of dietary bile acids supplementation on growth performance, feed utilization, intestinal digestive enzyme activity and fatty acid transporters gene expression in juvenile leopard coral grouper (Plectropomus leopardus). *Frontiers in Marine Science*, *10*, 1171344.

Lai, W., Cao, A., Li, J., Zhang, W., & Zhang, L. (2018). Effect of high dose of bile acids supplementation in broiler feed on growth performance, clinical blood metabolites, and organ development. *Journal of Applied Poultry Research*, *27*(4), 532-539.

Lai, W., Huang, W., Dong, B., Cao, A., Zhang, W., Li, J., Zhang, L. (2018). Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens. *Poultry Science*, *97*(1), 196-202. https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pex288

Lee, C., Morris, D., Copelin, J., Hettick, J., & Kwon, I. (2019). Effects of lysophospholipids on short-term production, nitrogen utilization, and rumen fermentation and bacterial population in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *102*(4), 3110-3120.

Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G., & Kertz, A. F. (2014). Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *97*(8), 4661-4674. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2014-7919

Lohrenz, A. K., Duske, K., Schneider, F., Nürnberg, K., Losand, B., Seyfert, H. M., Hammon, H. M. (2010). Milk performance and glucose metabolism in dairy cows fed rumen-protected fat during mid lactation. *Journal of Dairy Science*, *93*(12), 5867-5876. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2010-3342

Macierzanka, A., Torcello-Gómez, A., Jungnickel, C., & Maldonado-Valderrama, J. (2019). Bile salts in digestion and transport of lipids. *Advances in Colloid and Interface Science*, *274*, 102045. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102045

McFadden, J. (2019). Dietary lecithin supplementation in dairy cattle.

Nardi, R. d., Marchesini, G., Tenti, S., Contiero, B., Andrighetto, I., & Segato, S. (2012). Lecithin as a supplement for mid-lactating dairy cows. *Acta Agriculturae Slovenica*, *100*(Suppl. 3), 67-70.

NRC. (2021). Nutrient requirements of dairy cattle: Eighth revised edition. The National Academies Press. https://doi.org/doi:10.17226/25806

Palmquist, D., & Jenkins, T. (2017). A 100-Year Review: Fat feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 10061-10077.

Piantoni, P., Lock, A. L., & Allen, M. S. (2013). Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, *96*(11), 7143-7154. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2013-6680

Polycarpo, G. V., Burbarelli, M. F., CarÃo, A. C., Merseguel, C. E., Dadalt, J. C., Maganha, S. R., Albuquerque, R. (2016). Effects of lipid sources, lysophospholipids and organic acids in maize-based broiler diets on nutrient balance, liver concentration of fat-soluble vitamins, jejunal microbiota and performance. *British Poulty Science*, *57*(6), 788-798. https://doi.org/10.1080/00071668.2016/11219019

Porter, N. (2023). Feeding fatty acids with lysophospholipids to improve production efficiency of lactating dairy cows. The Ohio State University.

Rabiee, A., Breinhild, K., Scott, W., Golder, H., Block, E., & Lean, I. (2012). Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*, *95*(6), 3225-3247.

Rico, D., Ying, Y., & Harvatine, K. (2017). Effects of lysolecithin on milk fat synthesis and milk fatty acid profile of cows fed diets differing in fiber and unsaturated fatty acid concentration. *Journal of Dairy Science*, *100*(11), 9042-9047.

Rico, J., Fontoura, A., Tate, B., & McFadden, J. (2019). Effects of soy lecithin on circulating choline metabolite concentrations and phosphatidylcholine profile in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *102*, 385-385.

Rico, J. E., Allen, M. S., & Lock, A. L. (2014). Compared with stearic acid, palmitic acid increased the yield of milk fat and improved feed efficiency across production level of cows. *Journal of Dairy Science*, *97*(2), 1057-1066. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2013-7432

Roche, J. R., Kay, J. K., Friggens, N. C., Loor, J. J., & Berry, D. P. (2013). Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *29*(2), 323-336.

Song, P., Zhang, Y., & Klaassen, C. D. (2011). Dose-response of five bile acids on serum and liver bile Acid concentrations and hepatotoxicty in mice. *Toxicol Science*, *123*(2), 359-367. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfr177

Van Soest, P. J., 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. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Vargas-Bello-Pérez, E., Cancino-Padilla, N., Geldsetzer-Mendoza, C., Morales, M. S., Leskinen, H., Garnsworthy, P. C., Romero, J. (2020). Effects of dietary polyunsaturated fatty acid sources on expression of lipid-related genes in bovine milk somatic cells. *Scientific Reports*, *10*(1), 14850.

Western, M. M., de Souza, J., & Lock, A. L. (2020). Effects of commercially available palmitic and stearic acid supplements on nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *103*(6), 5131-5142 .

Wettstein, H. R., Scheeder, M. R., Sutter, F., & Kreuzer, M. (2001). Effect of lecithins partly replacing rumen- protected fat on fatty acid digestion and composition of cow milk. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *103*(1), 12-22 .

Zhang, M., Bai, H., Zhao, Y., Wang, R., Li, G., Zhang, G., & Zhang, Y. (2022). Effects of dietary lysophospholipid inclusion on the growth performance, nutrient digestibility, nitrogen utilization, and blood metabolites of finishing beef cattle. *Antioxidants*, *11*(8), 1486.

