

DOI: 10.22034/AS.2021.40408.1574

مطالعه بازده خوراک براساس شاخص مازاد مصرف خوراک و شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی در گاوهای شیرده نژاد هلشتاین

رضا لطفی^۱، عبدالمنصور طهماسبی^۲، سید هادی ابراهیمی^۲ و مریم راستین^۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۴/۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۳

^۱ دانشجوی دکتری تغذیه نشخوارکنندگان، گروه علوم دامی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ به ترتیب استاد و استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ استادیار مرکز تحقیقات ایمنولوژی، پژوهشگاه بوعلی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

مسئول مکاتبه: Email: tahmasebi@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: مطالعه بازده خوراک در گاوهای شیرده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف: مطالعه دینامیک بازده خوراک براساس شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) و شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی (FCM 4%/DMI) در گاوهای شیرده نژاد هلشتاین بود. روش کار: تعداد ۳۰ راس گاو شیرده در اواسط شیردهی به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. ماده خشک مصرفی (DMI)، تولید شیر (Milk)، وزن زنده بدن (BW)، نمره وضعیت بدنی (BCS)، تغییرات وزن بدن روزانه (ΔBW) و ترکیبات شیر رکوردبرداری شد. همچنین، انرژی خروجی شیر (Milke)، انرژی ذخایر بدنی ($\Delta BodyE$) و وزن متابولیکی (MBW) براساس داده‌های اولیه و معادلات انرژی (NRC, 2001) محاسبه گردید. RFI به وسیله ۴ مدل مختلف رگرسیونی خطی چندگانه برای دو فاصله ۳۰ و ۶۰ روزه مدل‌سازی شد. نتایج: در جامعه مورد مطالعه، RFI قابل اندازه‌گیری است. ضریب تبیین مدل‌ها برای دوره ۶۰ روزه برای مدل ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب توانست ۸۸/۵۱، ۷۸/۸۲، ۸۰/۰۵ و ۶۴/۴۱ درصد از تغییرات متغیر وابسته (DMI) توسط متغیرهای مستقل را تبیین نماید. میانگین و انحراف معیار RFI برای دوره ۶۰ روزه برای مدل ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب $۰/۸۶ \pm ۰$ ، $۱/۲۵ \pm ۰$ ، $۱/۱۸ \pm ۰$ و $۱/۶۸ \pm ۰$ کیلوگرم ماده خشک در روز بود. همین روند، برای دوره ۳۰ روزه نیز مشاهده شد. ضریب همبستگی پیرسون برای DMI بین دوره ۳۰ و ۶۰ روزه ۰/۹۹۴ و RFI براساس مدل ۱ بین دوره ۳۰ و ۶۰ روزه ۰/۸۸۲ بود. براساس همبستگی بین DMI، RFI model 1 و FCM 4%/DMI با دیگر صفات عملکردی و تولیدی، روابط منطقی بین متغیرها مشاهده شد. همبستگی منفی، متوسط و معنی‌دار بین FCM 4%/DMI با درصد پروتئین شیر ($P < 0.001$) و همبستگی مثبت، متوسط با روند معنی‌داری بین RFI مدل ۱ با درصد چربی و پروتئین شیر ($P < 0.1$) بسیار مهم بود. نتیجه‌گیری نهایی: اندازه‌گیری بازده خوراک براساس RFI حداقل در یک دوره ۳۰ روزه قابل اندازه‌گیری است. براساس ضریب تبیین مدل‌ها، مدل ۱ و متغیرهای آن به خوبی متغیر وابسته (DMI) را تبیین نموده‌اند. همچنین، تلاش علمی براساس رویکرد کل‌نگرانه برای یافتن دیگر متغیرها موثر برای بهبود ضریب تبیین مدل‌ها و دقت و صحت پیش‌بینی‌های پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: بازده خام خوراک، درصد پروتئین شیر، رویکرد کل‌نگرانه، گاو شیرده، شیر تصحیح‌شده ۴ درصد چربی، مازاد مصرف خوراک

مقدمه

مقدار ماده خشک مصرفی^۱ (DMI) اساساً بدین جهت در تغذیه اهمیت دارد که مقدار مواد مغذی قابل دسترس به حیوان را جهت سلامت و تولید مشخص می‌کند. مقدار ماده خشک مصرفی واقعی و یا تخمین دقیقی از آن برای فرمول‌کردن جیره‌های غذایی جهت پیشگیری از مصرف کمتر از حد و یا بیشتر از حد مواد مغذی دارای اهمیت می‌باشد. مصرف کمتر از حد مواد مغذی، تولید را محدود ساخته و می‌تواند در سلامتی حیوان موثر باشد و مصرف بیش از حد مواد مغذی، هزینه‌ها خوراک را افزایش داده و می‌تواند منجر به دفع مواد مغذی اضافی به محیط زیست شود، و در مقادیر بسیار زیاد ممکن است سمی بوده و یا اثرات زیان‌آوری بر سلامت حیوان داشته باشد (انجمن تحقیقات گاوشیری آمریکا ۲۰۰۱).

