Iranian Journal of Animal Science
Vol 51, No 4, Winter 2021 (337-347)
DOI: 10.22059/ijas.2021.304972.653785

علوم دامی ایران
دورۀ ۵۱، شمارۀ ۴، زمستان ۱۳۹۹ (ص ۳۴۷-۳۳۷)

اثر افزودن قند محلول و نمک کلسیمی روغن ماهی به جیره بر عملکرد رشد و ترکیب اسیدهای چرب گوشت در گوساله‌های نر پرواری هلشتاین

محمد جواد خلیفه[۱]، محسن ساری[۲*] و مهدی دهقان بنادکی[۳]
۱ و ۲. دانشجوی دکتری تغذیۀ دام و دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران
۳. استاد، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/٤/۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۲)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر افزودن ساکارز به جیره با و بدون نمک کلسیمی اسیدهای چرب روغن ماهی بر عملکرد، ترکیب شیمیایی گوشت و الگوی اسیدهای چرب لاشه در گوساله‌های نر هلشتاین انجام شد. تعداد ۳٦ راس گوساله با میانگین وزنی ۵۷±۲٦۹ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با چینش فاکتوریل ۲×۲ به مدت ۱۲۸ روز و با جیره‌های آزمایشی شامل ۱- کنترل، ۲- جیره حاوی ۵ درصد ساکارز، ۳- جیره حاوی ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی و ٤- جیره حاوی ۵ درصد ساکارز و ۲/۵ درصد کلسیمی روغن ماهی تغذیه شدند. افزودن ساکارز به جیره‌ها افزایش وزن روزانه گوساله‌ها را بهبود بخشید (P<۰/۰۱). برهمکنش ساکارز و روغن ماهی بر ماده خشک مصرفی (P<۰/۰۵) و مقدار ماده خشک گوشت معنی‌دار بود (P=۰/۰۵). استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی، افزایش غلظت اسید واکسینیک و سیس-۹ ترانس-۱۱ اسید لینولئیک (CLA) در عضله چشمی گوساله‌ها را در پی داشت (P<۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب n-3 PUFA در گوشت افزایش یافت و همین امر سبب کاهش نسبت اسیدهای چرب n-6/n-3 و افزایش ذخیره داخل ماهیچه‌ای اسیدهای چرب امگا-۳ (ایکوزاپنتاانوئیک اسید و دکوزاهگزاانوئیک اسید) شد (P=۰/۰۰۱). به‌طور کلی نتایج نشان داد استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی همراه با ساکارز سبب افزایش مصرف ماده خشک و بهبود افزایش وزن روزانه در گوساله‌های پرواری می‌شود. همچنین مصرف نمک کلسیمی روغن ماهی افزایش غلظت اسیدهای چرب n-۳ و همچنین اسید واکسینیک و CLA در ماهیچه راسته گوساله‌ها شد که به معنی بهبود کیفیت و ارزش تغذیه‌ای گوشت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب امگا-۳، ساکارز، عضله چشمی، کبد، گوساله پرواری.

Effects of adding dietary soluble sugar and calcium salts of fish oil on growth performance and profile of meat fatty acids of Holstein steers

Mohammad-Javad Khalifeh[1], Mohsen Sari[2*] and Mehdi Dehghan Banadaky[3]
1, 2. Ph. D. Candidate and Associate Professor, Animal Science Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran.
2. Professor, Animal Science Department, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Jun. 23, 2020 - Accepted: Feb. 10, 2021)

ABSTRACT

This experiment was conducted to study the effects of including sucrose, with or without calcium salts of fish oil on performance, carcase characteristics and meat fatty acids profile of fattening Holstein steers. Thirty sixth Holstein steers (269±57 kg body weight) were used in a completely randomized design with a 2×2 factorial arrangement during 128 days of experimental period. Dietary treatments were 1) control, 2) sucrose (SU) (5% DM), 3) calcium salts of fish oil (CF) (2.5% DM), 4) SU and CF. Average daily gain increased with added SU (P<0.01). An interaction between SU and Ca-FO was found on dry matter intake (DMI) (P<0.05) and dry matter content of longissimus dorsi muscle (LM) (P<0.05). Dietary inclusion of Ca-FO increased the concentration of vaccinec acid and CLA in longissimus dorsi (P=0.03). Total PUFA n-3 increased in longissimus dorsi and subsequently decreased n-6: n-3 ratio and increases intramuscular storage of EPA & DHA fatty acids (P=0.01). The results of this study showed addition SU and Ca-FO could have stimulatory effect on dry matter intake and avrage daily gain in fattening steers. Also Ca-FO increased concentration of n-3 fatty acids, vaccinec and CLA acids which means improving meat quality and nutritional valus.

Keywords: Fattening steers, liver, longissimus dorsi, omega-3 fatty acid, sucrose.

* Corresponding author E-mail: m.sari@asnrukn.ac.ir

مقدمه

گوشت قرمز یک منبع مهم مواد مغذی از اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب می‌باشد که می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر سلامت انسان داشته باشد (Bessa *et al*., 2005). تغذیه مهمترین عاملی است که می‌تواند اسیدهای چرب گوشت را تحت تأثیر قرار دهد (Wolf *et al*., 2018). تغییر در ترکیب اسیدهای چرب گوشت به‌منظور تولید گوشتی با مقادیر کمتر اسیدهای چرب اشباع و سطوح بالاتر اسیدهای چرب بلند زنجیر با چند پیوند دوگانه، موضوعی است که می‌تواند سلامت افرادی که به‌طور پیوسته از گوشت قرمز استفاده می‌کنند را تحت تأثیر قرار دهد (Ponnampalam *et al.,* 2015). به دلیل سودمندی قابل توجه اسیدهای چرب بلند زنجیر امگا-۳، روغن ماهی از جمله منابعی است که پیوسته در مطالعات تغذیه‌ای مورد توجه بوده است.

گزارش شده است که لیپولیز و زیست‌هیدروژنه شدن اسیدهای چرب ایکوزاپنتاانوئیک اسید (EPA; C20:5n-3) و دکوزاهگزاانوئیک اسید (DHA; C22:6n-3) با افزایش عرضه روغن ماهی در مقایسه با روغن سویا، کاهش می‌یابد که این خود به افزایش جریان دئودنومی این اسیدهای چرب و افزایش امکان ذخیره‌شدن آنها در محصولات نشخوارکنندگان منتهی می‌شود. علاوه براین، اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه، به‌ویژه DHA موجود در روغن ماهی نه‌تنها به مقدار بیشتری از زیست‌هیدروژنه شدن شکمبه‌ای فرار می‌کنند بلکه با ممانعت از آخرین مرحله از زیست‌هیدروژنه شدن دیگر اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (تبدیل واکسینیک اسید به اسید استئاریک)، مقدار واکسینیک اسید و سیس-۹ ترانس ۱۱ CLA رسیده به روده کوچک را افزایش می‌دهند. با این‌حال به‌دلیل قدرت بالای شکمبه در اشباع سازی اسیدهای چرب غیراشباع از یک‌سو و اثر منفی اسیدهای چرب غیراشباع موجود در روغن ماهی بر قابلیت هضم الیاف و تخمیر شکمبه از سوی دیگر ، استفاده از فرم محافظت‌شده شکمبه‌ای آنها که بخش عمده اسیدهای چرب را به‌صورت دست‌نخورده از شکمبه عبور می‌دهد در صنعت مرسوم‌تر است (Kitessa *et al.,* 2001).

