نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۰۸، پاییز ۱۳۹٤
ص‌ص: ۱۱۳~۱۲۸

اثر روغن ماهی یا چربی اشباع پالم بر وضعیت متابولیکی گاو هلشتاین طی دوره انتقال

- **هدی جواهری بارفروشی**

دانش آموخته دکتری، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و استادیار بخش تحقیقات مدیریت پرورش دام و طیور موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، ایران، کرج.

- **آرمین توحیدی** (نویسنده مسئول)

دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

- **حسن صادقی پناه**

استادیار بخش تحقیقات مدیریت پرورش دام و طیور موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج.

- **مهدی ژندی**

استادیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

- **سعید زین الدینی**

دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

تاریخ دریافت : اردیبهشت ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش : تیر ۱۳۹۳

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۴۰۴۰۸۱

Email: atowhidi@ut.ac.ir

چکیده

هدف از آزمایش حاضر، ارزیابی تاثیر مصرف دو درصد روغن ماهی به عنوان منبع اسیدهای چرب امگا-۳، در مقایسه با دو درصد چربی اشباع پالم در ماده خشک جیره بر وضعیت متابولیکی و توان تولید در ده راس گاو هلشتاین چند شکم‌زا، از ٤٥ روز پیش از زایش تا ٦٠ روز پس از آن بود. تغذیه این مقدار روغن ماهی بر مصرف ماده خشک، تولید و ترکیب شیر تاثیر معنی‌داری نداشت، ولی مقدار و درصد چربی شیر (P<۰/۰۵) و امتیاز سلول‌های سوماتیک شیر را کاهش داد (P<۰/۰۱). در بین فراسنجه‌های خون، غلظت کلسترول تام و آلکالین فسفاتاز سرم تحت تاثیر مصرف روغن ماهی قرار گرفتند (P<۰/۰۵). در کل، با مصرف روغن ماهی وضعیت متابولیکی دام نیز از نظر رویارویی با تعادل منفی انرژی و چالش هیپوکلسمی در حوالی زمان زایش، بهبود یافت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهند که مصرف دو درصد روغن ماهی در جیره در دوره خشکی و اوایل دوره شیردهی، می‌تواند اثرات نامطلوب توازن منفی انرژی در اوایل شیردهی را تخفیف داده و موجب بهبود وضعیت متابولیکی عمومی ماده گاوها در اوائل دوره شیردهی شود.

واژه‌های کلیدی: روغن ماهی، دوره انتقال، تولید و ترکیب شیر، فراسنجه های خونی، گاو شیری

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 108 pp: 113-128

The effect of fish oil or palm fat powder on metabolic status of Holstein dairy cows during transition period

1:Hoda Javaheri Barfourooshi, PhD. Graduate Dept. of Animal Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran and Assistant Prof., Animal Science Research Institute of Iran, Karaj, Iran
2:Armin Towhidi*,Associate Prof., Dept. of Animal Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3:Hasan Sadeghipanah, Assistant Prof., Animal Science Research Institute of Iran, Karaj, Iran
4:Mehdi Zhandi, Assistant Prof., Dept. of Animal Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
5:Saeed Zeinoaldini, Associate Prof., Dept. of Animal Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: April 2014 **Accepted: June 2014**

Objective of this study was to evaluate the effect of consumption of two percent of dry matter fish oil as a source of n-3 fatty acids in comparison with two percent of palm oil on the metabolic status and yield of ten multiparous Holstein dairy cows from 45 days before up to 60 days after parturition. Feeding this amount of fish oil did not induce any significant effects on the dry matter intake, milk production and milk composition, but decreased milk fat yield and percent ($P<0.05$)and somatic cell score ($P<0.01$). Among blood metabolites, only cholesterol and alkaline phosphatase were significantly changed by fish oil consumption ($P<0.05$). Totally, with consuming fish oil, animal metabolic conditions improved to challenge negative energy balance and hypocalcemia around calving time. Results of this study indicate that consumption of two percent of fish oil in the dry period and early lactation could alleviate undesirable effects of negative energy balance, and improve common metabolic condition in early lactating dairy cows.

Key words: fish oil, transition period, milk yield and composition, blood metabolites, dairy cow

مقدمه

پدید آمدن سیستم‌های مدرن و متراکم پرورش دام از یک سو و فشار ناشی از انتخاب دام‌های پرتولید از سوی دیگر موجب گردیده تا دام‌ها ناتوان از رفع احتیاجات متابولیکی ناشی از تولید بالا، مستعد ابتلا به انواع بیماری‌های متابولیکی شوند. طبق تعریف، بیماری متابولیک، بی‌نظمی در هموستاز داخلی بدن است که در اثر تغییرات غیرطبیعی در یک یا چند فرآیند مهم متابولیکی ایجاد می‌گردد (Najarnezhad Mashhadi, 2007). از جمله بیماری‌های متابولیکی شایع که گاوهای شیری پرتولید در دوره انتقال با آن‌ها مواجه می‌شوند، می‌توان به کتوز، برگشتگی شیردان و تب شیر اشاره نمود (Esposito et al. 2014). علت اصلی بر هم خوردن هموستاز طبیعی بدن، به‌ویژه در دوران پس از زایش، وجود دوره‌ای از توازن منفی انرژی (NEB)[1] است که با افزایش اسیدهای چرب غیراستریفیه (NEFA)[2] و اجسام کتونی[3] و کاهش گلوکز خون و مقاومت به انسولین مشخص می‌شود (Grummer and Carroll, 1991). افزایش شدت و طول مدت دوره توازن منفی انرژی در اوایل شیردهی، مانع بروز پتانسیل ژنتیکی واقعی تولید شیر شده و برخی از کنش‌های فیزیولوژیک از جمله ایمنی و تولیدمثل را سرکوب می‌کند (Esposito et al. 2014). از سوی دیگر در حوالی زمان زایش، مکانیسم‌های هموستاتیک بسیار حساسی نسبت به کلسیم در بدن گاو شیری فعال می‌شود. این حساسیت موجب می‌شود تا گسترش تعادل منفی کلسیم که به واسطه خروج مقادیر زیادی کلسیم از طریق شیر در اوج شیردهی پدید می‌آید، به حداقل برسد. بروز هرگونه نقصی در این سازوکارها در حوالی زمان زایش و اوایل شیردهی، می‌تواند منجر به بروز سندرم بالینی هایپوکلسمی و هایپوفسفاتمی شدید به همراه ضعف ماهیچه‌ای، فلجی و حتی مرگ گردد (Yarrington et al. 1977).

اگرچه استخوان قادر است تا سطوح طبیعی کلسیم پلاسما را در

[1] . Negative Energy Balance
[2] . Non esterified fatty acids
[3] . Ketone Bodies

زمان زایش حفظ نماید، اما در ارتباط با اندازه مخزن کلسیم استخوان و این‌که چگونه در حوالی زمان زایش تغییر می‌کند، اطلاعات اندکی در دست است (Beighle, 1999). افزودن مکمل‌های چربی در اوایل دوره شیردهی، از جمله تلاش‌های به‌عمل آمده در جهت مقابله با بروز این ناهنجاری‌های متابولیکی ناشی از تعادل منفی انرژی است. تاثیر جیره‌های غنی از منابع اسیدهای چرب امگا-۳ در اوایل شیردهی بر برخی از جنبه‌های فیزیولوژیکی مانند اثر بر مقاومت به انسولین (Van Knegsel et al, 2007; Bossaert et al, 2008)، اثر بر اجسام کتونی و اسیدهای چرب غیراستریفیه‌ی خون (Pires et al. 2007; Allen et al. 2009)، اثر بر کبد چرب (Andersen et al, 2005; Bossaert et al, 2008)، اثر بر بهبود بازده تولیدمثلی (Galbreath et al, 2008; Garnsworthy et al, 2008) و همچنین تاثیر اسیدهای چرب بلند زنجیر امگا-۳ مانند EPA و DHA بر سلامت استخوان (Kruger et al. 2010؛ Maggio et al. 2009)، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند ولیکن تا آن‌جا که نویسندگان اطلاع دارند، در ارتباط با تاثیر مصرف روغن ماهی غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ بلندزنجیر در دوره پیش از زایش (از اواسط دوره خشکی) و ادامه مصرف آن تا اوج شیردهی، بر سلامت متابولیکی دام مطالعه‌ای انجام نشده است. به همین دلیل، پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر افزودن ۲٪ روغن ماهی به جیره پیش و پس از زایش بر مصرف ماده خشک، تولید و ترکیبات شیر و متابولیت‌های خونی مرتبط با وضعیت متابولیکی گاو هلشتاین طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش کار

