نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد دوم، شماره سوم، ۱۳۹۳
http://ejrr.gau.ac.ir

مقایسه اثرات مصرف روغن ماهی با روغن پالم در دوره انتقال بر ترکیب اسیدهای چرب شیر گاوهای هلشتاین

هدی جواهری بارفروشی[۱،۲]، *آرمین توحیدی[۳]، حسن صادقی‌پناه[۲]، مهدی ژندی[۴]، سعید زین الدینی[۳] و مهدی گنج خانلو[۴]

[۱]دانش‌آموخته دکتری، [۳]دانشیار و [۴]استادیار گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
[۲]استادیار موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۰٤/۱٦؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۰۹

چکیده

به‌دلیل اهمیت چربی شیر از نظر تأمین برخی از اسیدهای چرب خاص در تغذیه انسان، دستکاری پروفیل اسیدهای چرب بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. به منظور مطالعه تاثیر مصرف روغن ماهی و پالم بر پروفیل اسیدهای چرب شیر، تعداد ده راس گاو هلشتاین با حداقل یک‌بار زایش بر اساس تاریخ زایش احتمالی، از شش هفته قبل تا ٦۳ روز پس از زایش به‌طور تصادفی، روغن اشباع پالم یا روغن ماهی را دریافت نمودند. تولید شیر به‌صورت روزانه و ترکیبات شیر به طور هفتگی تعیین شدند. پروفیل اسیدهای چرب چربی شیر با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی تعیین شد. مکمل روغن ماهی موجب کاهش مقدار اسیدهای چرب اشباع در چربی شیر شده (P<۰/۰۵) و میزان اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع آن را افزایش داد (P<۰/۰۵)، اما بر میزان اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع چربی شیر تاثیری نداشت (P>۰/۰۵). نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ چربی شیر تحت تاثیر مکمل روغن ماهی کاهش (P<۰/۰۵) و شاخص سلامت افزایش (P<۰/۰۵) یافتند. هم‌چنین نسبت چربی به پروتئین شیر و نسبت اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع به اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع که با توازن انرژی منفی انرژی در ارتباطند، با مصرف روغن ماهی کاهش

*نویسنده مسئول: atowhidi@ut.ac.ir

یافتند (P<۰/۰۵). نتایج نشان می‌دهند مکمل‌سازی جیره گاوهای شیری با روغن ماهی در دوران خشکی موجب بهبود پروفیل اسیدهای چرب شیر از نظر سلامت مصرف کننده شده و در کنار آن شدت توازن منفی انرژی موجود در اوایل شیردهی را نیز کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: گاو شیری، روغن ماهی، چربی شیر، پروفیل اسیدهای چرب، گازکروماتوگرافی

مقدمه

شیر و فرآورده‌های لبنی تا ۳۰ درصد از کل چربی مصرفی انسان را تامین می‌کنند (کریکویری و همکاران، ۲۰۰۹الف). جدای از اهمیت تغذیه‌ای، چربی شیر، بواسطهٔ تامین برخی از اسیدهای چرب ویژه که دارای آثار مثبتی بر سلامت انسان هستند، نیز حائز اهمیت است. مقدار و ترکیب چربی شیر توسط عوامل ژنتیکی و فیزیولوژیک و هم‌چنین عوامل تغذیه‌ای تغییر می‌کند (برنارد و همکاران، ۲۰۰۵). ترکیب اسید چرب شیر بر کیفیت ارگانولپتیک آن اثر می‌گذارد و نقش مهمی در تبدیل شیر به محصولات لبنی داشته و ممکن است بر سلامت انسان نیز تاثیر داشته باشد (کریکویری و همکاران، ۲۰۰۹ب). امروزه برخلاف گذشته، میزان اسیدهای چرب امگا- ۳ در رژیم غذایی انسان و جیره دام روندی کاهشی داشته و از حالت تعادل ۱:۱ (بین امگا-٦ و امگا-۳) خارج شده است. کشاورزی نوین با وابستگی به جیره‌هایی بر پایهٔ غلات، موجب افزایش در کل اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع امگا-٦، اسید لینولئیک و اسید آراشیدونیک، شده است. به‌طوری‌که در جوامع صنعتی نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ به حدود ۲۰-۱۵ به ۱ افزایش یافته است، که به‌دلیل مغایرت این نسبت با پروفیل ژنتیکی ما، که بر اساس نسبت ۱:۱ استوار شده، می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های مدرن مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان و غیره را شدت بخشیده و لذا تهدیدی جدی برای سلامت جامعه باشد (کانگ، ۲۰۰۵).

عوامل بسیاری بر ترکیب اسیدهای چرب موجود در چربی شیر گاو اثر می‌گذارند که می‌توان آن‌ها را به دو دسته کلی تقسیم نمود: عواملی که منشاء حیوانی دارند، یعنی با ژنتیک حیوان، مرحلهٔ شیردهی، توازن منفی انرژی، ورم پستان و تخمیر شکمبه‌ای در ارتباطند؛ و عوامل محیطی یعنی عواملی که با مصرف فیبر و انرژی، مکمل چربی و اثرات فصل و ناحیه مرتبطند (مانسون، ۲۰۰۸). از بین اثرات وابسته به حیوان، مرحلهٔ شیردهی دارای اهمیت ویژه‌ای است. در اوایل شیردهی، نسبت

اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر که به صورت دنووا[1] ساخته می‌شوند، کم‌تر بوده و با پیشرفت شیردهی، نسبت بیش‌تر این اسیدهای چرب، افزایش می‌یابد؛ در حالی‌که بیش‌تر اسیدهای چرب بلند زنجیر شیر روند معکوسی دارند (سامکوا و همکاران، ۲۰۱۲). اسیدهای چرب شیر دو منشاء دارند: یا به صورت درون‌زادی در غدهٔ پستان ساخته می‌شوند (اسیدهای چرب ٤ تا ١٤ کربنه و نیمی از اسید چرب ١٦ کربنه) و یا از جریان خون سرخرگ پستان برداشت می‌شوند (نیمی از اسید چرب ١٦ کربنه و اسیدهای چرب ١٨ کربنه به بالا) (باومن و گریناری، ۲۰۰۳؛ برنارد و همکاران، ۲۰۱۰). اسیدهای چرب موجود در جریان خون، یا بطور مستقیم از خوراک منشاء می‌گیرند و یا به صورت اسیدهای چرب غیر استریفیه[2] از بافت چربی وارد جریان خون می‌شوند (دوچاسک و همکاران، ۲۰۱۲). پروفیل اسیدهای چرب شیر گاو هم به چربی تغذیه شده و هم به فرآیند بیوهیدروژناسیونی که در شکمبه رخ می‌دهد بستگی دارد (الیس و همکاران، ٢٠٠٦). اثر دستکاری‌های تغذیه‌ای بر مقدار و ترکیب چربی شیر، در مطالعات متعددی با استفاده از تزریق اسیدهای چرب آزاد بلند زنجیر به شیردان (لیترلند و همکاران، ۲۰۰۵؛ درکلی و همکاران، ۲۰۰۷)، تزریق روغن‌های گیاهی به دوازدهه (گاگلیوسترو و چیلیارد، ۱۹۹۱) یا استفاده از مکمل اسیدهای چرب بلند زنجیر به شکل صابون‌های کلسیمی یا آمیدها (جنکینز، ۱۹۹۸) نشان داده شده‌اند. با افزایش مقادیر اسیدهای چرب مفید (اسید لینولئیک مزدوج[3]، اسید واکسینیک و اسیدهای چرب امگا-۳) در جیره و حفظ نسبت مطلوب بین اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-٦ در شیر، ارزش تغذیه‌ای و درمانی فرآورده‌های شیری افزایش خواهند یافت (آلرد و همکاران، ٢٠٠٦؛ باتلر و همکاران، ۲۰۱۱).

امروزه توجه روزافزونی به افزایش مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ بویژه اسید ایکوزاپنتاانوئیک[4] و اسید دوکوزاهگزاانوئیک[5] در گاوهای شیری وجود دارد. یکی از دلایل آن، اهمیت غذاهای کنشی[6] و میل به افزایش میزان اسید ایکوزاپنتاانوئیک و اسید دوکوزاهگزاانوئیک در فرآورده‌های لبنی است. این تغییرات می‌توانند عملکرد حیوان را بهبود بخشند، ارزش غذای کنشی فرآورده‌های لبنی را افزایش

1- *de novo*
2- Non Esterified Fatty Acids (NEFA)
3- Conjugated Linoleic Acid (CLA)
4- Eicosapentaenoic acid (EPA)
5- Docosahexaenoic Acid
6- Functional Foods

دهند و بطور بالقوه آثار سودمندی بر سلامت انسان داشته باشند (کاستاندا-گوتیرز و همکاران، ۲۰۰۷؛ کریکویری و همکاران، ۲۰۰۹b). در آزمایش حاضر، تاثیر افزودن روغن ماهی و روغن اشباع پالم در دوره خشکی، بر پروفیل اسیدهای چرب موجود در چربی شیر و تغییرات آن در طی دو ماه اول شیردهی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، از میان گاوهای موجود در مزرعه آموزشی- پژوهشی علوم دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ده راس گاو هلشتاین که حداقل یک بار زایش داشتند، انتخاب شده و پس از بررسی وضعیت سلامتی، بر اساس شکم زایش و تاریخ احتمالی زایش، به‌طور یکسان به دو گروه پنج راسی تقسیم شدند. آزمایش از شش هفته پیش از تاریخ احتمالی زایش آغاز شده و تا روز ٦٣ شیردهی ادامه یافت. جیره‌های هر دو گروه بر اساس جداول انجمن ملی تحقیقات (۲۰۰۱) گاو شیری، در دو دورهٔ پیش و پس از زایش به گونه‌ای تنظیم شدند که از نظر انرژی و پروتئین یکسان بوده و تنها تفاوت آنها در نوع مکمل چربی دریافتی باشد، تیمارها شامل: ۱) روغن اشباع پالم[1] و ۲) روغن ماهی بودند. جهت تامین روغن ماهی از اپتومگا ۵۰[2] استفاده گردید. این ماده ظاهری خشک و پودری داشته و تنها نیمی از آن را روغن ماهی تشکیل می‌دهد و مابقی آن از ترکیبات حامل تشکیل شده است. ترکیب جیره و ترکیب اسید چرب مکمل‌های چربی در جداول شماره یک و دو ذکر شده‌اند. در کل دوره انجام آزمایش، حیوانات در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شدند. توزین دام‌ها و تعیین امتیاز وضعیت بدنی (وایلدمن و همکاران، ۱۹۸۲) به‌صورت هفتگی انجام شد.

