Vol 26, No. 2, Summer 2024

University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

The effect of the use of calcium salt of unsaturated and calcium salt of saturated fatty acids on performance, and blood and rumen parameters in fresh Holstein cows

Amir Hossein Rezakhani[1] | Kamran Rezayazdi[2]✉ | Younes Ali Alijoo[3]

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Uremia University, Urmia, Iran. E-mail: ah.rezakhani@areeo.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: rezayazdi@ut.ac.ir
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Uremia University, Urmia, Iran. E-mail: y.alijoo@urmia.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 10 May 2023
Received in revised form
9 June 2024
Accepted 4 March 2024
Published online 14 July 2024

Keywords:
Calcium salt of saturated fatty acids
Calcium salt of unsaturated fatty acids
Feed efficiency
Non-esterified fatty acids

ABSTRACT

Introduction The beginning of lactation is one of the important performance signs related to health, fertility and production in lactating cows. Meeting the energy needs is considered as the main challenge of lactating cows at this period. Increasing the mobilization of body fat is one of the ways to meet the lack of energy, which can lead to an increase in the supply of non-esterified fatty acids (NEFA). Therefore, management strategies based on nutrition can play an important role in increasing energy intake and minimizing negative energy balance (NEB). The use of fat supplements can be considered as an effective solution to increase the amount of energy in the diets of fresh cows. The objective of this study was to evaluate the effect of feeding different fat supplements containing saturated and unsaturated fatty acids on production performance, blood and rumen parameters in fresh Holstein cows.

Materials and Methods In this study, 32 Holstein cows with average live body weight 649.2 ± 29.11 kg and body condition score of 3.78 ± 0.30 were used after calving for 21 days in a completely randomized design in four experimental groups. Experimental treatments included: 1) control: no fat supplement, 2) unsaturated: containing calcium salt of unsaturated fatty acids, three percent based on DM, 3) saturated: containing calcium salt of saturated fatty acids, three percentage based on DM and 4) mixed: contained an equal mixture of both types of fat supplements. Dry matter intake (DMI) was measured daily. Cows were milked three times a day at 05:00, 13:00 and 21:00 in a parlor and milk yield was recorded. Milk was sampled at each milking on days 7, 14 and 21 until analyzed for fat. Body weight was measured on days 7, 14 and 21 after parturition. Blood samples were collected from subcaudal vein with vacuum tubes containing anticoagulant heparin on days 0, 7 and 21 after parturition. After separating the serum using a centrifuge, for the measurement of glucose, triglyceride, cholesterol, NEFA and beta-hydroxybutyrate (BHBA), samples were sent to the laboratory. Ruminal fluid is collected on the d 21 after parturition, two to three hours after morning feeding by the esophageal tube and using a suction pump, and after passing through the filter and measuring the pH by a portable pH meter, was sent to the laboratory to measure volatile fatty acids (VFA).

Results and Discussion The results of the study showed that the calcium salt of unsaturated fatty acids caused a decrease, and the calcium salt of saturated and mixed fatty acids caused an increase in DMI compared to the control treatment. Milk production, milk fat percentage, 4% fat corrected milk production, energy corrected milk production, feed efficiency, blood concentrations of glucose, cholesterol, triglyceride and BHBA values, as well as rumen fermentation parameters were not affected by the treatments. The concentration of NEFA in the plasma, in the control treatment and the treatment containing calcium salts of unsaturated fatty acids, were measured above the safety margin provided for sub clinical ketosis.

Conclusion According to the lactation performance of cows, the absence of problems regarding the amounts of NEFA and BHBA as indicators of metabolic disorders and the ineffectiveness of supplements on rumen fermentation parameters, it seems that it is possible to use an equal mixture (50:50) of fat supplements of calcium salts containing saturated and unsaturated fatty acids in the diet of fresh dairy cows in the amount of three percent.

Cite this article: Rezakhani, A.H., Rezayazdi, K., & Alijoo, Y.A. (2024). The effect of the use of calcium salt of unsaturated and calcium salt of saturated fatty acids on performance, and blood and rumen parameters in fresh Holstein cows. *Journal of Animal Production*, 26 (2), 167-178. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.359046.623741

© The Author(s).
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.359046.623741

دوره بیست و ششم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

تأثیر استفاده از نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع و نمک کلسیمی اسیدهای چرب اشباع برعملکرد و فراسنجه‌های خون و شکمبه در گاوهای تازه‌زا هلشتاین

امیرحسین رضاخانی[۱] | کامران رضایزدی[۲]✉ | یونس علی علیجو[۳]

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: ah.rezakhani@areeo.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: rezayazdi@ut.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: y.alijoo@uemia.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴

کلیدواژه‌ها:

اسیدهای چرب استریفیه‌نشده

راندمان خوراک مصرفی

نمک کلسیمی اسیدهای چرب اشباع

نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع

چکیده

مطالعه حاظر به‌منظور مقایسه اثرات افزودن مکمل‌های چربی مختلف بر عملکرد تولیدی و برخی فراسنجه‌های خون و شکمبه در گاوهای تازه‌زا هلشتاین و با استفاده از ۳۲ راس گاو شکم دوم به بعد، با میانگین وزن بدنی ۲۹/۱۱ ± ۶۴۹/۲۸ کیلوگرم و امتیاز وضعیت بدنی ۳۰/ ± ۳/۷۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تیمار آزمایشی از زمان زایش تا ۲۱ روز پس از آن انجام شد. جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از ۱- بدون مکمل چربی، ۲- حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع، ۳- حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب اشباع و ۴- حاوی مخلوط مساوی از هر دو. ماده خشک مصرفی و تولید شیر، روزانه ثبت گردید. نمونه‌های شیر در روزهای هفت، ۱۴ و ۲۱ اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری از خون در روزهای صفر، هفت و ۲۱ و پس از خوراک‌دهی صبح، انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های تخمیری، مایع شکمبه، در روز ۲۱ پس از زایش اخذ گردید. نتایج نشان داد، نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع باعث کاهش، اشباع و مخلوط باعث افزایش ماده خشک مصرفی شدند ($P<0/05$). تولید شیر، چربی شیر، شیر تصحیح‌شده براساس چهار درصد و تصحیح‌شده براساس انرژی، راندمان مصرف خوراک، و غلظت بتاهیدروکسی‌بوتیرات و فراسنجه‌های تخمیری شکمبه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. غلظت اسیدهای چرب استریفیه‌نشده در گروه کنترل و تیمار دوم بیش از حد آستانه‌ای بود. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش و عملکرد گاوها، استفاده از مخلوط مساوی مکمل‌های چربی، حاوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع نتایج بهتری را در بر داشت.