در این مطالعه، از ده راس گاو هلشتاین که حداقل یک بار زایش داشتند، استفاده شد. حیوانات پس از بررسی وضعیت سلامتی، بر اساس شکم زایش و تاریخ احتمالی زایش به دو گروه پنج راسی تقسیم شدند. آزمایش از شش هفته پیش از تاریخ احتمالی زایش آغاز و تا روز ۶۳ شیردهی ادامه یافت. جیره‌های هر دو گروه بر اساس نیازمندی‌های گاو شیری NRC 2001 در دو دوره پیش و پس از زایش تنظیم شدند. جیره‌های هر دو گروه ایزوانرژتیک و ایزونیتروژنوس بوده و تنها تفاوت آن‌ها در نوع مکمل چربی دریافتی بود، تیمارها شامل: ۱- دو درصد ماده خشک جیره چربی اشباع پالم[4](PO) و ۲- دو درصد ماده خشک جیره روغن ماهی (FO) بودند. جهت تامین روغن ماهی از اپتومگا ۵۰[5] استفاده گردید. ترکیب جیره در جدول شماره یک ذکر شده است. در کل دوره انجام آزمایش، حیوانات در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شدند. درطول آزمایش، خوراک‌دهی در دو نوبت صبح و عصر انجام شده و مقدار خوراک مصرفی و باقیمانده خوراک به‌طور روزانه ثبت گردید. باقیمانده خوراک روز قبل، پیش از خوراک‌دهی روزانه جمع‌آوری و توزین می‌شد. نمونه‌های خوراک و باقیمانده 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 به مدت هشت هفته ثبت گردید. ترکیبات شیر نیز به‌طور هفتگی تعیین شدند. توزین دام‌ها و تعیین امتیاز وضعیت بدنی (Wildman et al. 1982) به‌صورت هفتگی انجام شد.

خون‌گیری از گاوها در روزهای (۹/۲±۴۲/۲)۴۲ و (۵/۸±۱۸/۱) ۲۱ پیش ازتاریخ احتمالی زایش ، روز زایش و روزهای ۲۱، ۴۲ و ۶۳ پس از زایش، پیش از خوراک صبحگاهی، از طریق سیاهرگ دمی و با استفاده از ونوجکت‌های تحت خلا انجام گردید. نمونه‌های خون در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل شده و پس از لخته شدن، به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتیگراد و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه (g ×۱۰۰۰) سانتریفیوژ شده و سرم حاصله پس از جدا سازی در میکروتیوپ ریخته شده و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد تا زمان آنالیز نگهداری گردیدند. نمونه‌ها با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و بر اساس دستورالعمل کیت مربوطه به روش فتومتریک مورد سنجش واقع شدند. مقادیر گلوکز به روش آنزیمی- کالریمتریGOD-PAP (گلوکز اکسیداز)، اوره به روش آنزیمی- کالریمتری (اوره آز)، تری گلیسرید و کلسترول تام به روش آنزیمی- کالریمتری، SGOT و SGPT به روش اسپکتروفتومتری، کلسیم به روش اسپکتروفتومتری، فسفر با روش فتومتریک بر اساس واکنش

4 مالزی.Ecolex . روغن پالم پریل شده ساخت شرکت

5 انگلستان.Optivite ساخت شرکت optomega 50 .

فسفات با مولیبدات آمونیوم و تشکیل کمپلکس فسفومولیبدات، منیزیم به روش فتومتری، آلکالین فسفاتاز به روشDGKC و کراتینین به روش بیکربنات قلیا (واکنش JAFFE) اندازه‌گیری گردیدند. NEFA و BHBA با استفاده از کیت‌های شرکت Randox کشور انگلستان، با روش کالریمتریک و بر اساس دستورالعمل کیت مربوطه اندازه‌گیری شدند. درصد C.V. محاسبه شده برای گلوکز (۱/۴۳)، اوره (۱/۹۸)، تری گلیسرید (۶/۵)، کراتینین (۱/۸۳)، SGOT (۳/۱۱)، SGPT (۳/۴۴)، کلسیم (۱/۷۲)، فسفر (۱/۲۴)، منیزیم (۲/۵۸)، آلکالین فسفاتاز (۵/۰۷)، NEFA (۵/۵۹) و BHBA (۴/۸۴) بودند. نتایج با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و با رویه MIXED برای داده های با اندازه گیری مکرر آنالیز شدند. مدل آماری استفاده شده جهت آنالیز، مدل کاملاً تصادفی با مدل ریاضی: $Y_{ijk}= \mu+a_i+ t_k+ (at)_{jk}+\varepsilon_{ijk}$ بود. که در آن: Y_{ijk} = هر مشاهده از آزمایش؛ μ = میانگین جامعه؛ a_j = اثر تیمار؛ t_k= زمان نمونه-گیری؛ $(at)_{jk}$ = اثر متقابل تیمار در زمان نمونه‌گیری و ε_{ijk} = 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. شکم زایش به عنوان کوواریت و سطح معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج تولید و ترکیب شیر، ماده خشک مصرفی، وزن، نمره وضعیت بدنی و توازن انرژی در جدول شماره دو نشان داده شده است. تغییرات وزن، امتیاز وضعیت بدنی و مصرف ماده خشک از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). اثر تیمار اعمال شده بر روی تولید شیر دو گروه آزمایشی در کل دوره معنی‌دار نبود، اما همان‌گونه که در شکل یک ملاحظه می‌شود، از هفته ششم به بعد تولید شیر در گروه FO به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نسبت به گروه PO بالاتر بود. از میان ترکیبات شیر تنها درصد و کیلوگرم چربی شیر بود که به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) برای گروه FO کاهش نشان داد. درصد و کیلوگرم پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی شیر تحت تاثیر مکمل چربی ارائه شده قرار نگرفتند ($P>۰/۰۵$). امتیاز سلول‌های سوماتیک شیر ($P<۰/۰۱$) تحت تاثیر مصرف روغن ماهی کاهش نشان داد. همان‌گونه که در شکل دو ملاحظه می‌شود، توازن انرژی برای گروه FO حدود دو هفته زودتر از گروه PO به صورت مثبت درآمد، هر چند به لحاظ آماری اختلاف بین دو گروه در کل دوره معنی‌دار نشد ($P>۰/۰۵$)، اما اختلاف بین دو گروه در هفته چهارم تمایلی به معنی‌داری ($P=۰/۰۶$) نشان داد.