۱- روغن پالم پریل شده ساخت شرکت Ecolex مالزی.

۲- optomega 50 ساخت شرکت Optivite انگلستان.

جدول ۱- ترکیب جیره های آزمایشی و برآورد مواد مغذی آن‌ها برای دو گروه آزمایشی قبل و پس از زایش (بر اساس گرم در کیلوگرم ماده خشک)

	دوره آبستنی		آماده زایش		تازه زا		شیردهی	
ماده خوراکی	روغن پالم	روغن ماهی	روغن پالم	روغن ماهی	روغن پالم	روغن ماهی	روغن پالم	روغن ماهی
یونجه	۷/۷۳	۷/۷۳	۳۲/۱٤	۳۲/۱٤	۲۸/۵۷	۲۸/۵۷	۱۹/٤۸	۱۹/٤۸
ذرت سیلو شده	۳٤/۳٤	۳٤/۳٤	۲۸/۲۱	۲۸/۲۱	۱۵/۸۷	۱۵/۸۷	۲۳/۹۹	۲۳/۹۹
کاه	۳۰/۵۸	۳۰/۵۸	–	–	–	–	–	–
تفاله چغندر	–	–	–	–	٦/۵۷	٦/۵۷	٤/۳۳	٤/۳۳
دانه جو	٦/۹٦	٦/۹٦	۱۱/۹۲	۱۱/۹۲	۱٤/۰۰	۱٤/۰۰	۱٤/٦۱	۱٤/٦۱
دانه ذرت	–	–	٤/۹۵	۵/۹۵	۸/۰۰	۷/۷۵	۵/۲۲	٤/۹٦
کنجاله سویا	–	–	۷/۵۲	۷/۵۲	۱۳/۵۰	۱۳/۵۰	۹/۳۹	۹/۳۹
کنجاله کلزا	٦/۷٤	٦/۷٤	–	–	–	–	–	–
کنجاله پنبه دانه	۵/۰۰	۵/۰۰	–	–	–	–	–	–
گلوتن	–	–	–	–	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۰٤	۱/۰٤
پودر گوشت	–	–	–	–	۰/۵۰	۰/۵۰	۱/۰٤	۱/۰٤
پنبه دانه	–	–	–	–	۳/۷۵	۳/۵۰	۲/٦۱	۲/٦۱
گندم	–	–	۳/۹٦	٤/۳٦	۲/۵۰	۲/۵۰	۵/۲۲	۵/۲۲
کنجاله آفتاب‌گردان	–	–	–	–	–	–	٦/۷۸	٦/۷۸
روغن ماهی اپتامگا-۵۰	–	۰/٦۰	–	۰/۸۰	۲/۰۰	–	۲/۰۸	–
پودر چربی اشباع	۰/۳۰	–	۰/٤۰	–	۱/۰۰	–	–	۱/۰٤
سبوس گندم	٦/٦۹	٦/٦۹	۵/۹٤	٦/۱٤	–	–	۰/۸۹	۰/٦۳
مکمل‌ویتامینی‌و معدنی	۰/۳٦	۰/۳٦	۰/٤۷	۰/٤۷	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۷۳	۰/۷۳
جوش شیرین	–	–	–	–	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۸۳
نمک	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۱
کربنات کلسیم	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/٤۱	۰/٤۱
دی کلسیم فسفات	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱٦	۰/۱٦	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۳۱	۰/۳۱
کلرور آمونیم	–	–	۱/۱۹	۱/۱۹	–	–	–	–
سولفات منیزیم	–	–	۰/۲٤	۰/۲٤	–	–	–	–
زئولیت	۰/۸٦	۰/۵٦	–	–	۰/۹۰	۰/٤۰	۱/۵٦	۱/۰٤
مکمل بیوتین	–	–	–	–	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۸
گلایکولاین	–	–	۱/۱۹	۱/۱۹	۱/۰۰	۱/۰۰	–	–
مایکوسورب	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵

ادامه جدول ۱-

اکسید منیزیم	–	–	–	–	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۷
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ماده مغذی (گرم در کیلوگرم)								
دیواره سلولی بدون همی‌سلولز	۵۲/۵	۵۲/۵	۳۷	۳۷/۲	۳۲/۲	۳۲	۳۱/۸۳	۳۲/۰۳
کربوهیدرات‌های غیر الیافی	۲۲/۸	۲۲/۸	۳۷/۳	۳۷	۳۷/۲	۳۷	۳۶/۹	۳۷
پروتئین خام	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۵	۱۵	۱۷/٤	۱۷/۳	۱۷/۱	۱۷/۲
چربی خام	۲/۹	۲/۹	۳/۱	۳/۱	٤/۱	٤/۱	۳/۹۸	٤/۰۱
انرژی خالص شیردهی[1]	۱/۳	۱/۳	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/٦٤	۱/٦٤	۱/٦۰	۱/٦۰
کلسیم	۰/٤۳	۰/٤۳	۰/۸٤	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۹۱	۰/۹۲
فسفر	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/٤۳	۰/٤٤	۰/٤٤	۰/٤٤	۰/٤۹	۰/۵۰

۱. مگاکالری بر کیلوگرم

در طول آزمایش، خوراک‌دهی در دو نوبت صبح و عصر انجام شده و مقدار خوراک مصرفی و باقی‌ماندهٔ خوراک به طور روزانه ثبت گردید. باقی‌مانده خوراک روز قبل، پیش از خوراک‌دهی روزانه جمع‌آوری و توزین می‌شد. نمونه‌های خوراک و باقی‌ماندهٔ آن به‌طور هفتگی جمع‌آوری شده و جهت تعیین ماده خشک به آزمایشگاه ارسال می‌گردید. پس از زایش، گاوها سه نوبت در روز دوشیده شده و مقدار شیر تولیدی در هر نوبت به‌مدت هشت هفته ثبت گردید. ترکیبات شیر نیز به‌طور هفتگی تعیین شدند. ترکیباتی هم‌چون چربی، پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی شیر با لیزر- فتومتری و شمارش سلول‌های سوماتیک شیر با روش رنگ‌آمیزی دی.ان.ای[1] و شمارش میکروسکوپی انجام شدند (آلرد و همکاران، ۲۰۰٦). با توجه به متغیر بودن شیر تولیدی و ترکیبات آن در هر نوبت، میانگین وزنی ترکیبات شیر نیز محاسبه گردید. به منظور تعیین پروفیل اسیدهای چرب شیر، در دو مرحله یکی چهار روز پس از زایش و دیگری دو ماه پس از زایش، از هر سه نوبت شیردوشی نمونه‌های شیر جمع‌آوری شده و برحسب تولید هر وعده با یکدیگر مخلوط شده و بدون افزودن دی کرومات پتاسیم در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شدند. مراحل کار جهت آماده سازی نمونه‌ها و استخراج چربی بر اساس کار فنگ و همکاران (۲۰۰٤) انجام گردید که

1- DNA

شامل دو مرحله سانتریفوژ با دور بالا است. جهت متیلاسیون از روش ایشی‌هارا و فوکوبایاشی (۲۰۱۰) استفاده شد که جزء روش‌های اسیدی برای متیله کردن محسوب می‌شود. متیل استرهای آماده شده اسیدهای چرب، به دستگاه گازکروماتوگرافی تزریق شده و اسیدهای چرب آن‌ها با استفاده از ستونی به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۳۲ میلی متر جدا شدند. گاز حامل دستگاه، نیتروژن و میزان جریان آن، ۲ میلی‌لیتر در هر دقیقه بود. دمای اینجکتور و دتکتور به‌ترتیب ۲٤۰ و ۲٦۰ درجه سانتی‌گراد و میزان جداسازی[1] ۳۰ بود. دمای آون روی ۱۲۰ درجه سانتیگراد برای ۷ دقیقه تنظیم شد و با سرعت دو درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه افزایش یافت تا به ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد رسید و برای مدت زمان ۱۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد.