استناد: رضاخانی، امیرحسین؛ رضایزدی، کامران و علی علیجو، یونس (۱۴۰۳). تأثیر استفاده از نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع و نمک کلسیمی اسیدهای چرب اشباع برعملکرد و فراسنجه‌های خون و شکمبه در گاوهای تازه‌زا هلشتاین. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۶ (۲)، ۱۷۸-۱۶۷.

DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.359046.623741

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

آغاز شیردهی یکی از نشانه‌های عملکردی مهم در ارتباط با سلامتی، باروری و تولید در گاوهای شیرده به‌شمار می‌رود. تولید شیر، بهبود و بازیافت بافت رحم، تغییرات در عملکرد غدد درون‌ریز و تعادل انرژی، مجموعه منحصربه‌فردی از چالش‌ها را ایجاد می‌کنند که باعث ایجاد تغییرات عمده در عملکرد متابولیکی گاوهای شیری می‌شود (Zachut *et al*., 2013). در این میان چالش اصلی، برآورده‌کردن نیازهای روزافزون انرژی و مواد مغذی کلیدی برای حیوان، با درنظرگرفتن محدودیت میزان مصرف خوراک است. یکی از مکانیسم‌های انطباقی متابولیکی برای حل این چالش، بسیج ذخایر بدنی در حوالی زایمان می‌باشند (Zachut *et al*., 2013). افزایش بسیج ذخایر بدنی، باعث افزایش غلظت اسیدهای چرب استریفیه‌نشده (Non Esterified Fatty Acid - NEFA) در پلاسمای خون می‌شود که این نیز به‌نوبه خود باعث افزایش عرضه اسیدهای چرب استریفیه‌نشده به کبد و در نهایت ایجاد تعادل انرژی منفی می‌شود (Piantoni *et al*., 2013). بنابراین، راهبردهای مدیریتی مبتنی بر تغذیه، به‌ویژه در ابتدای دوره شیردهی، می‌تواند نقش مهمی را در افزایش مصرف انرژی و به حداقل‌رساندن تعادل منفی انرژی ایفا نماید. یکی از روش‌هایی که برای حل مشکل تعادل منفی انرژی به‌کار گرفته می‌شود، استفاده از جیره‌های حاوی مقادیر بیش‌تر دانهٔ غلات است، که به‌دلیل افزایش تولید اسیدپروپیونیک در شکمبه، می‌توانند باعث کاهش مصرف ماده خشک و ایجاد اختلالات متابولیکی نظیر اسیدوز شوند (De Souza & Lock, 2019). تزریق داخل شیردانی گلوکز نیز علاوه بر دشواری اجرا، تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی و تولید شیر گاوهای تازه‌زا نداشته است (Amanlou *et al*., 2017; De Souza & Lock, 2019). بر این اساس استفاده از مکمل‌های چربی، می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری مؤثر برای افزایش مقدار انرژی جیره‌های گاوهای تازه‌زا در نظر گرفته شود. برای استفاده از این مکمل‌ها باید به ترکیب اسیدهای چرب موجود در مکمل و تأثیر آن بر عملکرد تخمیر در شکمبه توجه نمود، تا علاوه بر بهبود عملکرد گاوهای شیرده، سلامتی حیوان نیز حفظ شود. هدف پژوهش حاضر مقایسه اثر تغذیه مکمل‌های مختلف چربی، بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای، در گاوهای هلشتاین تازه‌زا بود.

۲. پیشینه پژوهش

در پی کاهش میزان مصرف خوراک در ابتدای دوره شیردهی و بلافاصله پس از زایش، تجزیه بافت چربی به‌دلیل توازن منفی انرژی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد که با افزایش غلظت اسیدهای چرب استریفیه نشده در خون قابل تشخیص است. زمانی‌که مقادیر این فراسنجه از حد آستانه و ظرفیت کبد برای سوخت و ساز چربی‌های آزاد بیش‌تر باشد، منجر به افزایش اختلالات متابولیک مانند کتوز (افزایش اجسام کتونی در خون) و کبد چرب در حیوان می‌شود (Weber *et al*., 2013). بتاهیدروکسی بوتیریک اسید (BHBA) جسم کتونی غالب در گردش خون نشخوارکنندگان است. اگرچه مصرف اجسام کتونی توسط سلول‌های بدن روندی طبیعی در سوخت‌وساز انرژی گاوهای شیری محسوب می‌شود، اما با این‌حال افزایش غلظت اجسام کتونی بیش‌تر یا مساوی ۱/۲ میلی‌مول در لیتر در خون را می‌توان شاخصی مناسب برای اختلال در سوخت و ساز انرژی دانست (McCarthy *et al*., 2015). افزایش غلظت این فراسنجه در گاوهای تازه‌زا منجر به کاهش تولید شیر، کاهش عملکرد تولید مثلی، افزایش احتمال ناهنجاری‌های متابولیکی و کاهش ماندگاری دام در گله می‌شود (McCarthy *et al*., 2015).