کاهش مصرف خوراک یکی از مشکلات معمول مکمل‌کردن جیره‌ها با سطح بالای روغن ماهی است (Wistuba *et al*., 2006). گزارش شده است که الگوی کربوهیدرات جیره و pH شکمبه می‌توانند پاسخ عملکردی حیوان به مکمل چربی و نیز زیست‌هیدروژنه‌شدن شکمبه‌ای را تحت تأثیر قرار دهند (Pirondini *et al*., 2015; AbuGhazaleh & Jenkins, 2004). پیشنهاد شده است به‌دلیل حساسیت باکتری‌های سلولایتیک به شرایط اسیدی، pH شکمبه برای حداکثرشدن تولید اسید رومینیک، بالای ۶ حفظ شود (Martin & Jenkins, 2002). نشان داده شده است که تغییر مسیر طبیعی بیوهیدروژناسیون در زمانی که نشخوارکنندگان با جیره حاوی کنسانتره بالا و فیبر پایین تغذیه می‌شوند، همزمان با کاهش pH شکمبه رخ می‌دهد (Griinari & Bauma, 1999).

استفاده از جیره‌هایی با نشاسته بالا در مناطق خشک و نیمه خشک که با کمبود علوفه مواجه هستند در انتهای دوره پروار، رویه‌ای معمول است. جیره‌هایی با نشاسته بالا به‌ویژه در صورتی که منبع تامین نشاسته از دانه جو باشد می‌تواند موجب بروز ناهنجاری‌های گوارشی مرتبط با افت pH شکمبه در حیوانات پرواری شود. قندها، کربوهیدرات‌های محلول در آب بوده که به سادگی در شکمبه تخمیر می‌شوند. با وجود تأثیر منفی کربوهیدرات‌های سریع تخمیر بر pH شکمبه، قندها در غلظت مناسب، نه تنها سبب کاهش pH شکمبه نمی‌شوند، بلکه می‌توانند متعادل نمودن pH شکمبه و حتی افزایش آن را به دنبال داشته باشند. این تغییرات ناشی از تغییر در جمعیت میکروبی شکمبه عنوان شده است، به‌گونه‌ای که افزایش ثبات محیط شکمبه با بالاتربودن pH و کاهش پروپیونات، سبب تحریک عملکرد گونه‌های تخمیرکننده فیبر و افزایش قابلیت هضم دیواره سلولی می‌شود (Penner & Oba, 2009; Firkins, 2010). بنابراین جایگزین بخشی از نشاسته غلات با قند محلول در جیره‌های پرکنسانتره می‌تواند به عنوان یک راهبرد تغذیه‌ای مورد توجه قرار گیرد. در مطالعات مختلف، تغذیه جیره‌های با قند بالا باعث افزایش مصرف ماده خشک، غلظت بوتیرات در شکمبه و تولید چربی شیر شده است (Oba, 2011). اگرچه

پژوهشی که عملکرد رشد را با تغذیه جیره‌های حاوی مکمل ساکارز مورد بررسی قرار داده باشد در دسترس نیست اما در گاوهای شیری افزایش (Razzaghi *et al.*, 2016) یا تمایل به افزایش (Nombekela & Murphy, 1995) در تولید چربی شیر با افزودن قند محلول به جیره گزارش شده است. تحریک قابلیت هضم فیبر به دلیل بهبود محیط شکمبه (Broderick & Radloff, 2004) از جمله سازوکارهایی است که توجیه‌کننده این یافته‌ها می‌باشد.

قابلیت قندها در تحریک مصرف ماده خشک، متعادل‌کردن pH شکمبه و حمایت از عملکرد تولید می‌تواند فرصتی برای استفاده از آنها در کنار نمک کلسیمی روغن ماهی بوده و برخی از جنبه‌های محدودکننده این منبع چربی را پوشش دهد. از سویی دیگر با وجود ارتباط قابل‌توجه تخمیر کربوهیدرات‌ها و سوخت‌وساز چربی و اهمیت الگوی اسیدهای چرب گوشت در سلامتی انسان، مطالعه‌ای که برهمکنش چربی جیره و قند محلول بر عملکرد رشد و الگوی اسیدهای چرب لاشه در گوساله‌های پرواری را مورد بررسی قرار داده باشد در دست نیست. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر افزودن قند محلول به جیره حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب روغن ماهی بر عملکرد، ترکیب شیمیایی، کیفیت و اسیدهای چرب گوشت گوساله‌های پرواری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

گوساله‌های مورد آزمایش

این پژوهش در ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، با استفاده از تعداد ۳۶راس گوساله نر هلشتاین با میانگین وزن اولیه ۵۷±۲۶۹کیلوگرم انجام شد. حیوانات به‌صورت تصادفی به چهار گروه ۹ راسی تقسیم شده و هر یک از گروه‌ها به‌طور تصادفی به یکی از جیره‌های آزمایشی اختصاص داده شدند. مدت زمان این پژوهش ۱۱۴ روز بود که ۱۴ روز قبل از آن به‌عنوان دوره عادت‌دهی به جایگاه و جیره آزمایشی در نظر گرفته شد. در طول دوره عادت‌دهی جهت ایمنی بیشتر گوساله‌ها، تزریق ای-سلنیوم به‌صورت زیر پوستی به همه آنها انجام شد.

جیره‌های آزمایشی و خوراک‌دهی

تنظیم جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار NRC (1996) صورت گرفت (جدول ۱). در تمامی جیره‌ها، ۷۵ درصد کنسانتره و ۲۵ درصد علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت) بر اساس ماده خشک در نظر گرفته شد. تیمارها شامل دو سطح ساکارز صفر و ۵ درصد و نمک کلسیمی روغن ماهی در دو سطح صفر و ۲/۵ درصد در ماده خشک جیره بود که در قالب چینش فاکتوریل ۲×۲ به صورت تصادفی به گوساله‌ها اختصاص یافت. اجزای تشکیل‌دهنده جیره‌ها در جدول ۱ آمده است. جیره‌ها به صورت کاملاً مخلوط و روزانه در دو نوبت ساعت ۸ صبح و ۱۶ عصر به گوساله‌ها تغذیه می‌شد. مکمل نمک کلسیمی روغن ماهی مورد استفاده از شرکت کیمیا دانش الوند واقع در شهرک شکوهیه قم تهیه شد.

خوراک مصرفی به‌صورت انفرادی و روزانه برای گوساله‌ها ثبت شد و باقیمانده خوراک هر روز قبل از ریختن خوراک جدید جمع‌آوری و توزین شد. جهت تعیین تغییرات وزن بدن گوساله‌ها، وزن‌کشی آنها به صورت هر ۳۸ روز یک‌بار، با در نظر گرفتن ۱۶ ساعت گرسنگی انجام شد.