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب موجود در روغن پالم و روغن ماهی

اسیدهای چرب عمده	درصد اسیدهای چرب روغن پالم	درصد اسیدهای چرب روغن ماهی
اسید پالمیتیک	۷۱-۷٦	
اسید استئاریک	٤-٦	
اسید اولئیک	۱۳-۱۷	
اسید لینولئیک	۲-٤	٤
اسید لینولنیک		۲
اسید استئاریدونیک		۲
اسید **آراشیدونیک**		۲
اسید ایکوزاپنتا انوئیک		۸-٦
اسید دوکوزاپنتاانوئیک		۳
اسید دوکوزاهگزاانوئیک		۱۱-۹
مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه		٤٥
مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه		۳۳
مجموع اسیدهای چرب اشباع		۲۲

1- Separating rate

نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و با رویه میکس شده برای داده‌های با اندازه‌گیری تکرار شونده[1] آنالیز شدند. مدل آماری استفاده شده جهت آنالیز، مدل کاملاً تصادفی با مدل ریاضی:

$$Yijk = \mu + Ti + A(i)j + Sk + (T \times S)jk + \varepsilon ijk$$

بود. که در آن: Yijk= هر مشاهده از آزمایش؛ μ = میانگین جامعه؛ Ti = اثر تیمار؛ A(i)j = اثرتصادفی حیوان در تیمار؛ Sk= زمان نمونه‌گیری؛ (T×S)jk = اثر متقابل تیمار در زمان نمونه‌گیری و εijk = اثر باقی‌مانده یا خطای آزمایش می‌باشند. در این مدل جیره، زمان نمونه‌گیری و اثرمتقابل آن دو به عنوان اثرات ثابت و گاوها در هر تیمار به عنوان اثرات تصادفی منظور شدند. سطح معنی‌داری (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تغییرات وزن بدن و امتیاز وضعیت بدنی، مصرف ماده خشک، تولید و ترکیبات شیر برای دو گروه آزمایشی در جدول سه آورده شده‌اند. مشاهده می‌گردد که در کل دوره آزمایش، اگرچه تولید شیر تحت تاثیر تیمار اعمال شده قرار نگرفت (P>۰/۰۵)، اما با توجه به نگاره یک، در طول زمان، افزایشی در تولید شیر گروه مصرف کنندهٔ روغن ماهی نسبت به گروه مصرف کنندهٔ روغن پالم دیده شد که این افزایش از هفتهٔ ششم به بعد معنی‌دار گردید (P<۰/۰۵). از بین ترکیبات شیر، درصد و کیلوگرم چربی برای گروه مصرف کنندهٔ روغن ماهی به طور معنی‌داری کاهش یافت. تعداد و امتیاز سلول‌های سوماتیک شیر نیز در گروه مصرف کنندهٔ روغن ماهی نسبت به گروه مصرف کنندهٔ چربی پالم کاهش یافت (به‌ترتیب، P=۰/۰٦ و P<۰/۰۱). پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی شیر تحت تاثیر تیمار آزمایشی قرار نگرفتند. اما نسبت چربی به پروتئین با مصرف روغن ماهی کاهش نشان داد (P<۰/۰۵).

1- Repeated Measurement

جدول ۳- میانگین حداقل مربعات وزن، امتیاز وضعیت بدنی، مصرف ماده خشک، تولید و ترکیب شیر در دو گروه آزمایشی طی هشت هفته پس از زایش.

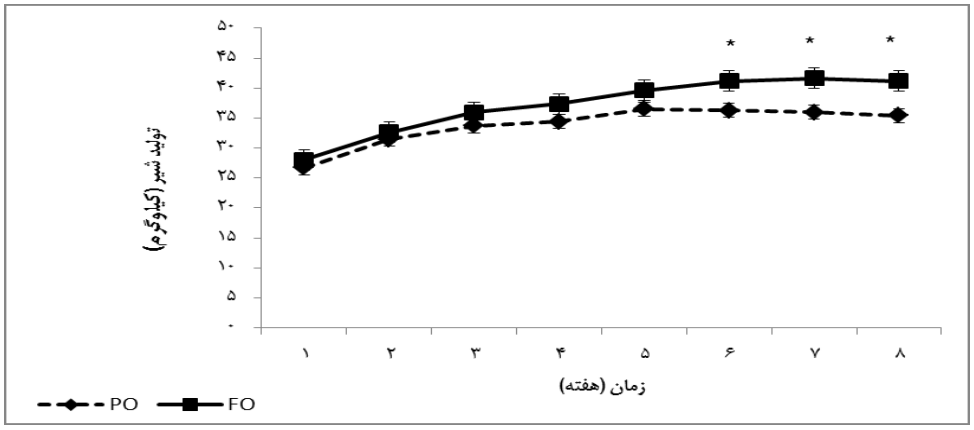
مؤلفه		تیمار		خطای استاندارد	سطح احتمال		
		روغن پالم	روغن ماهی		تیمار	زمان	زمان× تیمار
وزن بدن (کیلوگرم)		۶۰۷/۹۵	۶۲۸/۸۷	۳۱/۰۶	۰/۵۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۶
امتیاز وضعیت بدنی		۲/۹۷	۳/۲۸	۰/۲۰	۰/۸۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۶
مصرف ماده خشک(کیلوگرم)		۲۰/۲۶	۲۲/۴۳	۱/۶۵	۰/۲۳	۰/۰۰۰۹	۰/۸۲
تولید شیر (کیلوگرم در روز)		۳۳/۸۱	۳۷/۱۹	۲/۱۷	۰/۱۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۱
ترکیبات شیر							
چربی	درصد	۳/۷۱	۳/۳۱	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۷
	کیلوگرم	۱/۲۸	۱/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۷
پروتئین	درصد	۳/۱۳	۳/۱۱	۰/۰۹	۰/۷۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵
	کیلوگرم	۱/۰۷	۱/۱۲	۰/۰۸	۰/۵۸	۰/۰۱	۰/۱۰
لاکتوز	درصد	۴/۷۷	۴/۷۵	۰/۰۵	۰/۷۷	۰/۰۰۶	۰/۲۴
	کیلوگرم	۱/۶۵	۱/۷۲	۰/۱۰	۰/۵۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۹
موادبدون‌چربی	درصد	۸/۶۸	۸/۶۵	۰/۱۲	۰/۸۱	۰/۰۱	۰/۳۷
	کیلوگرم	۲/۹۹	۳/۱۳	۰/۱۶	۰/۴۱	۰/۰۰۳	۰/۴۳
کل مواد جامد	درصد	۱۲/۲۷	۱۱/۸۸	۰/۲۸	۰/۲۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۹
	کیلوگرم	۴/۱۹	۴/۲۸	۰/۲۱	۰/۶۸	۰/۰۰۲	۰/۲۱
نسبت چربی به پروتئین		۱/۸۱	۱/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۸
تعداد سلول‌های‌سوماتیک[۱]		۲۲۵/۰۳	۳۹/۷۸	۸۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۸۰	۰/۷۰
امتیاز سلول‌های سوماتیک[۲]		۳/۱۷	۰/۹۶	۰/۶۱	۰/۰۱	۰/۲۰	۰/۲۸

[۱] (میلی‌لیتر/۱۰۰۰× تعداد سلول‌های‌سوماتیک) = تعداد سلول‌های‌سوماتیک

[۲] ۳+ ((۲) لگاریتم ۱۰/(۲۰-(۱۰۰۰/ تعداد سلول‌های‌سوماتیک) ×لگاریتم ۱۰)) = امتیاز سلول‌های‌سوماتیک Ordway et al. (2002).

همانگونه که جدول سه نشان می‌دهد، مصرف روغن ماهی تغییر معنی‌داری در روند تغییرات وزن و امتیاز وضعیت بدنی در دو گروه آزمایشی در طی هشت هفته پس از زایش ایجاد نکرد. مصرف ماده خشک نیز در بین دو گروه آزمایشی تفاوت معنی‌داری نشان نداد، هرچند در کل دوره آزمایش، مقدار

آن برای گروهی که روغن ماهی دریافت نمـوده بودند، به‌لحاظ عددی (حدود ۲ کیلوگرم)، بالاتر از گروه مصرف‌کنندهٔ چربی پالم بود. داده‌های پژوهش حاضر با نتـایج بالو و همکـاران (۲۰۰۹)، باراتـان و همکـاران (۲۰۰۸) و فتاح‌نیا و همکاران (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد که در آن‌ها استفاده از روغن ماهی در جیره تاثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک نداشته و در مواردی حتی موجب افزایش مصرف خوراک (هروی موسوی و همکاران، ۲۰۰۷) گردید، ولی با نتایج ابوغزاله و همکاران (۲۰۰۷) و تورال و همکاران (۲۰۱۰) که کاهش در مصرف ماده خشک را گزارش کرده بودند، در تضاد بود. به این ترتیب برخلاف آن‌چه که به طور معمول انتظار می‌رود مصرف روغن ماهی، نه تنها موجب کاهش مصرف خوراک نشد، بلکه در مقایسه با گروه دریافت کنندهٔ چربی اشباع مصرف ماده خشک را افزایش داد. این نتایج متناقض را می‌توان به عواملی همچون نسبت علوفه به کنسانتره، مقدار و نوع چربی، دفعات خوراک‌دهی و مدت زمان دسترسی حیوان به خوراک در مطالعات مختلف نسبت داد.



شکل ۱- روند تغییرات تولید شیر دو گروه آزمایشی در طی هشت هفته پس از زایش. PO: گروه مصرف‌کننده چربی پالم و FO: گروه مصرف کنندهٔ روغن ماهی. سطح معنی داری (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شده است.