نتایج حاصل از آنالیز بیوشیمایی سرم خون گاوها در جدول شماره سه نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که غلظت کلسترول سرم در قبل از زایش، روز زایش و پس از زایش با مصرف روغن ماهی به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش یافت. غلظت آلکالین فسفاتاز سرم نیز در گروه مصرف کننده روغن ماهی نسبت به گروه مصرف کننده چربی اشباع در قبل از زایش، روز زایش و پس از زایش به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) افزایش نشان داد. اختلاف غلظت گلوکز سرم برای دو گروه FO و PO در دوره قبل از زایش و روز زایش به لحاظ آماری معنی‌دار نشد ($P>۰/۰۵$)، اما همان‌گونه که در شکل سه ملاحظه می‌گردد، از روز ۲۱ پس از زایش، غلظت گلوکز برای گروه FO نسبت به گروه PO تمایل به افزایش داشت ($P=۰/۰۸$) و در روز ۴۲ پس از زایش تفاوت بین دو گروه معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) گردید. اختلاف دو گروه آزمایشی از نظر غلظت کلسیم تنها در قبل از زایش معنی‌دار گردید و در روز زایش و پس از زایش تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). اما همان‌گونه که در شکل چهار ملاحظه می‌گردد، در خونگیری روز۲۱ پیش از تاریخ احتمالی زایش، غلظت کلسیم در گروه FO به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نسبت به گروه PO کاهش نشان داد. تنها در روز زایش اختلاف بین غلظت تری گلیسرید دو گروه معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بود و در قبل و پس از زایش تفاوت معنی‌داری وجود نداشت($P>۰/۰۵$). غلظت فسفر خون در گروه FO تنها در روز زایش تمایل به افزایش داشت ($P=۰/۰۷$) ولی در قبل و پس از زایش تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر غلظت فسفر خون

نداشتند (P>۰/۰۵). غلظت آنزیم کبدیSGOT تحت تاثیر مصرف روغن ماهی، قبل از زایش تمایل به کاهش (P=۰/۰۸) و بعد از زایش کاهش معنی‌داری(P<۰/۰۵) یافت، اما اختلاف بین دو گروه در روز زایش معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). مصرف روغن ماهی موجب تغییر معنی‌دار در غلظت NEFA پس از زایش شد (P<۰/۰۵) اما در غلظت‌های قبل از زایش و روز زایش آن تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد (P>۰/۰۵). غلظتBHBA و غلظت آنزیم کبدی SGPT در سرم، تحت تاثیر مکمل چربی تغییر معنی‌داری نشان ندادند، هرچند مصرف روغن ماهی موجب کاهش عددی غلظت آن‌ها شد (P>۰/۰۵). غلظت ازت اوره‌ای، منیزیم، کراتینین و نسبت کلسیم به کراتینین سرم، بین دو گروه اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (P>۰/۰۵).

بحث

همان‌گونه که از نتایج ارائه شده در جدول شماره دو و شکل یک بر می‌آید، میانگین تولید شیر در کل دوره برای گروه FO حدود سه کیلوگرم بالاتر از گروه PO بود، هرچند این اختلاف در کل دوره به لحاظ آماری معنی‌دار نشد ولیکن از هفته ششم پس از زایش تفاوت بین دو گروه معنی‌دار (P<۰/۰۵) شد. این نتایج در تایید نتایج Keady et al.(2000)، Whitlock et al.(2006) و Heravi Mousavi et al.(2007) است که با استفاده از روغن ماهی در جیره، افزایش تولید شیر را مشاهده نمودند ولیکن با نتایج حاصل از مطالعه Abu-Ghazaleh et al.(2002)، Mattos et al. (2002) و Bharathan et al.(2008) که در آن‌ها تولید شیر چندان تحت تاثیر تیمار قرار نگرفت، همخوانی ندارد. نسبت علوفه به کنسانتره، مرحله شیردهی و ترکیب جیره همگی متغیرهایی هستند که قادرند بر میزان تولید شیر در پاسخ به افزودن مکمل‌های چربی حاوی امگا-۳ نقش داشته باشند. در مطالعه حاضر، با توجه به افزایش مصرف ماده خشک در گروه FO (حدود ۲ کیلوگرم)، شاید بتوان افزایش تولید شیر را به آن ربط داد، اگرچه هنوز در ارتباط با این‌که آیا مصرف خوراک بر تولید شیر اثر می‌گذارد یا این‌که متاثر از آن است، بحث و اختلاف نظر وجود دارد، ولیکن بر اساس تئوری تنظیم انرژی مصرفی، گاوها برای تامین نیازهای انرژی خود غذا می‌خورند و بنابراین می‌توان مصرف خوراک را متاثر از تولید شیر دانست (NRC, 2001). غیر از افزایش مصرف خوراک که می‌تواند موجب افزایش فراهمی گلوکز برای غده پستان، به منظور ساخت لاکتوز و تولید شیر شود، با مصرف روغن ماهی، هم در مصرف گلوکز توسط دیگر بافت‌ها صرفه جویی شده و در نتیجه گلوکز و اسیدهای آمینه بیشتری به سمت غده پستان هدایت می‌شود (Heravi Mousavi et al, 2007) و هم، با هیدرولیز روغن ماهی در شکمبه و بیوهیدروژنه شدن اسیدهای چرب غیراشباع کمتر از ۲۰ کربن، اسیدهای چرب واکنش‌پذیری شکل می‌گیرند که قادرند الگوی تخمیر شکمبه‌ای را به سمت افزایش پروپیونات (نسبت به استات) تغییر دهند. به این ترتیب فراهمی سوبسترهای گلوکوژنیک برای حیوان افزایش می‌یابد (Thomas et al,1997; Heravi Mousavi et al, 2007). با مراجعه به جدول شماره سه و شکل سه نیز مشاهده می‌گردد، غلظت گلوکز خون در گروه FO به لحاظ عددی بالاتر از گروه PO است و اختلاف دو گروه از روز ۲۱ پس از زایش معنی‌دار می‌شود. به این ترتیب، می‌توان گفت که اسیدهای چرب امگا-۳ موجود در روغن ماهی، با حفظ گلوکز خون در حد طبیعی، میزان گلوکونئوژنز کبدی و نیز تجزیه چربی‌های بدن را کاهش می‌دهند. از میان ترکیبات شیر تنها درصد و مقدار چربی شیر بود که به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) تحت تاثیر مصرف اسیدهای چرب چند غیراشباع امگا-۳ قرار گرفت و در گروه FO کاهش نشان داد. به طور معمول مکمل نمودن جیره با مکمل‌های غنی از اسیدهای چرب چند غیراشباع، موجب کاهش در میزان چربی شیر می‌شود (Ramaswamy et al, 2001; Whitlock et al, 2002; Boeckaert et al, 2008). هرچند Abu-Ghazaleh et al.(2003 and 2009) با مصرف روغن ماهی، اثر معنی‌داری بر چربی شیر مشاهده ننمودند. علت کاهش درصد چربی شیر را می‌توان به کاهش میزان

گوارش‌پذیری دیواره سلولی در شکمبه و کاهش استات تولیدی و یا افزایش ساخت ایزومر ترانس-۱۰، سیس-۱۲ اسیدلینولئیک مزدوج[6](CLA) در شکمبه (Fatahnia et al, 2007) نسبت داد، چرا که افزودن منابع اسیدهای چرب بلندزنجیر غیراشباع به جیره گاوهای شیرده، تولید اسیدهای چرب ترانس (مانند CLA و اسید واکسنیک) در شکمبه (Bauman and Griinari, 2001) و در شیر (Weiss et al. 2013) که اثرات سرکوب کنندگی بر تولید چربی شیر دارند را افزایش می‌دهد. از آن‌جا که در پژوهش حاضر، افزایش غلظت گلوکز خون در گروه FO نشان از فراهمی بیشتر سوبستراهای گلوکوژنیک دارد، می‌توان علت احتمالی کاهش چربی شیر در گروه FO را ناشی از تغییر روند تخمیر شکمبه‌ای و افزایش تولید پروپیونات و کاهش تولید استات در شکمبه دانست. تعداد و امتیاز سلول‌های سوماتیک شیر تحت تاثیر مصرف روغن ماهی کاهش چشمگیری نشان دادند که حکایت از تاثیر مثبت مصرف روغن ماهی بر سلامت پستان دارد. در غده پستان شیرده، سیستم ایمنی ذاتی، نقشی حیاتی در تعیین عواقب ابتلا به عفونت‌های پستانی دارد. عملکرد نوتروفیل‌ها که سلول‌های اجرایی کلیدی در پاسخ ایمنی ذاتی به عفونت‌های داخل پستانی به شمار می‌روند، توسط بسیاری از وقایع فیزیولوژیکی که در طی دوره انتقال رخ می‌دهند تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Burvenich et al. 2007). درجه غیراشباع بودن اسیدهای چرب موجود در غشای ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها نیز بر توانایی فاگوسیتوزی آن‌ها تاثیر می‌گذارد (Ballo and DePeter 2008).