کشتار گوساله‌ها و اندازه‌گیری صفات مربوط به خصوصیات لاشه

پس از اتمام آزمایش (۱۱۴ روز) تمام گوساله‌ها وزن‌کشی و کشتار شدند. پس از کشتار، عضله چشمی در حد فاصل دنده ۱۲ و ۱۳ برای اندازه‌گیری فاکتورهای مرتبط با گوشت نمونه‌برداری شد.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی نمونه‌های گوشت و کبد

ترکیب شیمیایی نمونه‌های گوشت و کبد با استفاده از روش AOAC (1990) تعیین شد. برای تعیین ماده خشک، ۵ گرم گوشت یا کبد چرخ‌شده در داخل ظروف مخصوص ریخته شد و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون گذاشته شد. برای تعیین خاکستر ۳ گرم نمونه گوشت یا کبد در بوته‌های چینی قرار گرفت و درصد خاکستر پس از ۶ ساعت ماندن نمونه در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. اندازه‌گیری درصد چربی خام نمونه‌های گوشت و کبد، با استفاده از دستگاه سوکسوله (Soxtec) مدل ۱۰۴۳ انجام شد. جهت

اندازه‌گیری پروتئین خام نمونه‌های گوشت و کبد، ۱/۵ گرم نمونه در لوله‌های مخصوص اندازه‌گیری پروتئین خام قرار داده و ۵ گرم کاتالیزور سولفات مس به همراه ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک به آن اضافه شد. سپس در هیتر مخصوص هضم تا زمانیکه رنگ فیروزه‌ای سولفات مس ظاهر شد قرار گرفت. پس از اتمام هضم در این مرحله بعد از سرد شدن نمونه‌ها ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کرده و پروتئین خام نمونه‌ها به صورت اتوماتیک و با استفاده از دستگاه کلدالKjeltecAuto مدل ۱۰۳۰ اندازه‌گیری شد.

تعیین الگوی اسیدهای چرب گوشت

جهت تعیین الگوی اسیدهای چرب نمونه‌هایی از عضله راسته در روز کشتار برداشته و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌های گوشت (۱ گرم) ماهیچه راسته به صورت کامل هموژن شده و چربی آنها استخراج شد (Folch *et al.*,1957). سپس متیله کردن اسیدهای چرب با استفاده از اسیدکلریدریک متانوله طبق روش Ichihara & Fukubayashi (2010) انجام شد. در ابتدا ۹/۷ میلی‌لیتر از محلول اسید کلریدریک تجاری (۳۵ درصد) توسط ۴۱/۵ میلی‌لیتر از متانول رقیق شد بنابراین محلول اسید کلریدریک ۸ درصد به‌دست آمد.

جهت متیله‌کردن نمونه‌های چربی ۵ میلی‌گرم از نمونه چربی در داخل لوله‌های فالکن (۵۰ میلی‌لیتر) قرار داده شد و ۱ میلی‌لیتر محلول اسید هپتا دکانوئیک (۲ میلی‌گرم در ۱ میلی‌لیتر هگزان) به عنوان استاندارد داخلی و ۱ میلی‌لیتر تولوئن به آن اضافه شد. جهت حل شدن بهتر چربی، ۷/۵ میلی‌لیتر متانول و ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول تولید شده اسید کلریدریک (۸ درصد) به لوله‌ها اضافه شد. بعد از ورتکس‌کردن لوله‌ها به منظور متیله‌شدن ملایم اسیدهای چرب، نمونه‌ها به مدت ۱۴ ساعت در حمام آب گرم (۴۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت. پس از سردشدن لوله‌ها در دمای اتاق، ۵ میلی‌لیتر هگزان به‌همراه ۵ میلی‌لیتر آب جهت استخراج استر اسیدهای چرب متیله‌شده به لوله‌ها اضافه شد. به منظور حذف آب از محیط لوله‌ها سولفات سدیم اضافه شد. بعد از ورتکس نهایی لوله‌ها، لایه بالایی جهت آنالیز اسیدهای چرب به داخل لوله‌های میکروتوبول (۱/۵ میلی‌لیتر) انتقال داده شد. بعد از متیلاسیون، آنالیز نمونه‌ها جهت تعیین الگوی اسیدهای چرب، با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی آجیلنت (Agilent Technologies GC model 7890 A, co., USA) انجام گرفت. ستون دستگاه کروماتوگرافی از نوع مویرگی محصول شرکت واریان کانادا و به طول ۱۰۰ متر، سطح مقطع ۰/۲ میکرومتر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر (CP Sil-88; Varian, Mississauga, Ontario) و دتکتور آن از نوع یونیزاسیون شعله‌ای بود. نسبت تزریق به‌صورت ۱ به ۲۰ و نرخ جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم شد. گاز نیتروژن نیز به عنوان گاز حامل آن انتخاب شد. مقدار تزریق نمونه ۱ میکرولیتر بود. برنامه دمایی ستون به این صورت تنظیم شد که دمای اولیه ستون ۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ دقیقه در این دما ثابت ماند، سپس دما با سرعت ۱۰ درجه در دقیقه به ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت که مدت توقف در این دما برابر ۱۰ دقیقه بود. در مرحله بعد، دما از ۱۷۰ به ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت که سرعت افزایش آن ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه، و به مدت ۴ دقیقه در این دما ثابت ماند. در نهایت دمای ستون به ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱ درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافت که مدت توقف آن در این دما برابر ۱۰ دقیقه بود. دمای قسمت‌های تزریق و دتکتور به ترتیب در ۲۲۵ و ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد.

نتایج حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی (رابطه ۱) با چینش فاکتوریل ۲×۲ و رویه GLM نرم‌افزار SAS (2009) تجزیه و تحلیل شدند. در مدل آماری از گوساله‌ها به‌عنوان اثر تصادفی و از وزن اولیه به‌عنوان متغیر کمکی استفاده شد. میانگین مشاهدات توسط میانگین حداقل مربعات در سطح احتمال ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و تمایل به معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ تا ۰/۱ مورد بحث قرار گرفت.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + \beta\,(Xi - \overline{X}) + \varepsilon_{ijk} \qquad (۱)$$

که در آن، y_{ijk}: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین کل، A_i: اثر سطوح ساکارز، B_j: اثرسطوح نمک کلسیمی، AB_{ij}:اثرمتقابل ساکارز و نمک کلسیمی، $\boldsymbol{\beta}(Xi - \overline{X})$ وزن دام به عنوان عامل کوواریت برای عملکرد و خوراک مصرفی و ε_{ijk}: اثرخطای آزمایشی است.

جدول ۱. اجزای مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1. Ingredient and chemical composition of experimental diets fed to growing bulls

Ingradient (% of DM basis)	Diets [1]			
	CON	SU	CF	SU+CF
Alfalfa hay	10.5	10.5	10.5	10.5
Corn silage	14.5	14.5	14.5	14.5
Barley grian	34	34	34	34
Corn grain ground	23.3	16.3	12.3	5.3
Soybean meal	9	9	9	9
Wheat bran	3	6	8.5	10.5
Rice bran	2.5	1.5	6	6
Sucrose	0	5	0	5
Persia Omega3	0	0	2.5	2.5
Calcium carbonate	1.2	1.2	0.7	0.7
Vitamin-mineral permix	0.7	0.7	0.7	0.7
Sodium bicarbonate	1	1	1	1
White Salt	0.3	0.3	0.3	0.3
Chimical composition (%/kh DM)				
Dry matter (%/kg diet)	62	62.2	62.2	62.4
Crude Protein (%/kh DM)	14.3	14.1	14.4	14.1
ME (Mcal/kh DM)	2.66	2.66	2.67	2.67
NEM (Mcal/kh DM)	1.8	1.8	1.8	1.8
NEG (Mcal/kh DM)	1.2	1.2	1.2	1.2
NFC	52.2	52.2	46.8	47
Starch	41.1	36.7	34.9	30.4
Sugar	2.8	7.6	3.2	7.9

۱. جیره‌های آزمایشی به ترتیب شامل جیره بدون ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی، جیره حاوی ۵ درصد ساکارز، جیره حاوی ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی و جیره حاوی ۵ درصد ساکارز و ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی.