تولید شیر با وجود افزایش سه کیلوگرمی برای گروه دریافت کنندهٔ روغن ماهی در کل دوره، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با گروه دریافت کنندهٔ چربی اشباع نداشت، اما هم‌چنان‌که در نگاره یک به تصویر کشیده شده است، تولید شیر در گروه دریافت کنندهٔ روغن ماهی از هفته ششم تا انتهای دوره آزمایش به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه دریافت کنندهٔ چربی اشباع بود. این نتایج در تایید نتایج

هروی موسوی و همکاران (۲۰۰۷) و کیدی و همکاران (۲۰۰۰) است که با استفاده از روغن ماهی در جیره افزایش تولید شیر را مشاهده نمودند، اما با نتایج حاصل از مطالعهٔ ماتوس و همکاران (۲۰۰۲) و باراتان و همکاران (۲۰۰۸) که در آن‌ها تولید شیر چندان تحت تاثیر تیمار قرار نگرفته، هم‌خوانی ندارد. نسبت علوفه به کنسانتره، مرحلهٔ شیردهی و ترکیب جیره همگی متغیرهایی هستند که می‌توانند بر میزان تولید شیر در پاسخ به افزودن مکمل‌های چربی حاوی امگا-۳ نقش داشته باشند (هروی موسوی و همکاران، ۲۰۰۷).

در میان ترکیبات شیر تنها درصد و کیلوگرم چربی شیر تحت تاثیر مکمل چربی مصرفی قرار گرفت و به طور معنی‌داری در گروه دریافت کنندهٔ روغن ماهی کاهش نشان داد. به‌طور معمول مکمل نمودن جیره با مکمل‌های غنی از اسیدهای چرب چند غیراشباع، موجب کاهش در میزان چربی شیر می‌شود (ویتلاک و همکاران، ۲۰۰۲؛ بوکائرت و همکاران، ۲۰۰۸). ابوغزاله (۲۰۰۸) گزارش کرد که تولید شیر و درصد و میزان تولید چربی و پروتئین شیر تحت تأثیر مکمل چربی (روغن ماهی و آفتاب‌گردان) قرار نگرفت، ولی ترکیب اسیدهای چرب شیر تغییر یافت. کاهش درصد چربی شیر را می‌توان هم به کاهش گوارش‌پذیری دیواره سلولی و هم کاهش سنتز اسیدهای چرب در بافت پستان ارتباط داد. به طور کلی، چربی‌های کپسوله شده، نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب و چربی‌های اشباع تأثیر منفی بر درصد چربی شیر ندارند، اما همزمان با افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع، احتمال کاهش درصد چربی شیر افزایش می‌یابد (انجمن تحقیقات ملی، ۲۰۰۱). هم‌چنین افزایش تشکیل اسیدهای چرب ترانس در پی هیدروژناسیون میکروبی اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه، کاهش درصد چربی شیر را به همراه دارد (باومن ، ۲۰۰۰). اسیدهای چرب ترانس، فعالیت آنزیم‌های درگیر در تولید اسیدهای چرب مانند استیل کوآنزیم-آ کربوکسیلاز[1] و اسید چرب سنتتاز[2] و فراوانی mRNA برای استیل کوآنزیم-آ کربوکسیلاز در بافت پستان را۴۰ تا ۶۰ درصد کاهش دادند که با کاهش ۴۳ درصدی در تولید چربی شیر همراه بود. هم‌چنین، ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسیدلینولئیک مزدوج، چربی شیر و بیان آنزیم‌های درگیر در جذب و انتقال اسیدهای چرب (لیپوپروتئین لیپاز و پروتئین اتصالی به اسیدهای چرب)، آنزیم‌های سازنده اسیدهای چرب (استیل کوآنزیم-آ کربوکسیلاز و اسیدچرب سنتاز)، آنزیم‌های غیراشباع کننده اسیدهای چرب (آمبروز و همکاران، ۲۰۰۶) و آنزیم‌های

1- Acetyl- CoA carboxylase; ACC
2- Fatty acid synthase; FAS

سازنده تری‌گلیسریدها (گلیسرول فسفات آسیل ترانسفراز) را کاهش داد (باومن و گریناری، ۲۰۰۱؛ باومگارد و همکاران، ۲۰۰۲).

تعداد و امتیاز سلول‌های سوماتیک شیر هر دو تحت تاثیر مصرف روغن ماهی کاهش چشم‌گیری نشان دادند (جدول ۳). تعداد سلول‌های سوماتیک به‌عنوان شاخص ورم پستان در نظر گرفته می‌شود و پایین‌تر بودن مقدار آن بطور معمول نشان از سلامت پستان دارد (بوسترا و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش در تعداد سلول‌های سوماتیک شیر در نتیجهٔ مهاجرت سلول‌های التهابی به غدهٔ پستان پدیدار می‌شود (برونو و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات نشان داده‌اند درجهٔ غیراشباع بودن اسیدهای چرب موجود در غشای نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها بر توانایی فاگوسیتوزی آن‌ها تاثیر می‌گذارد. مکمل روغن ماهی علاوه بر تاثیر بر کنش لنفوسیت‌ها، می‌توانند بر جنبه‌های ایمنی ذاتی شامل فاگوسیتوز و انفجار اکسیداتیو[1] نیز اثر بگذارند (بالو و دی پیترز، ۲۰۰۸). بنابراین احتمال می‌رود اسیدهای چرب امگا-۳ موجب افزایش سیالیت غشای نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها شوند که در نتیجهٔ آن حرکت و دیاپدز این سلول‌ها از منافذ مویرگی پستان به سمت نقاطی که مورد هجوم باکتری‌ها قرار گرفته‌اند، تسهیل می‌شود. این امر موجب حذف این عوامل در همان مراحل اولیه تهاجم شده و از تکثیر آنها و گسترش عفونت ممانعت می‌نماید. اما برای روشن شدن اینکه روغن ماهی دقیقاً از طریق چه مکانیسمی قادر به کاهش سلول‌های سوماتیک شیر است، به تحقیقات بیش‌تری نیاز است.

در جداول چهار و پنج پروفیل اسیدهای چرب شیر در دو گروه آزمایشی در کل دوره آزمایش و به تفکیک دوره آورده شده است. ملاحظه می‌گردد که در طول آزمایش مصرف روغن ماهی موجب کاهش معنی‌دار اسیدهای چرب اشباع در چربی شیر گردید ($P<۰/۰۵$)، اما زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر کاهش این اسیدهای چرب اثر معنی‌داری نداشتند ($P>۰/۰۵$). میزان اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع چربی شیر تحت تاثیر نوع مکمل چربی مصرفی قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$)، اما اثر زمان و اثر متقابل تیمار در زمان معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۵$). مقدار اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع چربی شیر با مصرف روغن ماهی افزایش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$)، هرچند اثر زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر این مؤلفه معنی‌دار نشد ($P>۰/۰۵$). نسبت اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع به اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع تحت تاثیر مصرف روغن ماهی کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). اثر

1- Oxidative Burst

زمان برای این کاهش معنی‌دار نشد (P>۰/۰۵)، ولی اثر متقابل تیمار در زمان برای آن معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ نیز تحت تاثیر نوع مکمل چربی مصرفی، کاهش معنی‌داری برای گروه مصرف کنندهٔ روغن ماهی نشان داد (P<۰/۰۰۰۱) ولی اثر زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر این مؤلفه به لحاظ آماری معنی‌دار نبودند (P<۰/۰۵). شاخص سلامت[1] با مصرف روغن ماهی افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۱)، اثر زمان برای آن تمایل به افزایش داشت (P=۰/۰۷)، ولی اثر متقابل تیمار در زمان برای این افزایش معنی‌دار نشد (P>۰/۰۵).

جدول ٤- میانگین حداقل مربعات اسیدهای چرب موجود در چربی شیر دو گروه آزمایشی در کل دوره آزمایش.

اسید چرب	روغن پالم	روغن ماهی	خطای	سطح احتمال		
	گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب		استاندارد	تیمار	زمان	زمان× تیمار
اسید کاپریلیک	۰/۷۱	۰/٦۲	۰/۰۸	۰/۲۸	۰/۰۰۹	۰/۹۳
اسید کاپریک	۱/۷۳	۱/۲۲	۰/۱۳	۰/۰۰٦	۰/۰۲	۰/۹٤
اسید اندسیلیک	۰/۰۸	۰/۰٦	۰/۰۰۷	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/٦۷
اسید لاوریک	۲/۰۰	۱/۵۹	۰/۱٦	۰/۰٤	۰/۰۰۵	۰/۸۹
اسید تریدسیلیک	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۱٦	۰/۰۲	۰/۰۱
اسید میریستیک	۷/۰۷	۵/۰۸	۰/٤۲	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۲٦
اسید میریستولئیک	۰/٤۸	۰/۳۹	۰/۱۰	۰/۳۵	۰/۰۱	۰/۳۱
اسیدپنتادسیلیک	۰/۷۵	۰/٦۱	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۰۵	۰/۸۵
اسیدپنتادسیلولئیک	۰/۲۱	۰/۱٤	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۸۵	۰/۷٦
اسید پالمیتیک	۲٦/۰٦	۲۲/۵۵	۱/٦٤	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۸٦
اسید پالمیتولئیک	۱/۵۱	۱/٦۱	۰/۱۳	۰/٤٦	۰/۰۲	۰/۲۰
اسید مارگاریک	۰/٦٤	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۰۹	۰/۹۳
اسید هپتادسنوئیک	۰/۳۱	۰/۲٦	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/٦۳
اسید استئاریک	۹/۵۵	۷/۹۸	۰/٦٦	۰/۰۵	۰/۰۰۳	۰/٦۳
اسید اولئیک	۱۷/٦۵	۱۷/۵۹	۰/٦۲	۰/۹۲	۰/۱٤	۰/۲۷
اسید لینولئیک	۲/۲۱	۲/۰۳	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۲۱