این احتمال وجود دارد اسیدهای چرب امگا-۳ با افزایش سیالیت غشای نوتروفیل‌ها، حرکت و دیاپدز این سلول‌ها از منافذ مویرگی پستان به سمت نقاطی که مورد هجوم باکتری‌ها قرار گرفته‌اند را تسهیل نماید. این امر موجب حذف عوامل مهاجم در همان مراحل اولیه تهاجم شده و از تکثیر آن‌ها و گسترش عفونت ممانعت می‌نماید (Wojdak- Maksymiec et al. 2006). اما برای روشن شدن این‌که روغن ماهی دقیقاً از طریق چه مکانیسمی قادر به کاهش سلول‌های سوماتیک شیر است، به تحقیقات بیشتری نیاز است. با توجه به جدول نتایج حاصل از آنالیز بیوشیمایی سرم خون (جدول شماره سه) مشاهده می‌شود که غلظت کلسترول تام سرم با مصرف روغن ماهی به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) کاهش یافت. حداقل ۲۰ درصد از اسیدهای چرب موجود در روغن ماهی به صورت دست نخورده از شکمبه عبور می‌کنند و به همین دلیل انتظار می‌رود که روغن ماهی نسبت به چربی اشباع یا روغن سویا کمتر کلستروژنیک باشد (Thomas et al,1997). گزارش‌های متعددی نیز مبنی بر افزایش غلظت کلسترول خون در اثر مصرف مکمل‌های چربی اشباع وجود دارد (Thomas et al,1997; Hess et al, 2008; Herrera- Camacho et al, 2011). غلظت آلکالین فسفاتاز برای گروه FO افزایش معنی‌داری (P<۰/۰۵) نسبت به گروه PO نشان داد. آلکالین فسفاتاز به عنوان شاخصی برای تشکیل استخوان در نظر گرفته می‌شود (Van Mosel and Corlet, 1990) و روشن شده که مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ موجب افزایش میزان آلکالین فسفاتاز خون می گردد (Watkins et al. 2003) که با نتایج حاصل از پژوهش ما همخوانی دارد. افزایش در میزان آلکالین فسفاتاز سرم که با کاهش غلظت کلسیم سرم خون گاوهای مصرف کننده روغن ماهی قبل از زایش همراه است را شاید بتوان به تشکیل استخوان مرتبط دانست. در مطالعات بسیاری با استفاده از مدل‌های حیوانی و بررسی‌های اپیدمیولوژیکی بر روی انسان، آثار مثبت اسیدهای چرب بلند زنجیر امگا-۳ بر سلامت استخوان و حفظ چگالی مواد معدنی آن به اثبات رسیده است (Yamada et al. 1995؛ Haag et al. 2003؛ Matsushita et al. 2008؛ Bonnet and Ferrari, 2009). این امر که اسیدهای چرب امگا-۳ چند غیراشباع زنجیر بلند و میانجی‌های لیپیدی آن‌ها در تنظیم دامنه گسترده‌ای از فرآیندهای بیولوژیکی از جمله متابولیسم استخوان نقش‌های کلیدی بر عهده دارند، کاملاً اثبات شده است. در بین مکانیسم‌های متعددی که از طریق آن‌ها این اسیدهای چرب بر استخوان تاثیر می‌گذارند، می‌توان به اثر بر

[6] . Conjugated Linoleic Acid

تعادل کلسیم، اثر بر اوستئوبلاستوژنز و فعالیت اوستئوبلاستی، مهار تولید و فعالیت اوستئوکلاست‌ها، تغییر کنش‌های غشاء سلولی، کاهش سایتوکین‌های التهابی (اینترلوکین-۱، اینترلوکین-۶، و TNFα) اشاره نمود (Sun et al. 2003؛ Rahman et al. 2006؛ Kruger et al. 2010). مکانیسم سلولی عملکرد این اسیدهای چرب پیچیده بوده و در بر گیرنده تعدیل متابولیت‌های اسید چرب مانند پروستاگلاندین‌ها، ریسالوین‌ها و پروتکتین‌ها، سایتوکین‌ها و فاکتورهای رشد است (Rahman et al. 2006 ؛ Kruger et al. 2010). در واقع می‌توان چنین پیشنهاد نمود که اسیدهای چرب بلند زنجیر امگا-۳ با تاثیر بر مسیرهای سیگنالینگ درگیر در تشکیل استخوان و تعدیل فعالیت سلول‌های استخوان‌ساز موجب افزایش چگالی مواد معدنی در استخوان‌ها می‌شوند. از مکانیسم‌های احتمالی دیگر که از طریق آن روغن ماهی می‌تواند اثر حفاظتی خود را در برابر افت استخوان اعمال نماید، کاهش دفع کلسیم از طریق ادرار (Baggio et al. 2000؛ Sun et al. 2004) و افزایش جذب کلسیم از روده‌ها است (Hay et al. 1980). هرچند مکانیسم‌های سلولی این آثار بر ممانعت از تجزیه استخوان هنوز به طور کامل روشن نشده‌اند، اما به نظر می‌رسد اسیدهای چرب امگا-۳ با تاثیر بر فعالیت ATPase موجود در غشای قاعده‌ای جانبی انتروسیت‌های دوازدهه موجب افزایش جذب کلسیم در موش‌های آزمایشگاهی بزرگ می‌شوند (Haag and Kruger 2001؛ Sun et al. 2003؛ Haag et al. 2003).

حدود چهار دهه است که متخصصین تغذیه دریافته‌اند بالا بودن کلسیم خون گاو در دوره پیش از زایش برای مدتی طولانی منجر به آتروفی و نیز کاهش فعالیت سلول‌های غدد پاراتیروئید می‌شود بنابراین، در روزهای اول پس از زایش که گاو با یک چالش ناگهانی و شدید افت کلسیم مواجه می‌گردد، به زمان بیشتری برای فعال شدن مسیر تولید پاراتورمون و در پی آن فعال سازی و تولید ۱و ۲۵- دی هیدروکسی کوله کلسفرول نیاز خواهد بود و در نتیجه احتمال ابتلای دام به فلج زایمانی یا همان تب شیر افزایش خواهد یافت (Yarrington et al. 1977؛ Van Mosel and Corlett, 1990؛ Beighle, 1999). با توجه به پایین‌تر بودن غلظت کلسیم سرم در گروه FO نسبت به گروه PO در پیش از زایش و با در نظر گرفتن تاثیر اسیدهای چرب امگا-۳ موجود در روغن ماهی بر تشکیل استخوان (افزایش رسوب مواد معدنی) و ممانعت از برداشت کلسیم از ذخایر کلسیمی بدن (به دلیل مهار فعالیت اوستئوکلاست‌ها)، احتمال می رود غدد پاراتیروئید در گاوهای گروه FO در تحریک مستمر بوده و در حقیقت در یک حالت آماده باش برای مقابله با هر گونه افت ناگهانی میزان کلسیم قرار دارند. هموستاز کلسیم و فسفر یک فرآیند پویاست که در طی آن حیوان، توانایی جذب و برداشت کلسیم و فسفر از استخوان را با آهنگی سریع و مستقل از یکدیگر دارا می‌باشد. در طی دوهفته آخر پیش از زایش، ذخیره فسفر در استخوان افزایش می‌یابد که می‌تواند منجر به کاهش فسفر در خون شود (Beighle, 1999). ولیکن در ارتباط با نقش فسفر در این دوران و مخصوصاً اثر اسیدهای چرب امگا-۳ بر ترن آور آن به تحقیقات بیشتری نیاز است.