1. Dietary treatments: CON= Control diet; SU= Sucrose; CF= Calcium salts of fish oil; and Su+CF= Sucrose with Calcium salts of fish oil supplementation.

نتایج و بحث

عملکرد

ماده خشک مصرفی تحت تأثیر برهمکنش نمک کلسیمی روغن ماهی و ساکارز قرار گرفت (P=۰/۰۴). افزودن ساکارز به جیره حاوی نمک کلسیمی روغن ماهی، افزایش در مصرف خوراک را در پی داشت و این درحالی بود که استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی در جیره بدون ساکارز، موجب کاهش مصرف خوراک شد. افزودن ساکارز به جیره‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش وزن روزانه گوساله‌ها را بهبود بخشید (۱/۲۲ در برابر ۱/۰۹؛ P=۰/۰۱)، ولی این تفاوت در افزایش وزن روزانه، وزن نهایی گوساله‌ها را تحت تأثیر قرار نداد (P=۰/۵۳، جدول ۲).

اگرچه برای اثر متقابل ساکارز و نمک کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر در جیره‌های پرکنسانتره گوساله‌های پروار گزارش‌هایی در دسترس نمی‌باشد، ولی در گاوهای شیری جایگزینی بخشی از نشاسته جیره با قند محلول، افزایش مصرف خوراک (Penner & Oba., 2009) را در پی داشته یا در پژوهشی دیگر، بدون تأثیر (Razzaghi *et al.,* 2016) بوده است. محققین گزارش کردند که تغذیه خوراک مایع همانند ملاس نیشکر و مایع حاصل از خیساب ذرت که حاوی منابع قند محلول می‌باشند، منجر به افزایش مصرف ماده خشک شده ولی اثر ثابتی بر تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیری نداشت (Firkins, 2010). همچنین بالا رفتن خوش‌خوراکی جیره به‌عنوان دلیل افزایش مصرف خوراک در زمان تغذیه جیره‌های سطوح بالاتر قندهای محلول، مطرح شده است (Oba, 2011). براساس بررسی‌های صورت‌گرفته، گزارشی مبنی بر اثر منفی قندهای محلول بر مصرف خوراک در گوساله‌های پرواری و گاو شیری در دست نیست.

در پژوهش حاضر اثر متفاوتی از مصرف نمک کلسیمی روغن ماهی بر مصرف خوراک در جیره‌های با و بدون ساکارز مشاهده شد. در مطالعاتی که با استفاده از روغن ماهی انجام شده، تأثیر متفاوتی بر مصرف خوراک گزارش شده است. محققین عنوان کردند در جیره‌های با نشاسته بالا و پایین، مصرف روغن ماهی تأثیری بر مصرف ماده خشک در گاوهای شیری نداشت (Razzaghi *et al.,* 2016).

جدول ۲. تأثیر ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی بر عملکرد گوساله‌های نر پرواری

Table 2. Effect of sucrose (SU) and Ca- salts of fish oil (CF) on performance of fattening bulls

Item	Diet [1]					p-value		
	CON	SU	CF	SU+CF	SEM	Sucrose	Ca-FO	Interaction
Initial weight (kg)	275.5	272.2	273.1	273.8	26.95	0.96	0.98	0.94
Final weight (kg)	403	408.7	391	415	23.65	0.53	0.90	0.70
DMI (kg/d)	8.45	8.37	7.52	8.62	0.28	0.08	0.23	0.04
ADG (kg)	1.12	1.20	1.06	1.24	0.05	0.01	0.91	0.34
Feed:gain	7.62	7.13	7.15	6.96	0.33	0.35	0.38	0.62

۱. جیره‌های آزمایشی به ترتیب شامل جیره بدون ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی، جیره حاوی ۵ درصد ساکارز، جیره حاوی ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی و جیره حاوی ۵ درصد ساکارز و ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی.

1. Dietary treatments: CON= Control diet; SU= Sucrose; CF= Calsium salts of fish oil; and Su+CF= Sucrose with Calsium salts of fish oil supplementation.

درحالی‌که در دیگر مطالعات، کاهش معنی‌دار مصرف خوراک با مصرف سطوح مختلف روغن ماهی در گوساله‌های پرواری گزارش شده است (Wistuba *et al.*, 2006; Zakariapour *et al.,* 2018). در این مطالعه مقدار بالاتر خوراک مصرفی در گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی قند و چربی می‌تواند با pH بالاتر شکمبه در این حیوانات توضیح داده شود. در گاوهای شیری بالا رفتن سهم نشاسته جیره و کاهش pH متعاقب آن، با مصرف کمتر خوراک مرتبط بوده است (Zebeli *et al.,* 2012). هم‌چنین افزایش مصرف خوراک با مصرف توأم ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی در پژوهش حاضر ممکن است به‌دلیل پذیرش بهتر خوراک با کاهش نشاسته جیره و غلبه مزه شیرین قند باشد (Oba, 2011). از سویی دیگر، نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر در pH بالاتر شکمبه، پایدارتر هستند (Jenkins & Bridges, 2007). پایداری بالاتر این اسیدهای چرب به معنی آزادشدن کمتر آنها در شکمبه در نتیجه عدم ایجاد اختلال در تخمیر شکمبه‌ای می‌باشد (Shingfield *et al.*, 2012) که می‌تواند از مصرف بیشتر خوراک حمایت کند.

ترکیب شیمیایی گوشت

مقدار پروتئین، چربی و خاکستر گوشت و کبد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۳). اثر متقابل ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی بر مقدار ماده خشک گوشت معنی‌دار بود (P=۰/۰۵). استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی در جیره بدون ساکارز، کاهش ماده خشک گوشت را در پی داشت، ولی استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی در جیره حاوی ساکارز، موجب افزایش ماده خشک گوشت شد که این رفتار متفاوت، معنی‌دارشدن برهمکنش این دو عامل را در پی داشت.

مطالعه‌ای که برهمکنش چربی و قند محلول را بر کیفیت گوشت مورد بررسی قرار داده باشد در دسترس نیست ولی در چند مطالعه، اثر منابع مختلف چربی بر کیفیت گوشت مورد بررسی قرار گرفته است که هدف بیشتر این مطالعات، بررسی محتوای چربی و اسیدهای چرب گوشت بوده است (Seabrok *et al.,* 2012; Wolf *et al.,* 2018). نشان داده شده است که ماده خشک گوشت ارتباط معکوسی با محتوای چربی آن دارد (das caracas padre *et al.*, 2006). با این‌حال در آزمایش حاضر محتوای چربی گوشت خام در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین در برخی مطالعات نشان داده شده است که pH بالاتر گوشت با محتوای بالاتر رطوبت آن مرتبط است (Hopkins *et al.,* 2014) که به دلیل تحت تأثیر قرار نگرفتن pH گوشت (داده‌ها گزارش نشده‌اند)، این سازوکار نیز در آزمایش حاضر نمی‌تواند برهمکنش مشاهده‌شده را توجیه نماید، که پیشنهاد می‌شود، برای تأثیر این یافته و بررسی سازوکارهای احتمالی مؤثر بر آن، پژوهش‌های بیشتری صورت پذیرد.