1. Health Index (HI) = (C16:1+C18:1+C18:2+C18:3) / (C12:0+ (4×C14:0) + C16:0; (Khas- Erdene et al. 2010).

ادامه **جدول ٤-**

اسید گاما لینولنیک	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۷۱	۰/۱۷
اسید لینولنیک	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۳	۰/٦۱
اسید استئاریدونیک	۰/۱۵	۰/۳۱	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/٤۳	۰/۱۲
اسید آراشیدیک	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰٦
اسید گادولئیک	۰/۲۰۵	۰/۱۹۹	/۰۳	۰/۸٦	۰/۰۲	۰/٥٤
اسید ایکوزادی انوئیک	۰/۷۱	۰/٦۱	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۰۰٥	۰/٥۹
اسید ایکوزاتری انوئیک	۰/۱٤	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۸۷	۰/۰٦	۰/۷۱
اسید آراشیدونیک	۰/۱۷	۰/۱٤	۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۱٤	۰/٥٤
اسید ایکوزاپنتاانوئیک	۰/۰٥	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۱۳
اسید هنیکوسیلیک	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰٤	۰/۰۰۰۹	۰/۲۰
اسید بهنیک	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۰٤	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۸
اسید اروسیک	۰/٤۰	۰/٥٦	۰/۰۲	۰/۰۰۰٤	۰/۰۰۰۱	۰/۰٤
اسید دوکوزاهگزاانوئیک	۰/۰۲	۰/٥٥	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
اسید تریکوسیلیک	۳/٤٥	۲/۲۷	۰/٥٥	۰/۰۷	۰/۲٦	۰/۰۰۸
اسید لیگنوسریک	۰/٤۱	۰/٤۱	۰/۰۸	۰/۹٥	۰/۳٤	۰/۰٥
اسید نرونیک	۸/٤۳	۰/۷٥	۰/٤٦	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۰۳
ناشناختهها	۱٤/۰۷	۲۳/۷۰	۱/۹٦	۰/۰۰۲	۰/۹۷	۰/۸۳
اسیدهای چرب:						
اشباع	٥۲/۸۸	٤۳/٤۰	۲/۱٤	۰/۰۰۳	۰/٤٥	۰/٥۸
یک پیوند غیراشباع (۱)	۲۹/۲۰	۲۸/٥۰	۰/۹٤	۰/٤۸	۰/۰۱	۰/۰۰٦
چند پیوند غیراشباع (۲)	۳/۸٤	٤/٤۰	۰/۲۰	۰/۰۳	۰/۲٤	۰/۳٦
نسبت (۱) به (۲)	۷/٦۹	٦/٤۸	۰/٤۲	۰/۰۳	۰/۸۰	۰/۰٤
نسبت امگا-٦ به امگا-۳	٤/۷۸	۱/۸٤	۰/۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/٥۸	۰/۲٥
شاخص سلامت	۰/۳۹	۰/٥۰	۰/۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۷	۰/۸٦

جدول ۵- تغییرات حداقل مربعات اسیدهای چرب چربی شیر دو گروه آزمایشی طی دو ماه

اسید چرب	جیره		جیره		خطای استاندارد	اثر زمان × پالم	اثر زمان× روغن‌ماهی
	روغن پالم۱	روغن ماهی۱	روغن پالم۲	روغن ماهی۲			
	گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب		گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب				
اسید کاپریلیک	۰/۵۸	۰/٤۸	۰/۸٤	۰/۷٦	۰/۱۱	*	*
اسید کاپریک	۱/۳۸	۰/۸۹	۲/۰۷	۱/۵۵	۰/۲٦	ns	ns
اسید اندسیلیک	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۱	ns	ns
اسید لاوریک	۱/٤۵	۱/۰۷	۲/۵٦	۲/۱۱	۰/۳۱	*	*
اسید تریدسیلیک	۰/۱۲^{a}	۰/۰۵^{b}	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۳	ns	**
اسید میریستیک	٦/۰۵	٤/٦۹	۸/۰۹^{a}	۵/٤۸^{b}	۰/٦٦	*	ns
اسید میریستولئیک	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/٦٦	۰/٤۸	۰/۱۲	*	ns
اسیدپنتادسیلیک	۰/٦۰	۰/٤٤	۰/۹۱	۰/۷۹	۰/۱۲	*	*
اسیدپنتادسیلولئیک	۰/۲۰	۰/۱٤	۰/۲۱	۰/۱٤	۰/۰۳	ns	ns
اسید پالمیتیک	۲۵/۰٦	۲۱/۷۷	۲۷/۰٦	۲۳/۳۳	۲/۰۱	ns	ns
اسید پالمیتولئیک	۱/٦۲	۱/۹۰	۱/٤۱	۱/۳۳	۰/۱۸	*	ns
اسید مارگاریک	۰/۷۳	۰/٦٤	۰/۵۵	۰/٤٦	۰/۰۷	*	*
اسید هپتادسنوئیک	۰/۳٦	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۰۵	ns	*
اسید استاریک	۱۰/۸۲	۹/۵۸	۸/۲۸	٦/۳۷	۰/۹٤	*	*
اسید اولئیک	۱۷/۷۹	۱۸/٤۰	۱۸/٤۰	۱٦/۷۸	۰/۸٤	ns	ns
اسید لینولئیک	۲/۲۰	۱/۷۷	۲/۲۲	۲/۲۹	۰/۲٤	ns	ns
اسید گاما لینولنیک	۰/۰۷	۰/۰٦	۰/۰۸^{a}	۰/۰٤^{b}	۰/۰۱	ns	ns
اسید لینولنیک	۰/۲۹^{a}	۰/۳۳^{b}	۰/۳۲^{a}	۰/۳۸^{b}	۰/۰۲	ns	ns
اسید اکتادکاتراانوئیک	۰/۱۷^{a}	۰/۲۸^{b}	۰/۱٤^{a}	۰/۳۵^{b}	۰/۰٤	ns	ns
اسید آراشیدیک	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۳^{a}	۰/۱۹^{b}	۰/۰۲	*	**
اسید گادولئیک	۰/۱۸	۰/۱٦	۰/۲۳	۰/۲٤	۰/۰٤	ns	*
اسید ایکوزادی انوئیک	۰/۸۹	۰/۷۵	۰/۵٤	۰/٤۸	۰/۱۰	*	*
اسید ایکوزاتری انوئیک	۰/۱۳	۰/۱٤	۰/۱٦	۰/۱٦	۰/۰۲	ns	ns
اسید آراشیدونیک	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱٤	۰/۱۳	۰/۰۳	ns	ns
اسید ایکوزاپنتاانوئیک	۰/۰۸^{a}	۰/۲۰^{b}	۰/۰۲^{a}	۰/۱۸^{b}	۰/۰۲	*	ns

ادامه جدول ۵-

اسید هنیکوسیلیک	۰/۰٤	۰/۰۰۸	۰/۱۳^{a}	۰/۰٦^{b}	۰/۰۲	**	*
اسید بهنیک	۰/۱۱	۰/۲٤ ^{a}	۰/۱۱	۰/۱۱ ^{b}	۰/۰۵	ns	*
اسید اروسیک	۰/۰۷^{a}	۰/۱۵^{b}	۰/۷٤^{a}	۰/۹۷^{b}	۰/۰٤	**	**
اسید دوکوزاهگزاانوئیک	۰/۰٤^{a}	۰/۷۵^{b}	۰/۰۰۳^{a}	۰/۳٦^{b}	۰/۰۱	*	**
اسید تریکوسیلیک	٤/۹۷^{a}	۱/۵۱^{b}	۱/۹۳	۳/۰۲	۰/۸٤	**	ns
اسید لیگنوسریک	۰/۵۸	۰/۳۵	۰/۲٤	۰/٤۸	۰/۱۲	*	ns
اسید نرونیک	۸/۵۱	۸/۸۵	۸/۳٤^{a}	٦/٦٤^{b}	۰/٦۱	ns	**
ناشناخته‌ها	۱٤/۲٦^{a}	۲۳/٤٤^{b}	۱۳/۸۹^{a}	۲۳/۹٦^{b}	۲/۷۹	ns	ns
اسیدهای چرب:							
اشباع	۵۲/٦٤^{a}	٤۱/۹۰^{b}	۵۳/۱۲^{a}	٤٤/۹۱^{b}	۳/۰٦	ns	ns
یک پیوند غیراشباع (۱)	۲۹/۰۳	۳۰/۲٤	۲۹/۳۷^{a}	۲٦/۷٦^{b}	۱/۰٦	ns	**
چند پیوند غیراشباع(۲)	٤/۰٦	٤/٤۲	۳/٦۲^{a}	٤/۳۷^{b}	۰/۲۸	ns	ns
نسبت (۱) به (۲)	۷/۲۰	٦/۸۸	۸/۱۸^{a}	٦/۰۸^{b}	۰/۵۵	ns	ns
نسبت امگا-٦ به امگا-۳	٤/۸۷^{a}	۱/٦۱^{b}	٤/۷۰^{a}	۲/۰٦^{b}	۰/٤۱	ns	ns
شاخص سلامت	۰/٤۳	۰/۵۵	۰/۳۵	۰/٤۵	۰/۰۵	ns	ns

^{a} و ^{b} در هر ردیف، حروف نامتشابه نشان دهنده معنی‌داری درسطح نشان داده شده در ستون مقابل است.