Zhao, P. Y., & Kim, I. H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science*, *96*(5), 1341-1347. https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pew469

Zhao, P. Y., Li, H. L., Hossain, M. M., & Kim, I. H. (2015). Effect of emulsifier (lysophospholipids) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *207*, 190-195. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.007

Zhao, P., Zhang, Z., Lan, R., Liu, W., & Kim, I. (2017). Effect of lysophospholipids in diets differing in fat contents on growth performance, nutrient digestibility, milk composition and litter performance of lactating sows. *Animal*, *11*(6), 984-990.

Zhou, P., Yan, H., Zhang, Y., Qi, R., Zhang, H., & Liu, J. (2023). Growth performance, bile acid profile, fecal microbiome and serum metabolomics of growing-finishing pigs fed diets with bile acids supplementation. *Journal of Animal Science*, *101*. https://doi.org/10.1093/jas/skad393

Extended Abstract

Introduction

Energy requirements in dairy cows have elevate as milk production increases, normally fat supplements are used to help meet these energy requirements. Therefore, the amount of fatty acids intake increases due to the consumption of fat supplements and the increase in dry matter intake. According to the nutritionist recommendations, feeding more than 3 % of fat based on the dry matter intake should be provided from by-pass sources (neutral fat supplements). Presumably, one of the potential strategies to improve production performance and milk composition in dairy cows is supplementing emulsifying agents to the diet, because the reason for the decline in production performance and milk composition, especially fat and protein, is the reduction in absorption of fatty acids due to the increase duodenal flow of fatty acids which decrease availability of lysolecithin and micelles formation. In this regard, the saturation of the absorption sites of fatty acids in the jejunum and the mechanisms of adaptation by cows to maintain the stability of fatty acids composition in milk and tissues have also been reported. The most available source of these emulsifying compounds is soy lecithin, which is widely used in various industries. It is thought that the phospholipids fermentation in the rumen prevents their role as an emulsifier in the intestinal environment and subsequently cannot reveal positive effects on the production performance of the lactating dairy cow. Bile acids play an important role in the digestion and absorption of fats and fat-soluble vitamins and are the basis for improving metabolism and as a result increase the efficiency of the animal production, so this study investigated the effect of the physical form of the saturated fat supplement containing lecithin or bile powder on production performance, milk compounds and sources of fatty acids of the milk in high-producing Holstein cows.

Material and method

48 lactating Holstein cows (lactation: 130±21; milk production: 38.4±1, weight: 590±12) during two experimental periods (24 cows in each period) in a 2x3x2 completely randomized factorial design used and were randomly grouped into 6 experimental treatments by using silver saturated fat supplement (Kimia Danesh Alvand ©, Qom, Iran): 1. Control diet + 2.5%granulated fat supplement, 2. Control diet + 2.5% granulated fat supplement containing 5% lecithin 3. Control diet + 2.5% granulated fat supplement containing 5% bile powder 4. Control diet + 2.5% Flaked fat supplement 5. Control diet + 2.5% Flaked fat supplement containing 5% lecithin and 6. Control diet + 2.5% Flaked fat supplement containing 5% bile powder. All the experimental diets were balanced to have the same amount of nitrogen and energy and met the nutrient requirements of the animals according to the recommendations of the National Research Association. To prepare the bile powder, the gallbladders were collected from the slaughtered and transferred to the laboratory, then homogenized and filtered through nylon filters, and then the bile powder was obtained by drying at 60˚C for 24 hours. After the analysis of DM and nutrient content in the feed samples were measured Eventually, all test data were analyzed by using SAS statistical software and MIXED procedure. Milk production of each cow was recorded 3 time in 24 h in the last 7 days of both periods, and 50 mL milk sample was obtained. The samples were transferred to the refrigerator at 4° C, immediately after adding 0.1 g of potassium dichromate. To determination of protein, fat, lactose, solids, solids without fat, somatic cell count, urea nitrogen, Denovo fatty acids, mixed fatty acids, preformed fatty acids, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, mono unsaturated fatty acids, poly unsaturated fatty acid, palmitic acid, stearic acid, and oleic acid, samples were transferred to Alborz Milk Laboratory (Karaj, Alborz, Iran) and then analyzed with CombiScope device (FTIR 600 HP). The body weight and body condition score, were assigned weekly after milking in the morning and before feeding morning meal, and at the same time, the BCS was determined by two experts using standard index of 1 to 5.

Results and discussion

The addition of lecithin or bile powder enhanced average milk production, ECM, 3.5% FCM, milk fat, protein, lactose, solids, solids nonfat, SCC, *denovo* fatty acids, mixed fatty acids, preformed fatty acids, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, mono unsaturated fatty acids, poly unsaturated fatty acids, stearic acid, palmitic acid and oleic acid ($P \geq 0.05$). It seems influencing factors on production performance and milk composition in lactating dairy cows fed with emulsifying compounds, are: stage of lactation, amount and the type of fat supplement, the ratio between stearic, palmitic and oleic acids in the fat supplement, the amount and type of emulsifying compounds added to the fat supplement and protection method for emulsifying compounds against rumen fermentation in fat supplements.

Conclusion

Adding emulsifying compounds to fat supplements in the diet of dairy cows improved production performance and some milk compounds, although their physical form did not demonstrate positive or negative effects in this study. Therefore, the results of this research suggest that the limitation of the emulsifying capacity of the intestinal environment is probably one of the reasons for the decrease in the absorption of fatty acids with the increase in the flow of fatty acids to the intestine. As a result, supplementing emulsifying agents in such a way that they are released after the rumen, probably improves the dairy cow production responses in the early and middle of the lactation period. Generally, more research is needed regarding the supplementation of emulsifying compounds with fat supplements containing different proportions of palmitic and stearic acids.