هماهنگ با آزمایش حاضر، Najafi *et al.* (2012) و Zakariyapour-Bahnamiri *et al.* (2018) گزارش نمودند که افزودن روغن ماهی غیرمحافظت‌شده تأثیری بر پروتئین، چربی و خاکستر گوشت و کبد نداشت.

جدول ۳. اثر ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی بر ترکیبات شیمیایی گوشت بدون استخوان دنده‌های ۱۲ و ۱۳ و کبد گوساله‌های نر پرواری (درصد)

Table 3. Effect of sucrose (SU) and Ca- salts of fish oil (CF) on chemical composition (%) of longissimus dorsi muscle and hepatic of fattening bulls

Item	Diet					p-value		
	CON	SU	CF	SU+CF	SEM	Sucrose	Ca-FO	Interaction
LM								
Dry matter	26.06	25.39	25.69	26.54	0.38	0.82	0.30	0.05
Protein	22.30	21.68	22.41	22.24	0.30	0.20	0.27	0.46
Fat	2.27	1.99	2.03	2.70	0.15	0.44	0.59	0.31
Ash	1.25	1.20	1.21	1.29	0.06	0.83	0.68	0.31
Hepatic								
Dry matter	28.06	28.94	28.41	28.37	0.40	0.30	0.79	0.26
Protein	18.79	18.37	19.05	18.70	0.33	0.25	0.38	0.92
Fat	2.95	2.54	2.50	2.75	0.20	0.69	0.58	0.12
Ash	2.36	2.06	2.31	2.32	0.14	0.19	0.67	0.44

۱. جیره‌های آزمایشی به ترتیب شامل جیره بدون ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی، جیره حاوی ۵ درصد ساکارز، جیره حاوی ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی و جیره حاوی ۵ درصد ساکارز و ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی.

1. Dietary treatments: CON= Control diet; SU= Sucrose; CF = Calsium salts of fish oil; and Su+CF = Sucrose with Calsium salts of fish oil supplementation.

با این‌حال، برخی مطالعات ارتباط بین افزایش مصرف اسیدهای چرب بلندزنجیر با چند پیوند دوگانه را با کاهش تجمع چربی در بدن از طریق افزایش اکسیداسیون چربی در کبد و اثرگذاری بر بیان ژن‌های مانند کارنتین پالمیتوئیل ترانسفراز-آ و دلتا۶ دسچوراز نشان داده شده است (Buchley & Howe, 2010; Ponnampalam *et al.,* 2014)، که با یافته‌های آزمایش حاضر در تطابق نمی‌باشد. در آزمایش حاضر شاخص‌های اکسیداسیون کبدی و بیان ژن‌های مرتبط با سوخت‌وساز چربی در کبد مورد بررسی قرار نگرفته است و جمع‌بندی در این رابطه مستلزم انجام پژوهش‌های بیشتری می‌باشد.

الگوی اسیدهای چرب ماهیچه

در پژوهش حاضر ترکیب اسیدهای چرب ماهیچه‌ای تحت تأثیر اثر متقابل نمک کلسیمی روغن ماهی و قند محلول در جیره قرار نگرفت (جدول ۴). استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی در جیره موجب افزایش اسیدهای چرب اشباع c16:0 (P<۰/۰۴) و c24:0 (P<۰/۰۱) در ماهیچه راسته گوساله‌ها شد، در حالی که غلظت C18:0 (اسید استئاریک) کاهش یافت (P<۰/۰۲). نتایج آزمایش حاضر در تطابق با Zakariyapour-Bahnamiri *et al.* (2018) بود که گزارش کردند استفاده از روغن ماهی در جیره گوساله‌های نر پرواری افزایش غلظت ماهیچه‌ای C16:0 و C14:0 و کاهش در مقدار اسید استئاریک را در پی داشت. همچنین کاهش مشاهده شده در غلظت C18:0 در نتیجه تغذیه نمک کلسیمی روغن ماهی موافق با یافته‌های Ferreira a*t al.* (2014) در گوشت بره‌های پرواری است. با این حال، این محققین تفاوتی در غلظت اسیدهای چرب C16:0 و C24:0 گزارش نکردند.

اسید استئاریک موجود در گوشت، اثر خنثی در بیماری‌های قلبی عروقی و نیز چندین نوع سرطان دارد، با این‌حال در جیره غذایی سالم، مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع مطلوب نیست، زیرا این اسیدهای چرب موجب افزایش کلسترول پلاسما می‌شوند (Katan *et al*., 1994; Hunter *et al*., 2010).

در بحث اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر، میزان اسیدهای چرب فرد کربن شامل (C15:0 و C17:0) با افزودن ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی به جیره‌ها کاهش داشت و اسید چرب C۱۷:۰ با حضور منبع قند محلول در جیره کمتر بود (P=۰/۰۷). براساس بررسی‌های صورت گرفته، پژوهشی در مورد اثر ساکارز بر الگوی اسیدهای چرب گوشت در دسترس نیست. اسیدهای چرب کربن منفرد مانند C۱۵:۰ و C۱۷:۰ می‌توانند با طویل شدن زنجیر کربنی پروپیونات یا والرات ساخته می‌شوند ولی پیش ساز اسیدهای چرب شاخه‌دار، اسیدهای آمینه شاخه‌داری مانند والین، لوسین و ایزولوسین یا اسیدهای کربوکسیلیک کوتاه

زنجیر شاخه‌داری مانند ایزوبوتریک و اسید ایزووالریک می‌باشند (Kaneda, 1991). توانایی طویل شدن زنجیر این اسیدهای چرب محدود است، بنابراین افزایش نسبت اسیدهای چرب کربن منفرد با تغذیه جیره‌هایی پر نشاسته بر پایه دانه غلات با تخمیرپذیری بالا در شکمبه، می‌تواند بیانگر افزایش در جمعیت باکتری‌های تخمیرکننده نشاسته باشد (Cabrita *et al.,* 2009) و کاهش نشاسته جیره می‌تواند اسیدهای چرب مورد اشاره را کاهش دهد. در واقع غلظت کمتر پروپیونات در جیره‌هایی با نشاسته پایین‌تر می‌تواند در غدد پستانی تولید اسیدهای چرب زنجیر مستقیم کربن منفرد (C15:0 و C17:0) را از پروپیونیل کوآنزیم آ کاهش داده و یا با ورود کمتر پروپیونیل کوآنزیم آ در اسیدهای چرب باکتریایی، کاهش غلظت اسیدهای چرب C۱۵:۰ و C۱۷:۰ را موجب شده باشد. افزایش در نسبت C17:0 می‌تواند نشان دهنده افزایش فعالیت آنزیم استئاروئیل کوآنزیم آ اشباع زدا باشد که با سطوح بالای گلوکز خون به خاطر افزایش در نسبت مولاری پروپیونات یا افزایش در جذب دئودنومی گلوکز تحریک می‌شود (Vlaeminck *et al.,* 2006).

استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی، افزایش غلظت اسید واکسینیک (۱/۵۴ در برابر ۱/۱۷ درصد؛ p=۰/۰۳) و سیس-۹ ترانس-۱۱ اسید لینولئیک (CLA) (۰/۵۱ در برابر ۰/۳۳ درصد؛ p=۰/۰۳) در عضله چشمی گوساله‌ها را در پی داشت. اسیدهای چرب ترانس ۱۰- c۱۸:۱ و ترانس ۱۱- c۱۸:۱ واسطه‌های اصلی زیست هیدروژنه شدن اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشند (Bauman & Lock, 2006; Bauman *et al.,* 2008). دکوزاهگزاانوئیک اسید موجود در روغن ماهی باعث کاهش زیست‌هیدروژنه شدن اسید واکسینیک و به تبع آن افزایش غلظت آن در شکمبه می‌شود (Abughazaleh & Jenkins, 2004). غلظت این واسطه‌ها در شکمبه بستگی به عوامل مختلفی از جمله غلظت اسیدهای چرب غیراشباع در جیره (Harfoot *et al.,* 1973)، نرخ عبور و pH شکمبه دارد (Qiu *et al.,* 2004). اگر چه مکمل چربی استفاده شده در آزمایش حاضر به‌صورت محافظت شده بود اما با افزایش درجه غیراشباع بودن اسیدهای چرب در ترکیب نمک‌های کلسیمی از یک‌سو و اسیدی‌ترشدن شکمبه در جیره‌های پرکنسانتره‌ای مانند آزمایش حاضر از سویی دیگر، میزان محافظت در برابر هیدروژنه‌شدن زیستی و بی‌تأثیر بودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع، کاهش می‌یابد (Relling & Reynolds, 2007; Jenkins & Bridges, 2007). با این حال، آزادسازی آهسته و محدود اسیدهای چرب از ساختار نمکی، مانند چربی مورد استفاده در این آزمایش را عاملی برای محافظت قابل قبول نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه می‌دانند (Block *et al.,* 2005). در مقابل، برخی گزارش‌ها بیانگر کارایی محدود این روش در محافظت از اسیدهای چرب غیراشباع به ویژه در شرایط افت pH مایع شکمبه است (Jenkins & Bridges, 2007). افزایش مشاهده‌شده غلظت واسطه‌های زیست‌هیدروژنه‌شدن اسیدهای چرب غیراشباع در آزمایش حاضر نشان می‌دهد که محافظت از این اسیدهای چرب به‌صورت کامل نبوده است. در عین حال ارزیابی دقیق میزان محافظت با توجه به داده‌های آزمایش حاضر مقدور نبوده و مستلزم اخذ نمونه در زمان‌های مختلف از مایع شکمبه و اندازه‌گیری واسطه-های زیست هیدروژنه شده در محیط شکمبه (Fuentes *et al.,* 2009) می‌باشد.

در مطالعه حاضر تغذیه نمک کلسیمی روغن ماهی افزایش غلظت اسیدهای چرب غیراشباع C18:3 n3 داخل ماهیچه‌ای را در پی داشت که مطابق با دیگر آزمایش‌هایی است که در گوساله و بره پرواری با استفاده از روغن ماهی به انجام رسیده است (Ferreira *et al.,* 2014; Zakariyapour-Bahnamiri *et al.*, 2018). همچنین مکمل کردن نمک کلسیمی روغن ماهی باعث افزایش اسیدهای چرب بلند زنجیر c20:4، c24:0، c20:5 و c22:6 در عضله راسته گوساله‌ها شد (p<۰/۰۰۱). مجموع اسیدهای چرب n-3 PUFA (شامل C18:3 n3، C20:5 و C22:6) در گوشت افزایش یافت و همین امر سبب کاهش نسبت اسیدهای چرب n-6/n-3 و افزایش ذخیره داخل ماهیچه‌ای اسیدهای چرب امگا-۳ (ایکوزاپنتاانوئیک اسید و دکوزاهگزاانوئیک اسید) شد (P<۰/۰۰۱)، که در ارتقای سلامت و ارزش غذایی گوشت تأثیر به‌سزایی دارد. روغن ماهی تأثیری بر نرخ تجزیه لیپیدی یا

زیست‌هیدروژنه‌شدن ظاهری اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک نداشته است. کاهش هم زمان در مقدار اسید استئاریک و افزایش در پیش‌ماده‌هایی مانند اسید واکسنیک و ایزومر ترانس-۱۱، سیس ۱۵ اسید لینولئیک به هنگام تغذیه روغن ماهی نشان می‌دهد که این روغن به ترتیب مرحله نهایی زیست‌هیدروژنه‌شدن اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک را مهار می‌کند (Chow *et al.*, 2004; Shingfield *et al.*, 2010).

Scollan *et al.* (2001) با تغذیه جیره‌های حاوی اسیدهای چرب غیراشباع n-۳ باعث افزایش نسبت اسیدهای چرب غیراشباع زنجیر بلند n-۳ بجز اسید اسید ایکوزاپنتاانوئیک شد و نسبت اسیدهای چرب غیراشباع زنجیر بلند n-۶ را کاهش داد. همچنین روغن ماهی مقادیر اسید دکوزاهگزاانوئیک (۲ برابر) و n-۳ ۲۲:۴ (۴ برابر) افزایش داد. در کل هدف از محافظت از اسیدهای چرب غیراشباع زنجیر بلند کاهش اثر آنها بر روی زیست‌هیدروژنه شدن شکمبه‌ای و افزایش جذب دئودنومی آنها در مقایسه با فرم‌های محافظت نشده در دام است (Jenkins & Bridges, 2007). هماهنگ با این یافته‌ها Wolf *et al.* (2018) افزایش ۱/۸ برابری در EPA و ۲/۸ برابری در DHA در عضلات نقاط مختلف بدن تلیسه‌های گوشتی تغذیه‌شده با روغن ماهی محافظت شده در برابر روغن آفتابگردان را گزارش نمودند. مصرف مقادیر بالای اسیدهای چرب n-۶ در انسان، می‌تواند تشدیدکننده واکنش‌های التهابی باشد؛ نسبت مناسب اسیدهای چرب n-۶ به n-۳ برای تغذیه انسان، حدود ۴ به ۱ پیشنهاد شده است (Kitessa *et al.,* 2001)، که این نسبت بسیار نزدیک به مقدار مشاهده‌شده در گوشت گوساله‌های تغذیه‌شده با نمک کلسیمی روغن ماهی می‌باشد.