مصرف نمک کلسیمی اسیدهای چرب می‌تواند بدون تأثیر منفی بر جمعیت میکروبی شکمبه و قابلیت هضم فیبر، اثرات منفی ناشی از توازن منفی انرژی را کاهش دهد (Palmquist & Jenkins, 2017). هم‌چنین پژوهش‌ها

نشان می‌دهند برخی اسیدهای چرب اشباع مانند اسید پالمیتیک علاوه بر انرژی‌زایی، تأثیرات مثبتی بر تولید شیر، میزان چربی شیر و راندمان خوراک دارد (De Souza & Lock, 2018). اسیدهای چرب غیراشباع، لینولئیک و لینولنیک، در ساختمان غشاهای سلولی و به‌عنوان پیش‌ساز دیگر اسیدهای چرب غیراشباع، نقش کلیدی در تنظیم سوخت‌وساز سلولی در تمامی پستانداران دارند (McCarthy *et al*., 2015). اسیدهای چرب غیراشباع معمولاً به‌وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه تحت واکنش‌های بیوهیدروژناسیونی قرار می‌گیرند. هم‌چنین اسیدهای چرب، به‌ویژه اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیر با ورود به محیط شکمبه، می‌توانند باعث جلوگیری از فعالیت میکروبی و در نتیجه کاهش هضم فیبر شوند. ولی مکمل‌سازی اسیدهای چرب غیراشباع به شکل نمک‌های کلسیمی می‌تواند این اثرات را به حداقل برساند (Naik, 2013). نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر، ترکیبات نامحلولی را در pH بیش از ۵/۵ ایجاد می‌کنند. این ترکیبات کم‌ترین تجزیه‌پذیری را در شکمبه داشته و در نتیجه کم‌ترین اثر بر تخمیر شکمبه را خواهند داشت (Naik, 2013; Pavkovych *et al*., 2015). بدین ترتیب می‌توان از نمک‌های کلسیمی حاوی منابع مختلف چربی در جیره گاوهای شیری به‌منظور بهبود عملکرد در هنگام توازن منفی انرژی سود برد. در مطالعه‌ای استفاده از نمک‌های اسیدهای چرب غیراشباع منجر به کاهش درصد چربی شیر گردید (Renno *et al*., 2014)، این درحالی است که میزان مصرف دو و نیم درصد ماده خشک تفاوتی را بر درصد چربی نداشته است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۶ در دامداری صنعتی ایستگاه شهید ناصر بخت، وابسته به مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره) واقع در استان البرز انجام شد. در این مطالعه از ۳۲ راس گاو هلشتاین تازه‌زا شکم دوم به بعد با میانگین وزن ۲۹/۱۱±۶۴۹/۲۸ کیلوگرم و میانگین امتیاز وضعیت بدنی ۰/۳۰±۳/۷۸ استفاده شد که به‌طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند. هر یک از چهار جیره آزمایشی به‌طور تصادفی به هر یک از گروه گاوها تخصیص داده شد. دوره آزمایش از روز زایش (روز صفر)، تا ۲۱ روز پس از زایش بود. گاوها در طول آزمایش در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شدند.

۳. ۱. جیره‌های آزمایشی

در این آزمایش از چهار جیره آزمایشی با مشخصات ۱- جیره شاهد: فاقد مکمل چربی، ۲- جیره حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع به میزان ۳ درصد ماده خشک (®Enercore، تحت لیسانس شرکت کانادین فارمر کانادا) حاوی ۲۰ درصد اسید پالمیتیک، پنج درصد اسید استئاریک، ۵۰ درصد اسید لینولئیک، پنج درصد اسید لینولنیک و ۲۰ درصد سایر اسیدهای چرب)، ۳- جیره حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب اشباع به میزان ۳ درصد ماده خشک (RumiFat®، نوتری‌تک، اوکلند، نیوزیلند) حاوی ۷۴/۴ درصد اسید پالمیتیک، ۴/۸۸ درصد اسید استئاریک، ۱۵/۱ درصد اسید اولئیک، ۲/۸۲ درصد اسید لینولئیک و ۲/۸ سایر اسیدهای چرب و ۴- جیره مخلوط که حاوی نسبت ۵۰:۵۰ از ترکیب هر دو مکمل بود. جیره‌ها از نظر پروتئین یکسان بوده و تنها انرژی در جیره‌های دارای مکمل چربی افزایش یافت، نسبت کنسانتره به علوفه نیز در کلیه جیره‌های آزمایشی یکسان و به نسبت ۵۵ به ۴۵ درصد بود. اقلام خوراکی، انرژی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی در جدول (۱) نشان داده شده است. به‌منظور فرموله‌کردن جیره‌ها از NRC 2001 استفاده شد.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی براساس ماده خشک

مواد خوراکی	واحد	جیره های آزمایشی			
		شاهد	غیراشباع	اشباع	مخلوط
ذرت علوفه‌ای سیلوشده	درصد	۲۹/۱۷	۲۹/۱۹	۲۸/۷	۲۹/۰۰
علف خشک یونجه	درصد	۱۵/۲۶	۱۵/۱۸	۱۵/۱۸	۱۵/۱۸
دانه جو	درصد	۹/۴	۹/۰۸	۹/۰۸	۹/۰۸
دانه ذرت	درصد	۱۸/۴۹	۱۸/۱۷	۱۸/۱۷	۱۸/۱۷
پودر گوشت	درصد	۲/۸۹	۲/۹۲	۲/۹۲	۲/۹۲
کنجاله سویا	درصد	۲۰/۶۷	۲۰/۷۶	۲۰/۷۶	۲۰/۷۶
کربنات کلسیم	درصد	۰/۴۴	۰	۰/۵	۰/۲
مکمل ویتامینی[1]	درصد	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹
مکمل مواد معدنی[2]	درصد	۰/۶۸	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲
بنتونیت	درصد	۱/۷۳	۰	۰	۰
بیکربنات سدیم	درصد	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱
نمک طعام	درصد	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸
مکمل چربی اشباع	درصد	۰	۰	۳	۱/۵
مکمل چربی غیراشباع	درصد	۰	۳	۰	۱/۵
ترکیب شیمیایی[3]					
ماده خشک	درصد	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵
انرژی خالص شیردهی	کیلوگرم/مگاکالری	۱/۶۷	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴
پروتئین خام	درصد	۱۶/۸	۱۶/۸	۱۶/۸	۱۶/۸
دیواره سلولی	درصد	۲۸	۲۷/۹	۲۷/۹	۲۷/۹
چربی	درصد	۲/۹۵	۵/۵۳	۵/۵۳	۵/۵۳
کلسیم	درصد	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۳
فسفر	درصد	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲

۱. هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی؛ ۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین آ، ۲۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین دی، ۶۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین ایی.