اسیدهای چرب غیر استریفیه (NEFA) و بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) خون به ترتیب به منظور پایش توازن منفی انرژی و کتوز تحت بالینی در گله ها مورد ارزیابی قرار می گیرند (Stokol and Nydam, 2006). افزایش اسیدهای چرب غیر استریفیه و کتون ها و کاهش گلوکز و انسولین خون در آغاز شیردهی در گاوهای شیری، مشخصه معمول توازن منفی انرژی است. در این دوره گاوهایی که میزان اسیدهای چرب غیر استریفیه خونشان بالا باشد بیشتر در معرض ابتلا به کبد چرب قرار دارند. تامین مکمل-های حاوی گلوکز یا پیش سازهای گلوکز و یا تغییر متابولیسم حیوان در جهت صرفه جویی گلوکز خون، همگی می‌توانند اثرات مفیدی بر غلظت کتون‌های خون و نیز مقدار تری‌گلیسرید کبدی داشته باشند (Grummer and Carroll, 1991). چنانچه از نتایج ارائه شده در جدول سه بر می آید، مصرف روغن ماهی موجب کاهش معنی دار غلظت NEFA پس از زایش

گردید. سازوکار دقیق این کاهش ملایم در غلظت NEFAی خون گاوهایی که مکمل چربی دریافت نموده‌اند هنوز مشخص نشده و بعید به‌نظر می‌رسد که تنها به دلیل بهبود وضعیت انرژی در حیوان باشد. کبد، اسیدهای چرب غیر استریفیه را به تناسب غلظت آن در خون برداشت می‌کند.

در کبد، این اسیدهای چرب یا به طور کامل اکسیده می‌شوند، یا به طور جزئی به کتون‌ها اکسیده می‌شوند و یا مجدداً در سلول‌های کبدی استریفیه شده و به تری‌گلیسرید تبدیل می‌شوند. بسیج شدید ذخایر چربی، موجب تجمع تری‌گلیسرید در کبد خواهد گردید که گلوکونئوژنز و اوره‌ژنز را در گاو کاهش داده و حیوان را مستعد ابتلا به سایر اختلالات متابولیکی می‌نماید (Brickner et al, 2009). همچنین تجمع تری‌گلیسرید در کبد به‌طور غیرمستقیم ساخت گلوکز را مهار می‌نماید (Drackley, 1999). علاوه بر تمام موارد فوق، به واسطه تجمع بیش از حد تری‌گلیسرید در سلول‌های کبدی، کنش طبیعی این سلول‌ها نیز مختل می‌شود. افزایش بیش از حد حجم سلول‌های کبدی در نتیجه ذخیره بیش از اندازه چربی، می‌تواند موجب آسیب دیدن غشای سلول و پارگی آن و در نتیجه افزایش غلظت SGOT و SGPT در خون شود. این دو آنزیم، گلوتامیک اگزالواستات ترانس آمیناز سرم (SGOT) و گلوتامیک پیرووات ترانس آمیناز سرم (SGPT)، آنزیم‌های درون سلولی موجود در کبد، ماهیچه، و سلول‌های با فعالیت متابولیکی بالا هستند که در پی جراحت یا مرگ سلولی به جریان خون آزاد می‌شوند (Archer, 2005). تغییر در غلظت پلاسمایی این ترکیبات نشان از تغییر در متابولیسم و فعالیت کبدی این آنزیم‌ها به واسطه آسیب‌های کبدی دارد. همان‌گونه که در جدول سه نیز قابل مشاهده است مصرف روغن ماهی درمقایسه با مصرف چربی اشباع، موجب کاهش معنی‌دار غلظت SGOT پس از زایش گردید و غلظت SGPT را نیز به‌طور غیرمعنی‌داری کاهش داد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می توان گفت که مصرف روغن ماهی در دوره انتقال در گاو شیری می تواند با کاهش خروج انرژی از بدن از طریق کاهش چربی شیر، از شدت توازن منفی انرژی در اوایل دوره شیردهی بکاهد. همچنین مصرف منابع غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ همانند روغن ماهی در دوران پیش از زایش قادرند با افزایش چگالی مواد معدنی در استخوان‌های متراکم و کاهش غلظت کلسیم و فسفر خون به واسطه رسوب آن‌ها در استخوان و نیز افزایش نیازهای بدن دام در اواخر آبستنی و اوایل دوره شیردهی، موجب فعال نگاه داشتن مکانیسم‌های جبرانی در طی دوران پیش از زایش به‌طور مستمر جهت مقابله سریع و کارآمد با چالش ناگهانی و شدید کلسیم و فسفر در حوالی زمان زایش شده و در نتیجه در پیشگیری از تب شیر مؤثر باشند. به این ترتیب، پیشنهاد می‌شود چنانچه مصرف روغن ماهی در سطح دو درصد ماده خشک در جیره پیش از زایش آغاز گردد، با انطباق تدریجی محیط شکمبه با آن هم از افت مصرف خوراک ممانعت خواهد شد و هم می‌توان از آثار سودمند بیولوژیکی اسیدهای چرب امگا-۳ بلند زنجیر موجود در روغن ماهی (EPA و DHA) در بهبود وضعیت متابولیکی و توان تولید دام بهره برد. به این ترتیب دام علاوه بر حفظ تولید شیر در حد مطلوب، چالش‌های متعدد موجود در حوالی زمان زایش را با وضعیت متابولیکی مناسب‌تری پشت سر خواهد گذاشت.

جدول۱- ترکیب جیره های آزمایشی برای دو گروه آزمایشی قبل و پس از زایش

	آماده زایش		تازه زا		شیردهی	
ماده خوراکی	PO	FO	PO	FO	PO	FO
یونجه	۳۱/۰۴	۳۱/۰۴	۲۷/۰۷	۲۷/۰۷	۱۹/۴۹	۱۹/۴۹
ذرت سیلو شده	۲۶/۸۲	۲۶/۸۲	۱۵/۰۴	۱۵/۰۴	۲۳/۹۹	۲۳/۹۹
تفاله چغندر	–	–	۶/۳۱	۶/۳۱	۴/۳۳	۴/۳۳
دانه جو	۱۲/۶۴	۱۲/۶۴	۱۴/۷۴	۱۴/۷۴	۱۴/۶۱	۱۴/۶۱
دانه ذرت	۶/۳۲	۵/۲۷	۸/۴۲	۸/۱۷	۵/۲۲	۴/۹۶
کنجاله سویا	۸/۰۱	۸/۰۱	۱۴/۲۱	۱۴/۲۱	۹/۳۹	۹/۳۹
گلوتن	–	–	۱/۵۸	۱/۵۸	۱/۰۴	۱/۰۴
پودر گوشت	–	–	۰/۵۳	۰/۵۳	۱/۰۴	۱/۰۴
پنبه دانه	–	–	۳/۹۵	۳/۶۸	۲/۶۱	۲/۶۱
گندم	۴/۲۲	۴/۶۳	۲/۶۲	۲/۶۲	۵/۲۲	۵/۲۲
کنجاله آفتابگردان	–	–	–	–	۶/۷۸	۶/۷۸
روغن ماهی اپتو مگا-۵۰	–	۰/۸۴	–	۲/۱۰	–	۲/۰۸
پودر چربی اشباع	۰/۴۲	–	۱/۰۵	–	۱/۰۴	–
سبوس گندم	۶/۳۲	۶/۵۴	–	–	۰/۸۹	۰/۶۳
مکمل ویتامینی و معدنی	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۷۳	۰/۷۳
جوش شیرین	–	–	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۳
نمک	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۲۱
کربنات کلسیم	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۴۱
دی کلسیم فسفات	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۳۱	۰/۳۱
کلرور آمونیم	۱/۲۶	۱/۲۶	–	–	–	–
سولفات منیزیم	۰/۲۶	۰/۲۶	–	–	–	–
زئولیت	–	–	۰/۹۵	۰/۴۲	۱/۵۶	۱/۰۴
مکمل بیوتین	–	–	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
گلایکولاین	۱/۲۶	۱/۲۶	۱/۰۵	۱/۰۵	–	–
مایکوسورب	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۵
اکسید منیزیم	–	–	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۷
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (درصد)	۳۷	۳۷/۲	۳۲/۲	۳۲	۳۱/۸۳	۳۲/۰۳
کربوهیدرات‌های غیر الیافی (درصد)	۳۷/۳	۳۷	۳۷/۲	۳۷	۳۶/۹	۳۷
پروتئین خام (درصد)	۱۵	۱۵	۱۷/۴	۱۷/۳	۱۷/۱	۱۷/۲
چربی خام (درصد)	۳/۱	۳/۱	۴/۱	۴/۱	۳/۹۸	۴/۰۱
انرژی خالص شیردهی (مگا کالری بر کیلوگرم)	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۶۴	۱/۶۴	۱/۶۰	۱/۶۰
کلسیم (درصد)	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۹۱	۰/۹۲
فسفر (درصد)	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۵۰