جدول ۴. تأثیر ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی بر الگوی اسیدهای چرب گوساله‌های پرواری (درصد)

Table 4. Effects of sucrose (SU) and Ca- salts of fish oil (CF) on fatty acids profile (g/100 g fatty acid) of longissimus dorsi muscle Holstein bulls[1]

Item	Diet					p-value		
	CON	SU	CF	SU+CF	SEM	Sucrose	Ca-FO	Interaction
C12:0	0.34	0.26	0.30	0.22	0.09	0.39	0.66	0.99
C14:0	3.34	2.92	2.86	3.18	0.43	0.91	0.80	0.40
C14:1	1.12	0.84	0.98	1.02	0.16	0.45	0.89	0.32
C15:0	0.38	0.32	0.28	0.22	0.07	0.40	0.17	0.26
C15:1	0.18	0.12	0.16	0.10	0.05	0.21	0.67	0.51
C16:0	25.62	25.14	27.58	28.40	1.16	0.88	0.04	0.58
C16:1	4.24	3.98	4.78	4.86	0.45	0.84	0.14	0.71
C17:0	1.02	0.66	0.82	0.72	0.12	0.07	0.57	0.29
C17:1	0.72	0.44	0.54	0.46	0.11	0.12	0.48	0.38
C18:0	15.84	15.12	13.80	12.70	0.84	0.29	0.02	0.82
C18:1 cis 9	34.74	33.80	35.38	34.00	1.87	0.54	0.83	0.91
C18:1 trans 11	1.06	1.28	1.66	1.42	0.16	0.95	0.03	0.17
C18:2 cis9 Trans 11	0.30	0.36	0.58	0.44	0.06	0.54	0.01	0.14
ΣC18:1 10 trans	0.22	0.12	0.18	0.10	0.05	0.07	0.54	0.84
C18:2 n6	5.72	6.36	5.08	5.66	0.54	0.27	0.23	0.96
C18:3 n3	0.34	0.39	0.58	0.52	0.06	0.96	0.006	0.39
C20:0	0.14	0.12	0.12	0.16	0.06	0.87	0.86	0.62
C20:1	0.12	0.14	0.20	0.24	0.05	0.54	0.08	0.84
C20:2	0.30	0.40	0.54	0.58	0.09	0.44	0.03	0.74
C20:3	0.18	0.16	0.10	0.08	0.05	0.72	0.17	0.98
C20:4	0.24	0.24	0.08	0.06	0.03	0.71	0.0001	0.71
C22:0	0.26	0.22	0.10	0.08	0.05	0.59	0.02	0.86
C22:1	0.86	0.96	0.52	0.44	0.16	0.95	0.02	0.58
C24:0	0.16	0.14	0.38	0.32	0.04	0.38	0.0004	0.66
C24:1	0.12	0.08	0.32	0.26	0.05	0.30	0.0009	0.83
C20:5	0.01	0.01	0.38	0.42	0.04	0.69	0.0001	0.63
C22:6	0.02	0.02	0.40	0.44	0.03	0.57	0.0001	0.58
UFA *	50.49	49.69	52.46	51.10	1.71	0.54	0.34	0.87
SFA †	46.94	44.76	45.86	45.68	1.40	0.41	0.95	0.49
MUFA ‡	43.16	41.64	44.54	42.80	1.93	0.41	0.52	0.96
PUFA ‡	7.33	8.06	7.92	8.30	0.53	0.31	0.44	0.75
PUFA/SFA	0.16	0.18	0.17	0.18	0.01	0.19	0.43	0.46
n-3 PUFA	0.37	0.42	1.36	1.38	0.07	0.63	0.0001	0.86
n-6 PUFA	6.36	6.88	5.44	5.90	0.54	0.37	0.09	0.95
n-6/n-3	17.52	16.96	4.00	4.51	1.24	0.98	0.0001	0.67
Total CLA	0.52	0.48	0.76	0.54	0.09	0.16	0.11	0.32

۱. جیره‌های آزمایشی به ترتیب شامل: جیره بدون ساکارز و نمک کلسیمی روغن ماهی، جیره حاوی ۵ درصد ساکارز، جیره حاوی ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی و جیره حاوی ۵ درصد ساکارز و ۲/۵ درصد نمک کلسیمی روغن ماهی.

1. Dietary treatments: CON= Control diet; SU= Sucrose; CF= Calsium salts of fish oil; and Su+CF= Sucrose with Calsium salts of fish oil supplementation.

* Unsaturated fatty acids, † Saturated fatty acids, ‡ Monounsaturated fatty acids, ‡ Polyunsaturated fatty acids.

نتیجه‌گیری

در کل استفاده از نمک کلسیمی روغن ماهی همراه با ساکارز سبب افزایش مصرف ماده خشک و بهبود افزایش وزن روزانه در گوساله‌های پرواری شد. همچنین برهمکنش این دو عامل افزایش ماده خشک گوشت را در پی داشت. مصرف نمک کلسیمی روغن ماهی کاهش نسبت اسیدهای چرب n-۶ به n-۳ از طریق افزایش غلظت اسیدهای چرب n-۳ و همچنین اسید واکسینیک و CLA (C۱۸:۱ سیس-۹، ترانس-۱۱) در ماهیچه راسته گوساله‌ها را به‌دنبال داشت و افزودن ساکارز به جیره‌ها سبب کاهش مجموع اسید چرب ترانس -۱۰ C۱۸:۱ در گوشت شد که به معنی بهبود کیفیت و ارزش تغذیه‌ای گوشت است.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به خاطر حمایت مالی از این پژوهش در قالب رساله دکتری و از دانشگاه تهران جهت فراهم‌نمودن امکان انجام آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. AbuGhazaleh, A.A. & Jenkins, T.C. (2004). Docosahexaenoic acid promotes vaccenic acid accumulation in mixed ruminal cultures when incubated with linoleic acid. *Journal of Dairy Science*, *87*, 1047-1050.
2. AOAC (1990). *Official methods of analysis*. (15th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists. pp. 931-932.
3. Bauman, D.E. & Lock, A.L. (2006). Conjugated linoleic acid: biosynthesis and nutritional significance. In *Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids* (pp. 93-136). Springer, Boston, MA.
4. Bauman, D. E., Perfield, J. W., Harvatine, K. J. & Baumgard, L. H. (2008). Regulation of fat synthesis by conjugated linoleic acid: lactation and the ruminant model. *The Journal of nutrition*, *138*, 403-409.
5. Bessa, R. J. B., Portugal, P. V., Mendes, I. A. & Santos-Silva, J. (2005). Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livestock Production Science*, *96*, 185-194.
6. Block, E., Chalupa, W., Evans, E., Jenkins, T., Moate, P., Palmquist, D. & Sniffen, C. (2005). Calcium salts are highly digestible. *Feedstuffs*, *77*, 20-25.
7. Broderick, G. A. & Radloff, W. J. (2004). Effect of molasses supplementation on the production of lactating dairy cows fed diets based on alfalfa and corn silage. *Journal of dairy science*, *87*, 2997-3009.
8. Buckley, J. D. & Howe, P. R. (2010). Long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids may be beneficial for reducing obesity-a review. *Nutrients*, *2*, 1212-1230.
9. Cabrita, A. R. J., Vale, J. M. P., Bessa, R. J. B., Dewhurst, R. J. & Fonseca, A. J. M. (2009). Effects of dietary starch source and buffers on milk responses and rumen fatty acid biohydrogenation in dairy cows fed maize silage-based diets. *Animal feed science and technology*, *152*, 267-277.
10. Chow, T.T., Fievez, V., Moloney, A.P., Raes, K., Demeyer, D. & De Smet, S. (2004). Effect of fish oil on in vitro rumen lipolysis, apparent biohydrogenation of linoleic and linolenic acid and accumulation of biohydrogenation intermediates. *Animal Feed Science and Technology*, *117*(1-2), 1-12.
11. das Graças Padre, R., Aricetti, J.A., Moreira, F.B., Mizubuti, I.Y., do Prado, I.N., Visentainer, J.V., de Souza, N.E. & Matsushita, M. (2006). Fatty acid profile, and chemical composition of Longissimus muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. *Meat Science*, 74, 242-248.
12. Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Gentil, R. S., Parente, M. O. M., Nolli, C. P., ... & Ribeiro, C. V. D. M. (2014). Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Animal Feed Science and Technology*, *187*, 9-18.
13. Firkins, J. L. & Eastridge, M. L. (2010). Addition of sugars to dairy rations. In *Proceedings of the 19th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, Grand Wayne Center, Fort Wayne, Indiana, USA* (pp. 91-105).
14. Folch, J., Lees, M. & Stanley, G. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*, *226*, 497-509.
15. Fuentes, M. C., Calsamiglia, S., Cardozo, P. W. & Vlaeminck, B. (2009). Effect of pH and level of concentrate in the diet on the production of biohydrogenation intermediates in a dual-flow continuous culture. *Journal of Dairy Science*, *92*, 4456-4466.
16. Griinari, J. M. & Bauman, D. E. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. *Advances in conjugated linoleic acid research*, *1*, 180-200.
17. Harfoot, C.G., Noble, R.C. & Moore, J.H. (1973). Factors influencing the extent of biohydrogenation of linoleic acid by rumen micro-organisms in vitro. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *24*, 961-970.
18. Hopkins, D. L., Ponnampalam, E. N., Van De Ven, R. J. & Warner, R. D. (2014). The effect of pH decline rate on the meat and eating quality of beef carcasses. *Animal Production Science*, *54*, 407-413.