۲. هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی؛ ۲۴۰۰ میلی‌گرم مس، ۵۰۰ میلی‌گرم آهن، ۷۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۴۵۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰ میلی‌گرم سلنیوم و ۱۰۰ میلی‌گرم ید.

۳. محاسبه شده براساس جداول استاندارد خوراکی (NRC, 2001).

۳. ۲. صفات مورد بررسی

داده‌های مورداستفاده در تجزیه و تحلیل عبارت بودند از ماده خشک مصرفی، وزن حیوان، تولید شیر، چربی شیر. خوراک مصرفی به‌طور روزانه با کسر باقیمانده خوراک از روز قبل اندازه‌گیری شد. وزن‌کشی گاوها در روزهای هفت، ۱۴ و ۲۱ پس از زایش، با استفاده از باسکول با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم انجام شد. مقدار تولید شیر به‌طور روزانه و در سه نوبت شیردوشی (ساعت ۵:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۲۱:۰۰) اندازه‌گیری و به‌صورت جداگانه ثبت شد. برای این منظور از دستگاه شیردوشی نه واحده آلفا لاوال (Alfa Laval®) استفاده شد. نمونه‌های شیر در روزهای هفت، ۱۴ و ۲۱ اخذ و به آزمایشگاه ارسال شد. چربی نمونه‌ها با دستگاه Combiscope FTIR 600 HP اندازه‌گیری شد. نمونه خون دو تا سه ساعت پس از مصرف خوراک صبح و از ورید دمی در روزهای زایش، هفت و ۲۱ پس از زایش، با استفاده از لوله‌های خونگیری (ونوجکت) حاوی ماده ضد انعقاد هپارین گرفته شد. نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ شدند و پلاسمای آن‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شد و تا زمان ارسال به آزمایشگاه در فریزر نگهداری شدند. مقدار اسیدهای چرب آزاد و بتاهیدورکسی بوتیرات، توسط کیت‌های تخصصی (کیت Randox ساخت کشور انگلستان، جهت

اندازه‌گیری مقدار اسیدهای چرب استریفیه‌نشده) و (کیت Monobind ساخت کشور آمریکا، به‌منظور اندازه‌گیری بتاهیدروکسی بوتیرات) و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شدند. در روز ۲۱ شیردهی، با استفاده از سوند مری و استفاده از پمپ مکش، نمونه‌گیری از مایع شکمبه انجام شد. میزان اسیدیته نمونه‌ها پس از عبور از صافی (پارچه کتان چهار لایه)، توسط pH متر قابل حمل اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌منظور آماده‌سازی نمونه مایع شکمبه برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرّار توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent 6890N)، به هر یک از نمونه‌ها پنجاه میلی‌لیتر اسید متافسفوریک ۲۵ درصد (نسبت یک به پنج) اضافه شد (Ramirez Ramirez *et al*., 2015; Wang *et al*., 2012). نمونه‌ها تا زمان ارسال به آزمایشگاه در حرارت ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

۳.۳. تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه و تحلیل شدند. صفات تکرار شده در واحد زمان با کمک رویه MIXED و سایر صفات با رویه GLM به‌ترتیب براساس رابطه‌های (۱) و (۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

$$Y_{ijk}= \mu + A_i + Ea_{ik} + B_j + AB_{ij} + Eb_{ijk}$$ رابطه ۱)

در این مدل، Y_{ijk}، مشاهده مربوط به تیمار i و زمان اندازه‌گیری j در تکرار kام؛ μ، میانگین کلی مشاهدات؛ A_i، اثر تیمار اصلی؛ Ea_{ik}، اثر اشتباه تیمار؛ B_j، اثر زمان اندازه‌گیری؛ AB_{ij}، اثر برهم‌کنش تیمار i و زمان اندازه‌گیری j و Eb_{ijk}، اثر اشتباه زمان اندازه‌گیری است.

$$Y_{ij}= \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$ رابطه ۲)

در این مدل، Y_{ij}، مشاهده j ام از تیمار i ام؛ μ، میانگین مشاهدات؛ T_i، اثر تیمار i ام و ε_{ij}، اشتباه آزمایشی انجام‌شده در تکرار j ام از تیمار i ام است.

۴. یافته‌های پژوهش و بحث

یافته‌های مطالعه مربوط به ماده خشک مصرفی، تغییرات وزن زنده، تولید شیر و چربی شیر در جدول (۲) نشان داده شده است. مصرف مکمل چربی حاوی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب اشباع، منجر به بهبود معنی‌دار مصرف ماده خشک گردید (P<۰/۰۵). تیمارهای حاوی اسیدهای چرب اشباع و مخلوط دو مکمل، بیش‌ترین میزان ماده خشک مصرفی را نشان دادند. کاهش ماده خشک مصرفی ناشی از تغذیه مکمل چربی حاوی اسیدهای چرب غیراشباع، با یافته‌های Guiling و همکاران (2017) همخوانی داشت. احتمالاً علت این موضوع، اثر اسیدهای چرب غیراشباع بر عملکرد میکروارگانیسم‌های شکمبه و جلوگیری از هضم فیبر است. به‌نظر می‌رسد، مصرف اسیدهای چرب غیر اشباع، باعث بالا رفتن غلظت کوله‌سیستوکینین و گلوکاگن‌شبه‌پپتید و در نتیجه کاهش حرکات روده می‌شوند. علاوه براین، اثر اسیدهای چرب غیر اشباع بر خوش‌خوراکی جیره نیز، یکی دیگر از علل کاهش مصرف ذکر شده است (Warner *et al*., 2015).