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

ملاحظه می‌گردد افزودن مکمل روغن ماهی در پژوهش حاضر، موجب تغییر ترکیب اسیدهای چرب شیر گردید به‌طوری‌که میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (بین ۸ تا ۱۳ کربن) و متوسط زنجیر (بین ١٤ تا ۱۷ کربن) را بطور معنی‌داری کاهش داد. نتایج مشابهی نیز پیش از این، در ارتباط با اثر مصرف مکمل‌های چربی مختلف بر ترکیب چربی شیر ارائه شده‌اند (ویتلاک و همکاران، ۲۰۰۲ و ۲۰۰٦؛ ابوغزاله و هولمز، ۲۰۰۷). وقتی جیره‌های حاوی اسیدهای چرب بلند زنجیر مصرف شوند، یک کاهش ظاهری در سنتز درون‌زادی اسیدهای چرب با کم‌تر از ١٦ کربن در غدهٔ پستان رخ می‌دهد. این امر به دلیل کاهش مصرف مواد آلی قابل تخمیر و در نتیجه کاهش اسیدهای چرب فرار و نسبت پایین‌تر استات/ پروپیونات در شکمبه است که زیست فراهمی استات و ۳- هیدروکسی بوتیرات را برای لیپوژنز پستانی کاهش می‌دهند (چیلیارد و فرلی، ۲۰۰٤). باراتان و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که افزودن روغن‌های غیراشباع به جیره، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مقادیر اسیدهای چرب

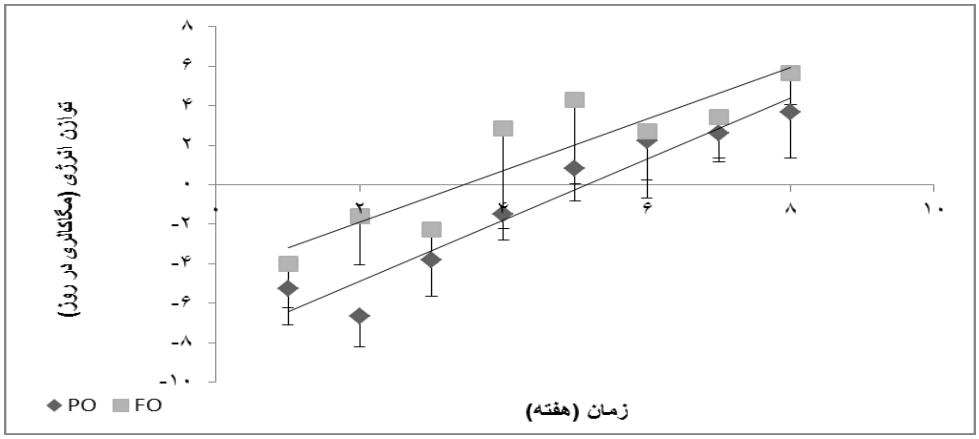
اشباع و غیراشباع چربی شیر به وجود آورد. کیتسا و همکاران (۲۰۰۳) عنوان کردند که استفاده از روغن ماهی تن محافظت شده، بدون تأثیر بر درصد و مقدار چربی و پروتئین شیر، سبب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع در شیر میش‌های دریافت‌کننده مکمل روغن ماهی شده بود. سانزسامپلایو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که گرچه استفاده از مکمل‌های چربی غیراشباع در بزها و گوسفندان شیری سبب تفاوت در میزان انرژی خالص دریافتی نشده ولی سبب افزایش اسیدهای چرب مطلوب شیر گردید. چیلیارد و فرلی (۲۰۰٤) بیان کردند که چریدن بر روی مراتع همانند افزودن مکمل‌های چربی ۱۸ کربنه موجب کاهش میزان اسیدمیریستیک و اسیدپالمیتیک چربی شیر در مقایسه با جیره‌های بر پایه سیلو می‌شود و برعکس استفاده از مکمل‌های چربی غنی از اسیدهای چرب با زنجیره متوسط مانند نمک‌های کلسیمی روغن پالم، محتوای اسیدهای چرب زنجیر کوتاه اشباع را در چربی شیر افزایش می‌دهند که از نظر ارزش تغذیه‌ای شیر به هیچ وجه مطلوب نیست. برخلاف اسیدهای چرب با زنجیرهٔ متوسط، غلظت اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (از ٤ تا ٦ کربن، و تا حد کم‌تری ۸ کربنه) به‌طور کلاسیک یا تغییری نمی‌کنند و یا تنها به میزان جزئی با افزایش میزان مکمل در جیره یا بسیج چربی بدن کاهش می‌یابند. چنین ویژگی احتمالاً بواسطهٔ این حقیقت است که بخشی از این اسیدهای چرب توسط مسیرهای متابولیکی ساخته می‌شوند که به استیل کوآنزیم-آ کربوکسیلاز وابسته نیست (چیلیارد و فرلی، ۲۰۰٤). در مطالعهٔ حاضر نیز با مصرف روغن ماهی، مجموع مقادیر اسیدهای چرب اشباع کاهش و مجموع اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع افزایش یافت که این افزایش به‌ویژه برای اسید ایکوزاپنتاانوئیک و اسید دوکوزاهگزاانوئیک محسوس بود. زمانی که روغن‌های دریایی به جیرهٔ گاو اضافه می‌شوند، با وجود ناچیز بودن اثر بخشی انتقال آن‌ها از جیره به شیر (۲/٦ درصد برای اسید ایکوزاپنتاانوئیک و ٤/۱ درصد برای اسید دوکوزاهگزاانوئیک)، تراوش اسیدهای چرب بلند زنجیر سری امگا-۳ (اسید ایکوزاپنتاانوئیک و اسید دوکوزاهگزاانوئیک) در شیر افزایش می‌یابد. با افزودن روغن ماهی به جیره، محتوای اسید لینولئیک مزدوج شیر نیز بیش‌تر از زمانی که روغن های گیاهی به جیره افزوده می شوند، افزایش می‌یابد. احتمالاً به این دلیل که اسید ایکوزاپنتاانوئیک و اسید دوکوزاهگزاانوئیک، موجب افزایش مقدار اسید چرب ترانس-۱۱ (اسید واکسنیک) در شکمبه، از طریق مهار کاهش تبدیل این اسید چرب به اسید استئاریک، می‌شوند (چیلیارد و فرلی، ۲۰۰٤؛ کروز-هرناندز و همکاران، ۲۰۰۷). نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ در چربی شیر نیز در مطالعهٔ حاضر با مصرف مکمل روغن ماهی کاهش یافت. نسبت امگا-٦ به امگا-۳ شاخص مهمی برای

بیماری‌های قلبی-عروقی به شمار رفته و نشان دهندهٔ رابطهٔ متوازنی بین اسیدهای چرب مورد نیاز برای تامین سلامت قلب و عروق در انسان می‌باشند (آزکنا و همکاران، ۲۰۰۸).

با صنعتی شدن گاوداری‌ها، نسبت علوفهٔ تازه در جیره‌های مرسوم گاو شیری کاهش و در نتیجهٔ آن نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ در جیره از ۰/۵ به ٦ افزایش یافته است. در سال‌های اخیر تلاش‌هایی در جهت افزایش اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع در جیرهٔ گاوهای شیری و فرآورده‌های لبنی به‌منظور بهبود سلامتی و باروری گاو و نیز برای افزایش قابل مشاهدهٔ سلامت فرآورده‌های لبنی صورت پذیرفته است (کریکویری و همکاران، ۲۰۰۹الف). در واقع با مصرف روغن ماهی، ترکیب اسیدهای چرب در چربی شیر به گونه‌ای تغییر می‌کند که از نظر سلامت مصرف کننده حائز اهمیت است؛ چرا که اسیدهای چرب اشباع را در چربی شیر کاهش و اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع را افزایش می‌دهد. این بهبودی را می‌توان علاوه بر نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳، در شاخص سلامت ارائه شده در پایان جداول چهار و پنج نیز ملاحظه نمود. شاخص سلامت در حقیقت مقدار اسیدهای چرب ١٦ تا ١٨ کربنه غیراشباع را نسبت به اسیدهای چرب ١٢، ١٤ و ١٦ کربنهٔ اشباع می‌سنجد. به‌طور معمول چربی شیر حاوی بیش از ٦٠ درصد اسیدهای چرب اشباع، ۲۰ تا ۲۵ درصد اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع، در حدود ۵ درصد اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع و کم‌تر از ۰/۵ درصد اسید چرب امگا-۳ (آلفا- لینولنیک) است (گارنزورثی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین به میزان کم‌تری ترکیباتی دارد که به طور بالقوه دارای ویژگی‌های خاص بر بهبود سلامت انسان هستند، مانند اسید رومنیک (سیس-۹، ترانس-۱۱ C۱۸:۲) که فعال‌ترین ایزومر اسید لینولئیک مزدوج به لحاظ بیولوژیک است. چربی شیر مقادیر بالایی اسید میریستیک و اسید پالمیتیک داشته و ارتباط تنگاتنگی با بروز مشکلات قلبی و عروقی در جوامع انسانی دارد، چرا که یک ارتباط احتمالی بین اسیدهای چرب اشباع متوسط زنجیر ۱۲ تا ١٦ کربنه، کلسترول سرم و ابتلاء به بیماری قلبی وجود دارد (فتاح نیا و همکاران، ۲۰۰۸؛ گومز-کورتس و همکاران، ۲۰۰۹).