جدول ۲- میانگین حداقل مربعات وزن بدن، امتیاز وضعیت بدنی، ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیب شیر و توازن انرژی در دو گروه دریافت کننده چربی پالم و روغن ماهی در طی هشت هفته پس از زایش.

	PO	FO	P value	SEM
وزن بدن(کیلوگرم)	۶۰۷/۹۵	۶۲۸/۸۷	۰/۵۴	۳۱/۰۶
امتیاز وضعیت بدنی(BCS)	۲/۹۷	۳/۲۸	۰/۸۳	۰/۲۰
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز)	۲۰/۲۶	۲۲/۴۳	۰/۲۳	۱/۶۵
تولید شیر (کیلوگرم در روز)	۳۳/۸۱	۳۷/۱۹	۰/۱۸	۲/۱۷
تولید شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی (FCM) (کیلوگرم در روز)[1]	۳۴/۹۷	۳۵/۰۳	۰/۹۷	۱/۵۲
درصد چربی شیر	۳/۷۱	۳/۳۱	۰/۰۴	۰/۱۵
کیلوگرم چربی شیر	۱/۲۸	۱/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۵
درصد پروتئین شیر	۳/۱۳	۳/۱۱	۰/۷۵	۰/۰۹
کیلوگرم پروتئین شیر	۱/۰۷	۱/۱۲	۰/۵۸	۰/۰۸
درصد لاکتوز شیر	۴/۷۷	۴/۷۵	۰/۷۷	۰/۰۵
کیلوگرم لاکتوز شیر	۱/۶۵	۱/۷۲	۰/۵۰	۰/۱۰
درصد مواد بدون چربی شیر	۹/۷۵	۱۰/۲۷	۰/۴۹	۰/۷۱
کیلوگرم مواد بدون چربی شیر	۲/۹۹	۳/۱۳	۰/۴۱	۰/۱۶
درصد کل مواد جامد شیر	۱۱/۱۹	۱۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۸۹
کیلوگرم کل مواد جامد شیر	۴/۱۹	۴/۲۸	۰/۶۸	۰/۲۱
تعداد سلول‌های سوماتیک(SCC× 1000/ml)	۲۲۵/۰۳	۳۹/۷۸	۰/۰۶	۸۰/۱۶
امتیاز سلول‌های سوماتیک (SCS)[2]	۳/۱۷	۰/۹۶	۰/۰۱	۰/۶۱

1. FCM= (0.4318 × Kg milk) + (16.23× Kg fat), Erdman (2011).
2. Somatic Cell Score: SCS = ((LOG10× (SCC/1000)-20)/LOG10 (2)) +3, Ordway et al. (2002).

PO: گروه دریافت کننده چربی اشباع پالم؛ FO: گروه دریافت کننده روغن ماهی. سطح معنی داری (P<۰/۰۵)

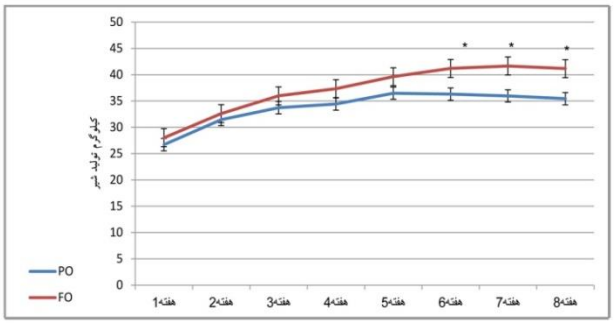
جدول۳- مجموع میانگین حداقل مربعات غلظت فراسنجه های خونی در دو گروه دریافت کننده چربی اشباع پالم و روغن ماهی.

شاخص‌های خونی	PO	FO	P value	SEM
گلوکز(mg/dl)				
قبل از زایش	۵۸/۷۰	۵۸/۹۰	۰/۹۴	۱/۹۱
زایش	۶۸/۶۰	۶۹/۴۰	۰/۶۴	۳/۲۰
پس از زایش	۵۶/۴۷	۶۲/۱۳	۰/۰۹	۲/۲۸
ازت اوره ای خون(mg/dl)				
قبل از زایش	۱۹/۲۶	۱۷/۰۸	۰/۲۳	۱/۲۴
زایش	۱۹/۷۶	۱۹/۷۰	۰/۹۷	۱/۲۵
پس از زایش	۱۸/۰۶	۱۸/۶۷	۰/۶۶	۰/۹۹
تری گلیسرید(mg/dl)				
قبل از زایش	۹۶/۸۰	۹۸/۵۷	۰/۵۲	۱/۸۹
زایش	۸۹/۷۹	۹۴/۱۸	۰/۰۴	۱/۳۲
پس از زایش	۸۹/۵۰	۸۹/۲۲	۰/۸۶	۱/۱۲
کلسترول تام(mg/dl)				
قبل از زایش	۱۱۷/۳۱	۱۰۰/۵۴	۰/۰۶	۵/۹۸
زایش	۸۸/۸۷	۸۰/۱۲	۰/۰۴	۲/۶۳
پس از زایش	۱۵۷/۹۰	۱۱۹/۸۵	<۰/۰۱	۸/۲۸
کلسیم(mg/dl)				
قبل از زایش	۹/۵۷	۸/۵۷	۰/۰۲	۰/۲۴
زایش	۶/۶۶	۶/۹۵	۰/۸۲	۰/۸۸
پس از زایش	۹/۱۴	۸/۹۸	۰/۵۵	۰/۱۸
فسفر(mg/dl)				
قبل از زایش	۵/۳۳	۵/۰۴	۰/۳۳	۰/۱۹
زایش	۴/۵۲	۵/۲۶	۰/۰۷	۰/۲۴
پس از زایش	۴/۹۰	۵/۱۱	۰/۴۳	۰/۱۸
منیزیم(mg/dl)				
قبل از زایش	۲/۱۱	۲/۴۹	۰/۲۸	۰/۲۴
زایش	۲/۱۴	۲/۰۶	۰/۸۹	۰/۴۱
پس از زایش	۲/۳۲	۲/۱۹	۰/۱۴	۰/۰۵
آلکالین فسفاتاز(iu/lit)				
قبل از زایش	۲۶/۶۰	۴۳/۲۰	۰/۰۲	۴/۴۱
زایش	۲۶/۰۰	۵۲/۶۰	<۰/۰۱	۳/۸۲
پس از زایش	۳۴/۵۳	۶۲/۳۳	<۰/۰۱	۵/۳۳