با وجود این‌که بین جیره‌های آزمایشی، اختلاف معنی‌داری در تغییرات وزن زنده مشاهده نشد، اما در بین جیره‌های دارای مکمل چربی در مقایسه با گروه شاهد، کاهش میانگین افت وزنی کم‌تری مشاهده شد. الگوی کاهشی وزن تا روز ۲۱ شیردهی نیز در نتایج دیده شد (P<۰/۰۵). در مطالعه حاضر، نبود اختلاف معنی‌دار در تغییرات وزن، قبلاً توسط Piantoni و همکاران (2015) نیز مشاهده شده بود. به‌نظر می‌رسد، کاهش وزن در طی این دوره زمانی، به عدم تطابقِ

افزایش مصرف خوراک با تولید شیر مرتبط باشد. معنی‌دارنشدن اثر متقابل جیره و زمان، نشان‌دهنده این مطلب است که در طی ۲۱ روز دوره آزمایشی، زمان برای متعادل‌شدن انرژی خروجی و ورودی، کافی نیست.

تولید شیر تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت نتایج، افزایش تولید شیر در طول دوره آزمایش را نشان دادند ($p<0/05$)، نمودار (۱) روند افزایشی تولید شیر در طول آزمایش را نشان می‌دهد. علاوه بر این، مقادیر درصد چربی شیر در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. هم‌چنین در بین تیمارها، تولید شیر تصحیح‌شده براساس چهار درصد چربی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در خصوص تولید شیر تصحیح‌شده براساس انرژی دیده نشد. عدم تأثیر تیمارها بر تولید شیر با مشاهدات قبلی مطابقت داشت (Guilling *et al*., 2017; Lock *et al*., 2013). افزایش تولید شیر در طول دوره آزمایش نیز در توافق با نتایج سایر مطالعات بود (Lock *et al*., 2013; Rico *et al*., 2014). در یک پژوهش، کاهش تولید شیر در تیمارهای حاوی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع گزارش شده بود که پژوهش‌گران علت را به افت مصرف خوراک نسبت داده بودند (Guilling *et al*., 2017; McCarthy *et al*., 2015). عدم تأثیر استفاده از مکمل اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در جیره‌ها بر درصد چربی، در مطالعات پیشین نیز گزارش شده بود (Lock *et al*., 2013; Piantoni *et al*., 2013; Rico *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسد، نسبت کنسانتره به علوفه در جیره‌ها، مقادیر استفاده از مکمل‌های چربی و مرحله شیرواری، از عواملی هستند که بر درصد چربی شیر تأثیرگذار می‌باشند (Hotger *et al*., 2013; Piantoni *et al*., 2013; Vrankovic *et al*., 2017). بی‌تأثیربودن مصرف مکمل‌های چربی بر تولید شیر تصحیح‌شده براساس چهار درصد چربی، قبلاً نیز مشاهده شده بود (Guilling *et al*., 2017). علت این امر را می‌توان به بی اثر بودن مصرف مکمل‌های چربی بر چربی و تولید شیر نسبت داد (Rico *et al*., 2014). عدم تأثیر مکمل‌های چربی بر تولید شیر تصحیح‌شده براساس انرژی، تأییدکننده یافته‌های قبلی بود (Guilling *et al*., 2017; Rico *et al*., 2014). براساس مطالعه‌ای که توسط De Souza و Lock (2019) انجام شد، استفاده از مکمل چربی حاوی اسیدهای چرب اشباع، در ابتدای دوره شیردهی، با کاهش سرعت از دست‌دادن وزن بدن، از افزایش وزن حمایت می‌کند. اما این توضیح با برخی پژوهش‌های انجام‌شده که اسید پالمیتیک را افزایش‌دهنده انرژی خروجی (به‌صورت شیر) در ابتدای دوره شیردهی و پس از اوج تولید معرفی کرده‌اند، همخوانی ندارد. هرچند به‌نظر می‌رسد مرحله تولید حیوان می‌تواند در این امر مؤثر باشد (De Souza & Lock, 2018; Piantoni *et al*., 2015).

راندمان خوراک نیز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در راندمان خوراک، با یافته‌های Guiling و همکاران (2017) مطابقت داشت. هرچند در مطالعه‌ای که توسط Hotger و همکاران (2013) انجام شد، افزایش راندمان خوراک مصرفی با استفاده از مکمل‌های چربی گزارش شده است. این پژوهش‌گران دلیل این موضوع را افزایش انرژی جیره‌های حاوی مکمل‌های چربی نسبت به جیره شاهد بیان نمودند و توضیح دادند که کاهش مصرف خوراک در جیره‌های حاوی چربی، با کاهش مصرف انرژی دریافتی توسط حیوانات توام نبوده و این امر افزایش راندمان را در پی داشته است. اختلاف معنی‌دار مربوط به اثر متقابل جیره در زمان مربوط به راندمان خوراکی احتمالاً به افزایش مصرف خوراک توسط حیوان پس از زایش نسبت داده می‌شود که با گذشت زمان و افزایش مصرف، راندمان به‌تدریج کاهش می‌یابد. ازآنجایی‌که تغییرات راندمان خوراک به عوامل مختلفی مانند ماده خشک مصرفی، تولید شیر، مقدار چربی شیر و تغییرات وزن بستگی دارد، نمی‌توان به‌درستی در خصوص علت یا علل عدم معنی‌داری راندمان خوراک در این مطالعه اظهار نظر نمود. استفاده از مکمل چربی غیراشباع با کاهش مصرف ماده خشک می‌تواند یکی از علت‌های افزایش اسیدهای چرب آزاد خون در تیمار دوم محسوب شود (McCarthy *et al*., 2015; Nydam *et al*., 2013).