به تازگی به چربی شیر به عنوان یک غذای کنشی توجه می‌شود و طراحی چربی شیر به منظور بهبود خواص سلامت و کنشی آن برای مصرف انسانی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. برای نمونه دیده شد که با افزودن دانه کتان اکسترود شده به جیره، پروفیل اسیدهای چرب چربی شیر به‌طور قابل ملاحظه‌ای تاثیر پذیرفته و میزان اسیدهای چرب امگا-۳ (تا ۵ برابر)، اسید رومنیک و اسید واکسنیک (بیش از ۳ برابر) در شیر افزایش یافت. هم‌چنین مقدار اسیدهای چرب اشباع ۱۲ تا ١٦ کربن

که به‌طور بالقوه در انسان مسبب افزایش تراکم کلسترول خون هستند تا ۳۰ درصد کاهش یافت (گونتیر و همکاران، ۲۰۰۵؛ گومز-کورتس و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ با منشاء دریایی نیز در گاوهای شیری بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از مزایای افزودن اسیدهای چرب امگا-۳ به جیره، می‌توان به افزایش مقدار لیپیدهای مطلوب و کاهش نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ در شیر و بافت اشاره کرد (کریکویری و همکاران، ۲۰۰۹ب).



شکل ۲- روند تغییرات توازن انرژی دو گروه آزمایشی در طی هشت هفته پس از زایش. PO: گروه مصرف کننده چربی پالم و FO: گروه مصرف‌کننده روغن ماهی. سطح معنی‌داری (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شده است. محاسبه شده براساس لوور و همکاران (۲۰۰۵).

یکی دیگر از جنبه‌های مطالعهٔ پروفیل اسیدهای چرب شیر که اخیراً مورد توجه قرار گرفته، ارتباط بین توازن منفی انرژی در اوایل شیردهی، نسبت چربی به پروتئین شیر و نسبت اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع به اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع است. پیش از این گفته شد که اسیدهای چرب بلند زنجیر چربی شیر که از جریان خون برداشت می‌شوند یا بطور مستقیم از خوراک منشاء می‌گیرند و یا به‌صورت اسیدهای چرب غیر استریفیه از بافت چربی وارد جریان خون می‌شوند. به این ترتیب در حین توازن منفی انرژی اسیدهای چرب اشباع شیر (به‌ویژه اسید پالمیتیک و اسید استئاریک) افزایش می‌یابند که نشان‌دهندهٔ بسیج ذخایر چربی بدن در این دوران است (دوچاسک و همکاران، ۲۰۱۲؛ سامکوا و همکاران، ۲۰۱۲). هم‌چنین در این دوران نسبت چربی به پروتئین شیر افزایش

می‌یابد که آن هم با بسیج اسیدهای چرب از ذخایر بافت چربی در ارتباط است. در این دوران نسبت اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع به اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع نیز افزایش می‌یابند و در گاوهایی که توازن منفی انرژی شدیدتری را تجربه می‌کنند به بالاتر از ٦/٥ می‌رسد. بنابراین، پیشنهاد شده که نسبت اسیدهای چرب با یک پیوند غیراشباع به اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی شدت توازن منفی انرژی در گاوها پس از زایش باشد (دوچاسک و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج ارائه شده برای این نسبت‌ها در جداول سه، چهار و پنج و هم‌چنین روند توازن انرژی محاسبه شده برای دو گروه (نگاره دو) نیز مطلب فوق را تایید می‌کنند، بطوری‌که گاوهای مصرف کننده روغن ماهی نسبت به گاوهای دریافت کنندهٔ چربی اشباع پالم توازن منفی انرژی خفیف‌تر و کوتاه‌تری را تجربه کردند و حدود دو هفته زودتر از توازن منفی خارج شدند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت استفاده از روغن ماهی در جیره گاوهایی که در دوره خشکی به سر می‌برند، موجب بهبود پروفیل اسید چرب شیر از همان روزهای آغازین شیردهی می‌شود که از نظر سلامت مصرف کننده حائز اهمیت است. اگرچه در ابتدای شیردهی، به طور معمول میزان اسیدهای چرب بلند زنجیر شیر بواسطهٔ بسیج ذخایر چربی بدن بالا و اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر مقدارشان کم‌تر است و با پیشرفت شیردهی مقادیر آن‌ها در جهت عکس تغییر می‌نماید، مصرف روغن ماهی موجب می‌شود تا تغییرات ایجاد شده در این اسیدهای چرب شیب ملایمتری داشته باشد که این خود نشان از شدت کم‌تر توازن منفی انرژی برای این گروه دارد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری جناب آقای دکتر میرهادی و سرکار خانم مهندس برازجانی همکاران مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور در تعیین پروفیل اسیدهای چرب، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abu-Ghazaleh, A.A., Felton, D.O. and Ibrahim, S.A. 2007. Milk conjugated linoleic acid response to fish oil and sun flower oil supplementation to dairy cows managed under two feeding systems. J. Dairy Sci. 90: 4763- 4769.

Abu-Ghazaleh, A.A. and Holmes, L.D. 2007. Diet supplementation with fish oil and sunflower oil to increase conjugated linoleic acid levels in milk fat of partially grazing dairy cows. J. Dairy Sci. 90: 2897-2904.

AbuGhazaleh, A.A. 2008. Effect of fish oil and sunflower oil supplementation on milk conjugated linoleic acid content for grazing dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 141: 220-232.

Allred, S.L., Dhiman, T.R., Brennand, C.P., Khanal, R.C., McMahon, D.J. and Luchini, N.D. 2006. Milk and cheese from cows fed calcium salts of palm and fish oil alone or in combination with soybean products. J. Dairy Sci. 89: 234-248.

Ambrose, D.J., Kastelic, J.P., Corbett, R., Pitney, P.A., Petit, H.V., Small J.A. and Zalkovic. P. 2006. Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in α- linolenic acid. J. Dairy Sci. 89: 3066-3074.

Azcona, J.O., Schang, M.J., Garcia, P.T., Gallinger, C., Ayerza Jr.R. and Coates, W. 2008. Omega-3 enriched broiler meat: The influence of dietary α- linoleic-ω-3 fatty acid sources on growth, performance and meat fatty acid composition. Can. J. Anim. Sci. 88: 257-269.

Ballou, M.A. and DePeters, E.J. 2008. Supplementing milk replacer with omega-3 fatty acids from fish oil on immune competence and health of Jersey calves. J. Dairy Sci. 91: 3488-3500.

Ballou, M.A., Gomes, R.C., Junchem, S.O. and DePeters, E.J. 2009. Effects of dietary supplemental fish oil during the peripartum period on blood metabolites and hepatic fatty acid compositions and total triacylglycerol concentrations of multiparous Holstein cows. J. Dairy Sci. 92: 657-669.

Bauman, D.E., 2000. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homoeorhesis revisited. In Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Ed. PB Cronje. Wallingford: CABI Publishing. Pp: 311–328.

Bauman, D.E. and Griinari, J.M. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. Livest. Prod. Sci. 70: 15- 29.

Bauman, D.E. and Griinari, J.M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. Annu. Rev. Nutri. 23: 203- 227.

Baumgard, L.H., Matitashvili, E., Corl, B.A., Dwyer, D.A. and Bauman, D.E. 2002. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis. J. Dairy Sci. 858: 2155-2163.

Bernard, L., Rouel, J., Leroux, C., Ferlay, A., Faulconnier, Y., Legrand, P. and Chilliard, Y. 2005. Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in Alpine goats fed vegetable lipids. J. Dairy Sci. 88: 1478-1489

Bernard, L., Mouriot, J., Rouel, J., Glasser, F., Capitan, P., Guillot, E.P., Chardigny, J.M. and Chilliard, Y. 2010. Effects of fish oil and starch added to a diet containing sunflower-seed oil on dairy goat performance, milk fatty acid composition and in vivo Δ9-desaturation of [^{13} C] vaccenic acid. Brit. J. Nutri. 104: 346-354.

Bharathan, M., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Gibson, M.L. and Karges, K. 2008. Conjugated linoleic acid increases in milk from cows fed condensed corn distillers solubles and fish oil. J. Dairy Sci., 91: 2796-2807.

Boeckaert, C., Vlaeminck, B., Dijkstra, J., Issa-Zacharia, A., Van Nespen, T., Van Straalen, W. and Fievez, V. 2008. Effect of dietary starch or micro algae supplementation on rumen fermentation and milk fatty acid composition of dairy cows. J. Dairy Sci. 91: 4714-4727.

Bouwstra, R. J., Goselink, R.M.A., Dobbelaar, P., Nielen, M., Newbold, J. R. and Van Werven, T. 2008. The relationship between oxidative damage and vitamin E concentration in blood, milk and liver tissue from vitamin E supplemented and nonsupplemented periparturient heifers. J. Dairy Sci. 91: 977-987.

Bruno, D.R., Rossitto, P.V., Bruno, R.G.S., Blanchard, M.T., Sitt, T., Yeargan, B.V., Smith, W.L., Cullor, J.S. and Stott, J.L. 2010. Differential levels of mRNA transcripts encoding immunologic mediators in mammary gland secretions from dairy cows with subclinical environmental *Streptococci* infections. Vet. Immunol. Immunopath. 138: 15-24.

Butler, G., Stergiadis, S., Seal, C., Eyre, M. and Leifert, C. 2011. Fat composition of organic and conventional retail milk in northeast England. J. Dairy Sci. 94: 24-36.

Carriquiry, M., Weber, W.J. , Dahlen, C.R., Lamb, G.C., Baumgard, L.H. and Crooker, B.A. 2009a. Fatty acid composition of milk from multiparous Holstein cows treated with bovine somatotropin and fed n-3 fatty acids in early lactation. J. Dairy Sci. 92: 4865-4875.