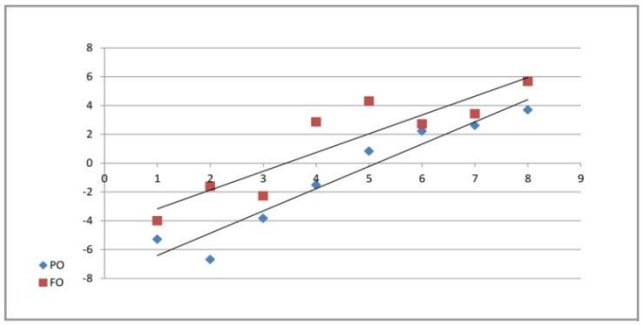
ادامه جدول ۳

کراتینین (mg/dl)				
قبل از زایش	۱/۲۹	۱/۲۸	۰/۸۵	۰/۰۴
زایش	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۰۰	۰/۰۷
پس از زایش	۰/۹۴	۰/۹۴	۱/۰۰	۰/۰۲
کلسیم/ کراتینین				
قبل از زایش	۶/۸۵	۶/۹۴	۰/۸۹	۰/۴۳
زایش	۵/۳۵	۵/۴۴	۰/۹۴	۰/۸۶
پس از زایش	۹/۷۷	۹/۵۷	۰/۵۹	۰/۲۵
SGOT (iu/lit)				
قبل از زایش	۴۸/۲۰	۴۱/۰۰	۰/۰۸	۲/۷۷
زایش	۶۲/۸۰	۵۱/۶۰	۰/۲۸	۶/۸۶
پس از زایش	۷۰/۸۰	۵۹/۵۳	<۰/۰۱	۲/۷۱
SGPT (iu/lit)				
قبل از زایش	۲۰/۱۰	۱۶/۱۰	۰/۱۶	۱/۹۲
زایش	۱۶/۴۰	۱۵/۴۰	۰/۷۸	۲/۵۳
پس از زایش	۲۴/۹۳	۲۰/۹۳	۰/۱۰	۱/۷۰
NEFA (mmol/lit)				
قبل از زایش	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۶۸	۰/۰۵
زایش	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۹۶	۰/۱۲
پس از زایش	۰/۴۶	۰/۲۹	۰/۰۴	۰/۰۵
BHBA (mmol/lit)				
قبل از زایش	۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۰۶
زایش	۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۱۸
پس از زایش	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۷۸	۰/۰۸

PO: گروه دریافت کننده چربی اشباع پالم؛ FO: گروه دریافت کننده روغن ماهی. سطح معنی داری (P<۰/۰۵)

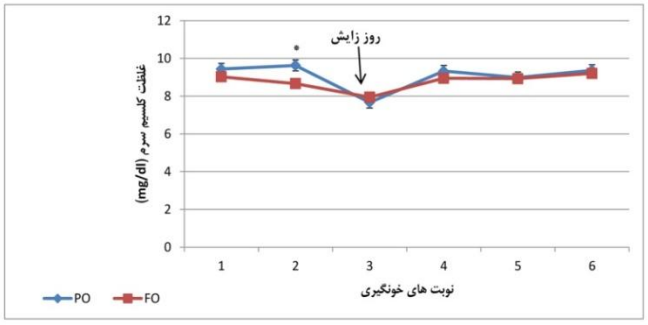


شکل۱-روند تولید شیر در دو گروه آزمایشی در طی هشت هفته پس از زایش. PO: گروه دریافت کننده چربی اشباع پالم؛ FO: گروه دریافت کننده روغن ماهی. * سطح معنی داری (P<۰/۰۵)



شکل۲- توازن انرژی محاسبه شده برای دو گروه آزمایشی در طی هشت هفته پس از زایش بر اساس فرمول EB =NEI - (NEM + NE (LAC برگرفته از Loor et al. (2005). PO: گروه دریافت کننده چربی اشباع پالم؛ FO: گروه دریافت کننده روغن ماهی. اعداد ۱ تا ۸ نمایانگر هفته های پس از زایش هستند. سطح معنی داری (P<۰/۰۵).

شکل ۳- نمودار تغییرات غلظت گلوکز سرم در طی شش نوبت خونگیری. گروه دریافت کننده چربی اشباع پالم؛ FO: گروه دریافت کننده روغن ماهی. اعداد ۱ تا ۶ به ترتیب نمایانگر خونگیری در زمان های ۴۲ و ۲۱ روز پیش از زایش احتمالی، روز زایش، ۲۱، ۴۲ و ۶۳ روز پس از زایش هستند. ** سطح معنی داری (P<۰/۰۱).



شکل ۴- نمودار تغییرات غلظت کلسیم سرم در طی شش نوبت خونگیری. گروه دریافت کننده چربی اشباع پالم؛ FO: گروه دریافت کننده روغن ماهی. اعداد ۱ تا ۶ به ترتیب نمایانگر خونگیری در زمان های ۴۲ و ۲۱ روز پیش از زایش احتمالی، روز زایش، ۲۱، ۴۲ و ۶۳ روز پس از زایش هستند. * سطح معنی داری (P<۰/۰۵).

منابع

Abu-Ghazaleh, A.A., Schingoethe, D.J. Hippen, A.R., Kalscheur, K.F. and Whitlock, L.A. (2002). Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. *Journal of Dairy Science*. 85: 2266-2276.

Abu-Ghazaleh, A. A., Schingoethe, D. J., Hippen, A. R. and Kalscheur, K. F. (2003). CLA and vaccenic acid in rumen, plasma and milk of cows fed fish oil and fats differing in saturation of 18 carbon fatty acids. *Journal of Dairy Science*. 86: 3648-3660.

Abu-Ghazaleh, A.A., Potu, R. B. and Ibrahim, S. (2009). Short communication: The effect of substituting fish oil in dairy cow diets with docosahexaenoic acid-micro algae on milk composition and fatty acids profile. *Journal of Dairy Science*. 92: 6156-6159.

Allen, M., Bradford, B. and Oba, M. (2009).The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science*. 87: 3317-3334.

Andersen, J. B., Madsen, T. G., Larsen, T., Ingvartsen, K. L., and Nielsen, M. O. (2005).The effects of dry period versus continuous lactation on metabolic status performance in periparturient cows. *Journal of Dairy Science*. 88 ,3530-3541.

Archer, G. S. (2005). Reducing stress in sheep by feeding the seaweed Ascophyllum Nodosum.Doctora thesis. Texas university, USA.

Baggio, B., Budakovic, A., Nassuato, M. A., Vezzoli, G., Manzato, E., Luisetto, G. et al. (2000). Plasma phospholipid arachidonic acid content and calcium metabolism in idiopathic calcium nephrolithiasis. *Kidney International*. 58:1278-1284.

Ballo, M.A., and DePeters, E.J. (2008). Supplementing milk replacer with omega-3 fatty acids from fish oil on immunocompetence and health of Jersey

calves. *Journal of Dairy Science*. 91: 3488-3500.

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

Beighle. D.E. (1999). The effect of gestation and lactation on bone calcium, phosphorus and magnesium in dairy cows.Journal of the *South African Veterinary Association*. 70: 142-146.

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. Journal of Dairy Science, 91: 2796-2807.

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

Bonnet, N.R., and Ferrari, S. (2009). A long-term diet enriched in omega-3 fatty acids improves cortical bone structure and mechanical properties in mice. New Frontiers in Skeletal Research: Bone, Fat, and Brain Connections; Abstract #M47, Bethesda, MD, April 27-28, 2009.

Bossaert, P., Leroy, J.L. M.R., De Vliegher, S. and Opsomer, G. (2008). Interrelations between glucose- induced insulin response, metabolic indicators, and time of first ovulation in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91: 3363-3371.