جدول ۲. تأثیر مکمل‌های نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بر عملکرد گاوهای تازه‌زا

رکوردها	جیره‌های آزمایشی				SEM	P value		
	شاهد	غیراشباع	اشباع	مخلوط		جیره	زمان	جیره×زمان
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز)	۱۸/۱۲ bc	۱۷/۵۶c	۲۰/۵۲a	۱۹/۴۸ab	۰/۱۴	۰/۰۰۲	<۰/۰۱	۰/۴۲
تغییرات وزن (کیلوگرم)	−۱۳/۸۳	−۱۱/۳۴	−۹/۲۶	−۹/۷۴	۱/۴۹	۰/۵۹	۰/۰۲	۰/۱۷
تولید شیر (کیلوگرم در روز)	۳۹/۰۸	۳۸/۵۱	۳۹/۴۳	۳۹/۹۳	۰/۴۲	۰/۹۷	<۰/۰۱	۰/۲۴
چربی شیر (درصد)	۳/۷۳	۳/۵۷	۳/۶۵	۳/۷۷	۰/۰۸	۰/۸۲	۰/۰۴	۰/۱۵
شیر تصحیح‌شده براساس ۴ درصد چربی [۲]	۳۷/۶۲	۳۶/۷۷	۳۷/۲۵	۳۸/۲۲	۰/۸۱	۰/۹۷	<۰/۰۱	۰/۲۳
شیر تصحیح‌شده براساس انرژی [۳]	۲۷/۴۲	۲۷/۷۱	۲۷/۶۷	۲۷/۷۸	۰/۶۲	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۵۷
راندمان خوراک [۴]	۱/۴۸	۱/۴۷	۱/۳۶	۱/۴۶	۰/۰۳	۰/۴۳	۰/۱۶	۰/۲۹

a-c: تفاوت اعداد در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

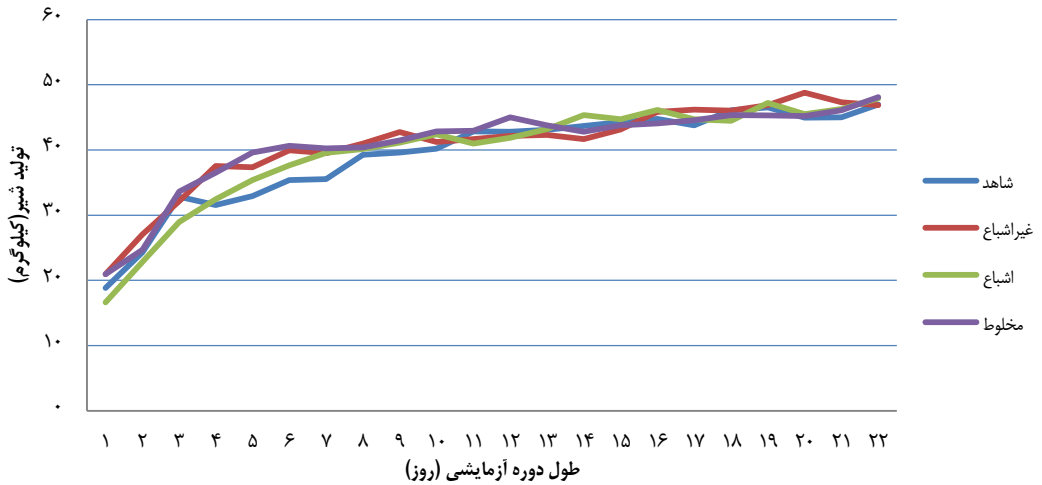
۲. تولید شیر تصحیح‌شده براساس ۴ درصد چربی (NRC, 2001)،

FCM4% = 0.4 (kg Milk) + 15 (kg Milk × fat%)

۳. تولید شیر تصحیح‌شده براساس انرژی (Guilling *et al.*, 2017)

ECM(kg/d) = 0.25×kg of MY + 12.2×kg of fat yield + 7.7× kg of protein yield

۴. راندمان خوراکی= تولید شیرتصحیح‌شده براساس انرژی/ ماده خشک مصرفی



نمودار ۱. میانگین تولید شیر تیمارها در طول دوره آزمایش (کیلوگرم در روز)

در جدول (۳) نتایج مربوط به استفاده از مکمل‌های چربی، بر فراسنجه‌های خونی نشان داده شده است. غلظت اسیدهای چرب آزاد خون، تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (P<۰/۰۵)، به گونه‌ای‌که در تیمارهای شاهد و حاوی مکمل نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع، مقادیر در حاشیه ارائه‌شده برای ابتلا به کبد چرب (بیش‌تر یا مساوی ۰/۷ میلی‌مول بر لیتر) اندازه‌گیری شد (De Souza & Lock, 2018; McCarthy *et al.*, 2015). از سوی دیگر، غلظت هیدروکسی بوتیریک‌اسید در خون، اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارها نشان نداد. اگرچه روند تغییرات در طول ۲۱ روز ابتدای دورهٔ شیردهی، اختلاف داشت (P<۰/۰۵) که با گذشت زمان مقدار آن افزایش یافت. استفاده از مکمل چربی حاوی اسیدهای چرب اشباع و مخلوط با کاهش اثرات تعادل منفی انرژی پس از زایش، تأثیرات مثبتی بر میزان تولید شیر، مصرف ماده خشک و نیز اسیدهای چرب آزاد خون داشتند، که مطالعات قبلی نیز یافته‌های مشابهی را گزارش کرده‌اند (De Souza & Lock, 2018; Nydam *et al.*, 2013; Renno *et al.*, 2014).

عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در غلظت اسیدبتاهیدروکسی بوتیریک پلاسما در تیمارهای مورداستفاده در مطالعه حاضر، یافته‌های برخی مطالعات که از مکمل‌های حاوی اسیدهای چرب اشباع (Ramirez Ramirez *et al.*, 2015; Vrankovic *et al.*, 2017) و نمک کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع (Gandra *et al.*, 2014) استفاده کرده بودند را تأیید نمود. علاوه براین، به‌نظر می‌رسد مقدار این فراسنجه در طول آزمایش به میزان تولید شیر و مصرف خوراک نیز مربوط باشد (Nydam *et al.*, 2013). ازآنجایی‌که غلظت حاشیه‌ای این فراسنجه برای ابتلا به کتوز تحت درمانگاهی، بیش‌تر یا مساوی ۱/۲ میلی‌مول بر لیتر پلاسما عنوان شده (McCarthy *et al.*, 2015)، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که به جز تیمار شاهد، تیمارهای حاوی مکمل چربی در حاشیه امنیت به‌سر می‌برند (Ranaweera *et al.*, 2020). ظاهراً علت این‌که مقادیر غلظت اسیدهای چرب آزاد خون و بتاهیدروکسی بوتیریک اسید یکدیگر را به‌طور کامل حمایت نمی‌کنند، عدم ارتباط مستقیم و یا ارتباط کم بین این دو فراسنجه باشد (McCarthy *et al.*, 2013; Palmquist & Jenkins, 2017).