Carriquiry, M., Weber, W.J., Dahlen, C.R., Lamb, G.C., Baumgard, L.H. and Crooker, B.A. 2009b. Production response of multiparous Holstein cows treated with bovine somatotropin and fed diets enriched with n-3 or n-6 fatty acids. J. Dairy Sci. 92: 4852-4864.

Castaneda-Gutierrez, E. 2007. Effect of dietary fatty acids on metabolism and reproductive function of dairy cows. Cornell University. NY, USA. 134p.

Chilliard, Y. and Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. Reprod. Nutr. Dev. 44: 467-492.

Cruz- Hernandez, C., Kramer, J.K.G., Kennelly, J.J., Glimm, D.R., Sorensen, B.M., Okine, E.K., Goonewardene, L.A. and Weselake, R.J. 2007. Evaluating the conjugated linoleic acid and trans 18:1 isomers in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish oil. J. Dairy Sci. 90: 3786-3801.

Drackley, J.K., Overton, T.R., Ortiz-Gonzalez, G., Beaulieu, A.D., Barbano, D.M., Lynch, J.M. and Perkins, E.G. 2007. Responses to increasing amounts of high-oleic sunflower fatty acids infused into the abomasum of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 90: 5165–5175.

Duchacek, J., Vacek, M., Stadnik, L., Beran, J. and Okrouhla, M. 2012. Changes in milk fatty acid composition in relation to indicators of energy balance in Holstein cows. Acta univ. Agric. Et silvic. Mendel. Brun., LX: 29-38.

Ellis, K.A., Innocent, G., Grove-White, D., Cripps, P., McLean, W.G., Howard, C.V. and Mihm, M. 2006. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. J. Dairy Sci. 89: 1938-1950.

Fatahnia, F., Nikkhah, A. and Zamiri, M.J. 2007. Effect of dietary omega-3 and omega-6 fatty acids sources on milk production and composition of Holstein cows in early lactation. Pak. J. Biol. Sci. 10: 575-582.

Fatahnia, F., Nikkhah, A., Zamiri, M.J. and Kahrizi, D. 2008. Effect of dietary fish oil and soybeen oil on milk production and composition of Holstein cows in early lactation. Asian- Aust. J. Anim. Sci. 21: 386-391.

Feng, S., Lock, A.L. and Garnsworthy, P.C. 2004. Technical note: a rapid lipid method for determining fatty acid composition of milk. J. Dairy Sci. 87: 3785-3788.

Gagliostro, G., Chilliard, Y. and Davicco, M.J. 1991. Duodenal rapeseed oil infusion in early and midlactation cows. 3. Plasma hormones and mammary apparent uptake of metabolites. J. Dairy Sci. 74: 1893-1903.

Garnsworthy, P.C., Feng, S., Lock, A.L. and Royal, M.D. 2010. Short communication: Heritability of milk fatty acid composition and stearoyl- CoA desaturase indices in dairy cows. J. Dairy Sci. 93: 1743-1748.

Gomez-Cortes, P., Bach, A., Luna, P., Juarez, M. and dela Fuente, M.A. 2009. Effects of extruded linseed supplementation on n-3 fatty acids and conjugated linoleic acid in milk and cheese from ewes. J. Dairy Sci. 92: 4122-41-34.

Gonthier, C., Mustafa, A.F., Ouellet, D.R., Chouinard, P.Y., Berthiaume, R. and Petit, H.V. 2005. Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. J. Dairy Sci. 88: 748-756.

Heravi Mousavi, A.R., Gilbert, R.O., Overton, T.R., Bauman, D.E. and Butler, W.R. 2007. Effects of feeding fish meal and n-3 fatty acids on milk yield and metabolic responses in early lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 90: 136-144.

Ichihara, K. and Fukubayashi, Y. 2010. Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. J. Lipid Res. 51: 635-640.

Jenkins, T. C. 1998. Fatty acid composition of milk from Holstein cows fed oleamide or canola oil. J. Dairy Sci. 81: 794–800.

Kang, J. X. 2005. From fat to fat-1: A tale of omega-3 fatty acids. J. Membrane Biol. 206: 165-172.

Keady, T.W.J., Mayne, C.S. and Fitzpatrick, D.A. 2000. Effects of supplementation of dairy cattle with fish oil on silage intake, milk yield and milk composition. J. Dairy Res. 67: 137–153.

Khas-Erdene, J., Wang, Q., Bu, D.P., Wang, L., Drackley, J.K., Liu, Q.S., Yang, G., Wei, H.Y. and Zhou, L.Y. 2010. Responses to increasing amounts of free α-linolenic acid infused into the duodenum of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 93: 1677-1684.

Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Simos, G.C., Ashes, J.R., Scott, T.W., Fleck, E. and Wynn, P.C. 2003. Fish oil metabolism in ruminants: III. Transfer of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) from tuna oil into sheep's milk. Anim. Feed Sci. Technol. 108: 1-14.

Litherland, N.B., Thire, S., Beaulieu, A.D., Reynolds, C.K., Benson, J.A. and Drackley, J.K. 2005. Dry matter intake is decreased more by abomasal infusion of unsaturated free fatty acids than by unsaturated triglycerides. J. Dairy Sci. 88: 632–643.

Loor, J.J., Dann, H.M., Everts, R.E., Oliveira, R., Green, C.A., Janovick Guretzky, N.A., Rodriguez- zas, S.L., Lewin, H.A. and Drackley, J.K. 2005. Temporal gene expression profiling of liver from periparturient dairy cows reveal complex adaptive mechanisms in hepatic function. Phsiolog. Genom. 23: 217-226.

Mansson, H.L., 2008. Fatty acids in bovine milk fat. Food nutri. res. DOI:10.3402/fnr.v52i0.1821.

Mattos, R., Staples, C.R., Williams, J., Amorocho, A., McGuire, M.A. and Tatcher, W.W. 2002. Uterine, ovarian, and production responses of lactating dairy cows to increasing dietary concentrations of menhaden fish meal. J. Dairy Sci. 85: 755-764.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. ed. National Academic Science, Washington, DC.

Ordway, R.S., Ishler, V.A. and Varga, G.A. 2002. Effects of sucrose supplementation on dry matter intake, milk yield, and blood metabolites of periparturient Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 85: 879-888.

Samkova, E., Spicka, J., Pesek, M., Pelikanova, T. and Hanus, O. 2012. Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. South African J. Anim. Sci. 42: 83:100.

SanzSampelayo, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph. and Boz, J. 2007. Influence of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. Small Rumin. Res. 68: 42-63.

SAS Institute. 2004. SAS User's guide. Statistics, Version 9.1. 3 editions. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Toral, P.G, Frutos, P., Hervas, G., Gomez-Cortes, P., Juarez, M. and dela Fuente, M.A. 2010. Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alon or in combination with sunflower oil in dairy ewes. J. Dairy Sci. 93: 1604-1615.

Whitlock, L.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Baer, R.J., Ramaswamy, N. and Kasperson, K.M. 2002. Fish oil and extruded soybean fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. J. Dairy Sci. 85: 234-243.

Whitlock, L.A., Schingoethe, D.J., Abu-Ghazaleh, A.A., Hippen, A.R. and Kalscheur, K.F. 2006. Milk production and composition from cows fed small amounts of fish oil with extruded soybean. J. Dairy Sci. 89: 3972-3980.

Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P.E., Boman, R.L., Troutt, H.F. and Lesch, T.N. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. J. Dairy Sci. 65: 495-501.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Ruminant Research, Vol. 2(3), 2014
http://ejrr.gau.ac.ir

Comparison of the effect of feeding fish oil versus palm oil in the transition period on Holstein milk fatty acid profile

H. Javaheri Barfourooshi[1,2], A. Towhidi[*3], H. Sadeghipanah[2], M. Zhandi[4], S. Zeinoaldini[3] and M. Ganjkhanlou[4]

[1]PhD. Graduate, [3]Associate Prof., [4]Assistant Prof., Dept. of Animal Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2]Assistant Prof., Animal Science Research Institute of Iran, Karaj, Iran
Received: 07/07/2014; Accepted: 10/01/2014

Abstract

Because of milk fat importance of providing some special fatty acids in human nutrition, there is increasing attention to the milk fatty acid profile designing. For studying the effect of feeding fish oil and palm oil on milk fatty acid profile, ten multiparous Holstein cows, based on their expected parturition dates, from six weeks before up to 63 days after calving, randomly received palm oil or fish oil. Milk production was measured daily and milk compositions were determined weekly. The milk fatty acid profile was determined by gas-chromatography. Fish oil supplement decreased saturated fatty acid content in milk fat ($P<0.05$) and increased its polyunsaturated fatty acid content ($P<0.05$), but had no effect on monounsaturated fatty acid content in milk fat ($P>0.05$). Milk fat omega-6 to omega-3 fatty acid ratio, decreased ($P<0.05$) and health index increased ($P<0.05$) with inclusion of fish oil in the diet. Likewise, milk fat to protein ratio and monounsaturated to polyunsaturated fatty acid ratio, which has been linked to negative energy balance, were decreased with feeding fish oil ($P<0.05$). These results suggest, that the supplementation of dairy cows diet with fish oil from dry period, could improve the milk fatty acid profile to human health and also alleviate the intensity of negative energy balance in early lactation.

Keywords: Dairy cow, Fish oil, Milk fat, Fatty acid profile, Gas- chromatography[1]

[*]Corresponding author; atowhidi@ut.ac.ir