19. Hunter, J.E., Zhang, J. & Kris-Etherton, P.M. (2010). Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition, 91,* 46-63.
20. Ichihara, K. I. & Fukubayashi, Y. (2010). Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. *Journal of lipid research*, *51*, 635-640.
21. Jenkins, T. C. & Bridges Jr, W. C. (2007). Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation in cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *109*, 778-789.
22. Katan, M.B., Zock, P.L. & Mensink, R.P. (1994). Effects of fats and fatty acids on blood lipids in humans: an overview. *The American Journal of Clinical Nutrition, 60,* 1017S-1022S.
23. Kaneda, T. O. S. H. I. (1991). Iso-and anteiso-fatty acids in bacteria: biosynthesis, function, and taxonomic significance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, *55*, 288-302.
24. Kitessa, S. M., Gulati, S. K., Ashes, J. R., Fleck, E., Scott, T. W. & Nichols, P. D. (2001). Utilisation of fish oil in ruminants: I. Fish oil metabolism in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, *89*, 189-199.
25. Martin, S. A. & Jenkins, T. C. (2002). Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18: 1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. *Journal of Animal Science*, *80*, 3347-3352.
26. Najafi, M. H., Zeinoaldini, S., Ganjkhanlou, M., Mohammadi, H., Hopkins, D. L. & Ponnampalam, E. N. (2012). Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory properties of male Mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil. *Meat Science*, *92*, 848-854.
27. Nombekela, S.W. & Murphy, M.R. (1995). Sucrose supplementation and feed of dairy cows in early lactation. *Journal of dairy science*, *78*, 880-885.
28. NRC. (2006) Nutrient Requirements of Beef Cattle.7th Ed, National Academy Press. Washington DC USA.
29. Oba, M. (2011). Review: Effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science,* 91, 37-46.
30. Penner, G.B. & Oba, M. (2009). Increasing dietary sugar concentration may improve dry matter intake, ruminal fermentation, and productivity of dairy cows in the postpartum phase of the transition period. *Journal of Dairy Science*, *92*, 3341-3353.
31. Pirondini, M., Colombini, S., Mele, M., Malagutti, L., Rapetti, L., Galassi, G. & Crovetto, G. M. (2015). Effect of dietary starch concentration and fish oil supplementation on milk yield and composition, diet digestibility, and methane emissions in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, *98*, 357-372.
32. Ponnampalam, E. N., Lewandowski, P. A., Fahri, F. T., Burnett, V. F., Dunshea, F. R., Plozza, T. & Jacobs, J. L. (2015). Forms of n–3 (ALA, C18:3 n–3 or DHA, C22:6 n–3) fatty acids affect carcass yield, blood lipids, muscle n-3 fatty acids and liver gene expression in lambs. *Lipids,* 50, 1133-1143.
33. Qiu, X., Eastridge, M. L., Griswold, K. E. & Firkins, J. L. (2004). Effects of substrate, passage rate, and pH in continuous culture on flows of conjugated linoleic acid and trans C18: 1. *Journal of dairy science*, *87*, 3473-3479.
34. Razzaghi, A., Valizadeh, R., Naserian, A.A., Mesgaran, M.D., Carpenter, A.J. & Ghaffari, M.H. (2016). Effect of dietary sugar concentration and sunflower seed supplementation on lactation performance, ruminal fermentation, milk fatty acid profile, and blood metabolites of dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 99, 3539-3548.
35. Relling, A.E. & Reynolds, C.K. (2007). Feeding rumen-inert fats differing in their degree of saturation decreases intake and increases plasma concentrations of gut peptides in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 1506-1515.
36. Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Fisher, A.V., Enser, M. & Wood, J.D. (2001). Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 85, 115-124.
37. Seabrook, J.L., Peel, R.K. & Engle, T.E. (2011). The effects of replacing dietary carbohydrate with calcium salts of fatty acids on finishing lamb feedlot performance, blood metabolites, muscle fatty acid composition, and carcass characteristics. *Small Ruminant Research*, *95*, 97-103.
38. Shingfield, K.J., Lee, M.R.F., Humphries, D.J., Scollan, N.D., Toivonen, V., Reynolds, C.K. & Beever, D.E., (2010). Effect of incremental amounts of fish oil in the diet on ruminal lipid metabolism in growing steers. *British journal of nutrition*, *104*, 56-66.
39. Vlaeminck, B., Fievez, V., Tamminga, S., Dewhurst, R.J., Van Vuuren, A., De Brabander, D. & Demeyer, D., (2006). Milk odd-and branched-chain fatty acids in relation to the rumen fermentation pattern. *Journal of dairy science*, 89, pp.3954-3964.
40. Wistuba T., Kegley E. & Apple J. (2006) Influence of fish oil in finishing diets on growth performance, carcass characteristics, and sensory evaluation of cattle. *Journal of Animal Science,* 84, 902-9.
41. Wolf, C., Ulbrich, S.E., Kreuzer, M., Berard, J. & Giller, K. (2018). Differential partitioning of rumen-protected n–3 and n–6 fatty acids into muscles with different metabolism. *Meat science*, *137*, 106-113.
42. Zakariapour Bahnamiri, H., Ganjkhanlou, M., Zali, A. & Ataei Nazari, S. (2018). Effect of fish oil supplementation and forage source on performance, rumen fermentation, nutrient digestion and chewing behaviour of Holstein bulls. *Iranian Journal of Veterinary Medicine,* 12, 153-166.
43. Zebeli, Q., Aschenbach, J.R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B. N. & Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95, 1041-1056.