جدول ۳. تأثیر نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بر اسیدهای چرب آزاد خون و بتاهیدروکسی بوتیرات (میلی‌مول بر لیتر)

صفات	جیره‌های آزمایشی				SEM	P value		
	شاهد	غیراشباع	اشباع	مخلوط		جیره	زمان	جیره×زمان
اسیدهای چرب استریفیه‌نشده	۰/۷۶[a]	۰/۷۹[a]	۰/۵۴[b]	۰/۵۷[b]	۰/۰۳	<۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۳۶
بتاهیدروکسی بوتیرات	۱/۱۱	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۹۴	۰/۰۸	۰/۴۹	<۰/۰۱	۰/۹۰

a-b: تفاوت اعداد در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول (۴) حاوی نتایج تأثیر استفاده از نمک‌های کلسیمی بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه است. پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از مکمل‌های چربی، pH شکمبه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. غلظت کل اسیدهای چرب فرّار برحسب میلی‌مول بر لیتر، تحت تأثیر جیره‌های حاوی مکمل قرار نگرفت. هم‌چنین، تغییرات معنی‌داری در مقادیر اسیداستیک، اسیدپروپیونیک و اسیدبوتیریک مشاهده نشد.

مصرف مکمل‌های چربی بر pH شکمبه بی‌اثر بود، که هم‌راستا با نتایج مطالعات گذشته بود (Kirovski *et al.*, 2015; Ramirez Ramirez *et al.*, 2015; Renno *et al.*, 2014). به‌نظر می‌رسد، نسبت کنسانتره به علوفه در جیره‌ها، مقادیر استفاده از مکمل‌های چربی و مرحله شیرواری جزو عواملی هستند که بر غلظت اسیدهای چرب فرّار شکمبه تأثیرگذار می‌باشند (Hotger *et al.*, 2013; Piantoni *et al.*, 2013; Vrankovic *et al.*, 2017). با توجه به تشابه مقادیر دیواره سلولی در بین جیره‌های آزمایشی و نیز نحوه خوراک‌دهی در طول آزمایش، عدم تغییر در میزان اسیداستیک در بین تیمارها، همچون یافته‌های دیگران مورد انتظار بود (Piantoni *et al.*, 2013; Vrankovic *et al.*, 2017). گویا، تغییرات ناشی از افزودن مکمل چربی هنگامی اثر خود را نشان خواهند داد که میزان مصرف چربی محافظت شده، پنج درصد (Hotger *et al.*, 2013) یا بیش‌تر باشد و یا از چربی محافظت‌نشده بیش از چهار درصد (Vrankovic *et al.*, 2017) استفاده شده باشد. تولید اسیدپروپیونیک نیز تحت تأثیر استفاده از مکمل‌های چربی قرار نگرفت، پژوهش‌های پیشین (Pavkovych *et al.*, 2015; Vrankovic *et al.*, 2017) نیز این مسأله را تأیید کردند. ممکن است علت عدم مشاهده تغییر تولید اسیدپروپیونیک در بین گروه شاهد و گروه‌های دارای مکمل چربی، به مقادیر مصرف آن‌ها در تیمارها بستگی داشته باشد، چرا که مقادیر بیش‌تر از چهار درصد (براساس ماده خشک)، می‌تواند اثرات بیش‌تری را با تأثیر بر عملکرد میکروباکتری‌ها و فرایند بیوهیدروژناسیون داشته باشد (McCarthy *et al.*, 2015; Palmquist & Jenkins, 2017).

بی‌اثربودن استفاده از مکمل‌های چربی بر غلظت اسید بوتیریک با درنظرگرفتن نتایج مربوط به تغییرات چربی شیر، pH شکمبه و مقادیر اسیدهای چرب فرّار، قابل انتظار بود و با یافته‌های دیگران مطابقت داشت (McCarthy *et al.*, 2015; Rico *et al.*, 2014). مطالعه دیگری نشان داد که مقادیر بالای مصرف مکمل چربی (۹۱۰ گرم در روز) می‌تواند فرایند تخمیر در شکمبه را تحت تأثیر قرار داده و از غلظت اسیدبوتیریک بکاهد (Renno *et al.*, 2014).

جدول ٤. تأثیر نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه

صفات	جیره‌های آزمایشی				SEM	P value
	شاهد	غیراشباع	اشباع	مخلوط		جیره
pH شکمبه	۶/۷۰	۶/۸۸	۶/۵۸	۶/۷۴	۰/۰۶	۰/۳۶
کل اسیدهای چرب فرّار (میلی‌مول بر لیتر)	۱۵۲/۰۶	۱۵۳/۶۵	۱۴۸/۲۳	۱۵۲/۶۱	۶/۲۳	۰/۹۹
اسیداستیک (میلی‌مول بر لیتر)	۱۰۲/۵۷	۱۰۴/۱۳	۹۹/۲۷	۱۰۳/۹۴	۴/۹۲	۰/۹۸
اسیدپروپیونیک (میلی‌مول بر لیتر)	۲۶/۰۰	۲۷/۸۴	۲۵/۵۴	۲۷/۶۰	۰/۵۸	۰/۴۵
اسیدبوتیریک (میلی‌مول بر لیتر)	۱۷/۷۸	۱۷/۰۸	۱۶/۴۷	۱۷/۸۳	۰/۶۸	۰/۹۱

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این آزمایش نشان داد، به‌منظور افزایش غلظت انرژی در جیرهٔ گاوهای هلشتاین تازه‌زا و افزایش عملکرد در ابتدای دوره شیردهی، استفاده از مکمل‌های چربی به‌عنوان یکی از راه‌های پیش رو مطرح می‌باشد. با توجه به وجود انواع مکمل‌های چربی با اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع می‌توان از مخلوط مساوی مکمل‌ها به‌صورت نمک‌های کلسیمی حاوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع، با راندمان بالاتری در تولید گاوهای هلشتاین در محدودهٔ زمانی زایش تا ۲۱ روز پس از آن استفاده نمود. علاوه بر این، در مطالعات آینده، استفاده از ترکیبات با درصدهای مختلف و در مراحل دیگر زندگی گاوهای شیری، مثلاً اواسط و اواخر دوره شیرواری و گوساله‌های شیرخوار، می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

۶. تشکر و قدردانی

از مرکز آموزش‌عالی امام خمینی (ره) به جهت حمایت مالی و اجرایی از پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

Amanlou, H., Farahani, T.A., & Farsuni, N.E. (2017). Effects of rumen undegradable protein supplementation on productive performance and indicators of protein and energy metabolism in Holstein fresh cows. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3628-3640.