Brickner, A.E., Pires, J.A.A., Gressley, T. F. and Grummer, R.R. (2009). Effects of abomasal lipid infusion on liver triglyceride accumulation and adipose lipolysis during fatty liver induction in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92: 4954-4961.

Burvenich, C., Bannerman, D.D. Lippolis, J. D. Peelman, L. Nonnecke, B. J. Kehrli Jr., M.E. et al. (2007). Cumulative physiological events influence the inflammatory response of the bovine udder to Escherichia coli infections during the transition period. *Journal of Dairy Science*. 90, E39- E54.

Drackley, J. K. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier. Journal of Dairy Science, 82: 2259-2273.

Erdman, R. A. (2011). Benchmark Dairy Feed Efficiency. *Feedstuffs*. 82: 16-19.

Esposito, G. Irons, P.C. Webb, E.C. and Chapwanya, A. (2014). Interaction between negative energy balance, metabolic disease, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 144: 60-71.

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. *Pakistanian Journal of Biological Science*. 10: 575-582.

Galbreath, C.W., Scholljegerdes, E.J. Lardy, G.P. Odde, K.G. Wilson, M.E. Schroeder, et al. (2008). Effect of feeding flax or linseed meal on progesterone clearance rate in ovariectomized ewes. *Domestic Animal Endocrinology*. 35:164-169.

Garnsworthy, P.C., Gong, J.G. Armstrong, D.G. Newbold, J. R. Marsden, M. Richards, et al. (2008). Nutrition, metabolism, and fertility in dairy cows: 3. Amino acids and ovarian function. *Journal of Dairy Science* . 91: 4190-4197.

Grummer, R.R. and Carroll, D.J. (1991). Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 69: 3838-3852.

Hay, A.W., Hassam, A.G. Crawford, M.A. Stevens, P.A., Mawer, E.B. and Sutherland Jones, F. (1980). Essential fatty acid restriction inhibits vitamin D- dependent calcium absorption. *Lipids*. 15: 251-254.

Haag, M. and Kruger, M.C. (2001). Upregulation of duodenal calcium absorption by poly-unsaturated fatty acids: events at basolateral membrane. *Medical hypothesis*. 56:637-640.

Haag, M., Magada, O.N. Claassern, N. Bohmer, L.H. and Kruger, M.C. (2003). Omega-3 fatty acids modulate ATPase

involved in duodenal Ca absorption. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 68: 423-429.

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. Journal of Dairy Science, 90, 136-144.

Herrera-Camacho, J., Soberano-Martinez, A. Duran, K.E.O. Aguilar- Perez, C. and Ku-Vera, J.C. (2011). Effect of fatty acids on reproductive performance of ruminants. M. Manafi (Ed.). Veterinary Medicine Science.Chapter 13. Artificial insemination in farm animals. ISBN 978-953-307-312-5.

Hess, B.W. Moss, G.E. and Rule, D.C. (2008). A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep.Journal of Animal Science, 86, E188-E204.

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. Journal of Dairy Research, 67,137–153.

Kruger, M.C., Coetzee, M. Haag, M. and Weiler, H. (2010). Long- chain polyunsaturated fatty acids: selected mechanisms of action on bone. *Progress in Lipid Research*. 49: 438-449.

Loor, J.J., Dann, H.M., Everts, R.E., Oliveira, R., Green, C.A., Janovick Guretzky, N.A. et al. (2005). Temporal gene expression profiling of liver from periparturient dairy cows reveal complex adaptive mechanisms in hepatic function. *Phsiological Genomics.* 23: 217-226

Maggio, M., Antoni, A. Lauretani, F. Borghi, L. Nouvenne, A. Valenti, G. et al. (2009).The impact of omega-3 fatty acids on osteoporosis. *Current Pharmaceutical Design*. 15: 4157-4164.

Matsushita, H., Barrio, J.A. Shea, J.E. and Miller, S.C. (2008). Dietary fish oil results in a greater bone mass and bone formation indices in aged ovariectomized rats. Journal of Bone and Mineral Metabolism. 26, 241-247.

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. *Journal of Dairy Science*. 85: 755-764.

Najarnezhad Mashhadi, V. (2007).Calcium, phosphorus, magnesium and metabolic disease.Partu Vagheae and Daneshnegar, Tehran, Iran.

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. *Journal of Dairy Science*. 85 :79-888.

Pires, J.A.A. Souza, A. and Grummer, R.R. (2007). Induction of hyperlipidemia by intravenous infusion of tallow emulsion causes insulin resistance in Holstein cows. *Journal of Dairy Science.* 90: 2735-2744.

Rahman M. Bhattacharya, A. and Fernandes, G. (2006). Conjugated linoleic acid inhibits osteoclast differentiation of RAW264.7 cells by modulating RANKL signaling. *Journal of Lipid Research*. 47: 1739-1748.

Ramaswamy, N., Baer, R.J. Schingoethe, D.J. Hippen, A.R. Kasperson, K. M. and Whitlock, L.A. (2001). Composition and flavor of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans or their combination. *Journal of Dairy Science*. 84: 2144-2151.

Stokol, T. and Nydam, D.V. (2006). Effect of hemolysis on nonesterified fatty acid and β-hydroxybutyrate concentrations in bovine blood. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 18: 466-469.

Sun, D., Krishnan, A. Zaman, K. Lawrence, R. Bhattacharya, A. and Fernandes, G. (2003). Dietary n-3 fatty acids decrease osteoclastogenesis and loss of bone mass in ovariectomized mice. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 18:1206-1216.

Sun, L., Tamaki, H., Ishimaru, T. Teruya, T., Ohta, Y. Katsuyama, N. et al. (2004).

Inhibition of osteoporosis due to restricted food intake by the fish oil DHA and EPA and perilla oil in the rat. *Bioscience, Biotechnoogy and Biochemistry*. 68: 2613-2615.

Thomas, M.G., Bao, B. and Williams, G.L. (1997). Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *Journal of Dairy Science*. 75: 2512-2519.

Van Knegsel, A., Van den Brand, H. Dijkstra, J. Van Straalen, W. Heetkamp, M. Tamminga, S. et al. (2007). Dietary energy source in dairy cows in early lactation: energy partitioning and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 90:1467-1476.

Van Mosel, M., and Corlett, S.C. (1990). Assessment of bone turnover in the dry period of dairy cows by measurement of plasma bone GLA protein, total plasma alkaline phosphatase activity and urinary hydroxyproline. *Experimental Physiology*. 75: 827-837.

Watkins, B. A., Li, Y. Lippman, H.E. and Feng, S. (2003). Modulatory effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids on osteoblast function and bone metabolism. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 68: 387-398.

Weiss, W. P., Shoemaker, D. E. McBeth, L. R. and St-Pierre, N. R. (2013). Effects on lactating dairy cows of oscillating dietary concentrations of unsaturated and total long-chain fatty acids. *Journal of Dairy Science.* 96: 506-514.

Whitlock, L A., Schingoethe, D.J. Hippen, A.R. Kalscheur, K.F. Baer, R.J. Ramaswamy, N. et al. (2002). Fish oil and extruded soybean fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. *Journal of Dairy Science*. 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. *Journal of Dairy Science.* 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. *Journal of Dairy Science.* 65, 495-501.

Wojdak- Maksymiec, K., Kmiec, M. and Ziemak, J. (2006). Associations between bovine lactoferrin gene polymorphism and somatic cell count in milk. *Veterinarni Medicina.* 51: 14-20.

Yamada, Y., Fushimi, H. Inoue, T. Matsuyama, Y. Kameyama, M. Minami, et al. (1995). Effect of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on diabetic osteopenia. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 30: 37-42.

Yarrington, J. T., Capen, C.C. Black, H. E. and Richard, R. E. (1977). Effects of low calcium prepartal diet on calcium homeostatic mechanisms in the cow: Morphologic and biochemical studies. *Journal of Nutrition*. 107: 2244-2256..