De Souza, J., & Lock, A.L. (2018). Long-term palmitic acid supplementation interacts with parity in lactating dairy cows: Production responses, nutrient digestibility, and energy partitioning. Journal of Dairy Science, 101(4):3044-3056.

De Souza J, & Lock A.L. (2019). Effects of timing of palmitic acid supplementation on production responses of early-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 260-273.

Gandra, J.R., Freitas, J., Jose, E., Marurna Filipo, M., Barletta, R.V., Verdurico, L.C., & Renno, F.O.P. (2014). Soybean oil and calcium salts of fatty acids as fat sources for Holstein dairy cows in transition period. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15, 83-93.

Guiling, M., Merrill, C., Kung, L., Gressley, T.F., Harrison, J.H., & Block, E. (2017). Effect of source of supplemental fat in early lactation on productive performance and milk composition. *The Professional Animal Scientist*, 33(6), 680-691.

Hötger, K., Hammon, H.M., Weber, C., Görs, S., Tröscher, A., Bruckmaier, R.M., & Metges, C.C. (2013). Supplementation of conjugated linoleic acid in dairy cows reduces endogenous glucose production during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 2258-2270.

Kirovski, D., Blond, B., Katić, M., Marković, R., & Šefer, D. (2015). Milk yield and composition, body condition, rumen characteristics, and blood metabolites of dairy cows fed diet supplemented with palm oil. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2, 1-5.

Lanier, J.S., & Corl, B.A. (2015). Challenges in enriching milk fat with polyunsaturated fatty acids. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6, 1-9.

Lock, A.L., Preseault, C.L., Rico, J.E., DeLand, K.E., & Allen, M.S. (2013). Feeding a C16:0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *Journal of Dairy Science*, 96, 6650-6659.

McCarthy, M.M., Mann, S., Nydam, D.V., Overton, T.R., & McArt, J.A.A. (2015). Concentrations of nonesterified fatty acids and β-hydroxybutyrate in dairy cows are not well correlated during the transition period. *Journal of dairy Science*, 98, 1-7.

NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Acadmy of Science, Washington, DC. 7th rev. ed.

Nydam, D.V., Ospina, P.A., McArt, J.A., Oetzel, G.R., & Overton, T.R. (2013). Monitoring Negative Energy Balance in Transition Dairy Cows for Herd Results. Tri-state dairy nutrition conference.

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

Pavkovych, S., Vovk, S., & Kruzhel, B. (2015). Protected lipids and fatty acids in cattle feed rations. *Acta Science. Poland Zootechnica*, 14, 3-14.

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, 7143-7154.

Piantoni, P., Lock, A.L., & Allen, M.S. (2015). Saturated fat supplementation interacts with dietary forage neutral detergent fiber content during the immediate postpartum and carryover periods in Holstein cows: Production responses and digestibility of nutrients. *Journal of Dairy Science*, 98, 3309-3322.

Ramirez Ramirez, H.A., Castillo Lopez, E., Harvatine, K.J., & Kononoff, P.J. (2015). Fat and starch as additive risk factors for milk fat depression in dairy diets containing corn dried distillers grains with solubles. *Journal of Dairy Science*, 98, 1903-1914.

Ranaweera, K., Mahipala, M., & Weerasinghe, W. (2020). Influence of rumen bypass fat supplementation during early lactation in tropical crossbred dairy cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 52(3), 1403-1411.

Rennó, F.P., Júnior, J.E.F., Gandra, J.R., Filho, M.M., Verdurico, L.C., Rennó, L.N., Barletta, R.V., & Vilela, F.G. (2014). Effect of unsaturated fatty acid supplementation on digestion, metabolism and nutrient balance in dairy cows during the transition period and early lactation. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43, 212-223.

Rico, D.E., Ying, Y., & Harvatine, K.J. (2014). Effect of a high-palmitic acid fat supplement on milk production and apparent total-tract digestibility in high- and low-milk yield dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97, 3739-3751.

Vrankovic, L., Aladrovic, J., Octenjak, D., Bijelic, D., Cvetnic, L., & Stojevic, Z. (2017). Milk fatty acid composition as an indicator of energy status in Holstein dairy cows. *Archives Animal Breeding*, 60, 205-212.

Wang, X., Li, X., Zhao, C., Hu, P., Chen, H., Liu, Z., Liu, G., & Wang, Z. (2012). Correlation between Composition of the Bacterial Community and Concentration of Volatile Fatty Acids in the Rumen during the Transition Period and Ketosis in Dairy Cows. *Applied and Environmental Microbiology*, 2386-2392.

Warner, C.M., Hahm, S.W., Archibeque, S.L., Wagner, J.J., Engle, T.E., Roman-Muniz, I.N., Woerner, D., Sponsler, M., & Han, H. (2015). A comparison of supplemental calcium soap of palm fatty acids versus tallow in a corn-based finishing diet for feedlot steers. *Journal of Animal Science and Technology*, 57, 25- 33.

Weber, C., Hametner, C., Tuchscherer, A., Losand, B., Kanitz, E., Otten, W., Sauerwein, H., Bruckmaier, R.M., Becker, F., Kanitz, W., & Hammon, H.M. (2013). Hepatic gene expression involved in glucose and lipid metabolism in transition cows: Effects of fat mobilization during early lactation in relation to milk performance and metabolic changes. *Journal of Dairy Science*, 96, 5670-5681.

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