بازده تبدیل خوراک به شیر در طول یک قرن گذشته از یک افزایش بیش از دو برابری که بیشتر نتیجه غیر مستقیم افزایش تولید شیر به ازای هر دام بوده است، برخوردار است (وندی‌هایر ۱۹۹۸). این موضوع بیانگر این مسئله می‌باشد که پژوهشگران در آینده باید بر افزایش مستقیم تولید شیر به ازای هر واحد خوراک مصرفی تمرکز داشته باشند. اما مصرف خوراک به طور معمول به صورت انفرادی اندازه‌گیری نمی‌شود، و انتخاب در برنامه‌های اصلاح‌نژادی در طول این سال‌ها نیز بیشتر براساس تولید شیر دام بوده است. بنابراین، انتخاب بیشتر برای افزایش تولید شیر به تنهایی دیگر منجر به افزایش اساسی در بازده خوراک، تا حدودی به دلیل ائتلاف در انرژی قابل هضم در نتیجه افزایش نرخ عبور که با افزایش مصرف ماده خشک و تولید شیر همراه است، نخواهد شد (وندی‌هایر ۱۹۹۸؛ آرنندت و همکاران ۲۰۱۵). انتشار یک مقاله علمی تحت عنوان "بهینه‌سازی ژنتیک گاوهای شیری از طریق تغذیه" و مطرح نمودن بازده خوراک در یک کنفرانس علمی در سال ۲۰۱۲، اهمیت توجه پژوهشگران را به بازده خوراک

در گاوهای شیری به‌عنوان یک راهکار برای بهبود بهره‌وری خوراک و تولید شیر مورد توجه قرار داد (بایومن ۲۰۱۲).

ابزارهای اندازه‌گیری برای بهبود بازده خوراک در طیور، خوک و گاو گوشتی به خوبی مورد پژوهش قرار گرفته است و به‌طور کلی توجه به نسبت تبدیل خوراک (خوراک مصرفی به افزایش وزن) و یا اخیراً، توجه به بهبود بازده خالص خوراک (مازاد مصرف خوراک^۲ (RFI)) می‌باشد (کوچ و همکاران ۱۹۶۳؛ کونر ۲۰۱۵؛ هرد و آرتور ۲۰۰۹). با وجود این، تحقیقات به‌طور اختصاصی روی بازده خوراک در گاوهای شیرده نژاد شیری کمتر بوده است و اخیراً به‌طور پیوسته در مجامع علمی مورد توجه قرار گرفته است (آرنندت و همکاران ۲۰۱۵؛ کونر و همکاران ۲۰۱۳؛ ژیبیل و همکاران ۲۰۱۵؛ لونداهال و همکاران ۲۰۱۸). یکی از دلایل این تاخیر این می‌باشد که گاوهای شیری شیرده یک چالش اضافی در برآورد مازاد مصرف خوراک به‌دلیل تغییرات بسیار زیاد در تعادل انرژی که در طول یک دوره شیردهی به خصوص بسیج انرژی از بافت چربی در اوایل شیردهی رخ می‌دهد، را به وجود می‌آورند. در نتیجه، بیشترین بحث درباره چگونه می‌توان به بهترین وجه ممکن بازده خوراک را در گاوهای شیرده مورد ارزیابی قرار داد، می‌باشد (کونر ۲۰۱۵). همچنین باید عنوان نمود که تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تفاوت‌های بیولوژیکی بین گاوهای گوشتی پربازده و کم‌بازده براساس RFI از نظر افزایش وزن روزانه انجام شده است (جانسون و همکاران ۲۰۱۹ و لانچستر و همکاران ۲۰۱۴).

مازاد مصرف خوراک براساس مقدار باقیمانده در یک مدل خطی برای پیش‌بینی مصرف خوراک انفرادی دام‌ها، و بنابراین اساساً تفاوت بین مصرف خوراک واقعی برای هر دام و مقدار خوراک مصرفی پیش‌بینی‌شده برای آن دام می‌باشد (آشر و همکاران ۲۰۱۴؛ پوتس و همکاران ۲۰۱۵؛ زی و همکاران ۲۰۱۶). مقدار خوراک مصرفی

² Residual feed intake (RFI)

¹ Dry matter intake (DMI)

(۲۰۱۶) از یک مدل که متغیرهای آن وزن متابولیکی، شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی، میانگین افزایش وزن روزانه، روزهای شیردهی و سن حیوان بود، استفاده نمودند. در این پژوهش، مدل سازی ماده خشک مصرفی براساس یک مدل رگرسیون چندگانه و به روش قدم به قدم بود (زی و همکاران ۲۰۱۶). این مدل توانست ۸۵ درصد تغییرات در ماده خشک مصرفی را تبیین کند.

همچنین، علاوه بر اهمیت شاخص RFI در بازده خوراک و تنوع بین حیوانات برای بازده خوراک، با توجه به میزان انرژی خوراک مصرفی به عنوان منبع اصلی مصرف انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری، توجه ویژه به جلوگیری از هدر رفت منابع خوراکی از طریق تغذیه متعادل و خوراک دهی صحیح، مدیریت مزرعه، بهداشت، جایگاه و گروه بندی صحیح دامها، باید مدنظر پرورش دهندگان گاو شیری قرار گیرد. به عنوان مثال، در پژوهشی، میزان مصرف انرژی تجدیدناپذیر به ازای هر کیلوگرم شیر تصحیح شده برای چربی و پروتئین، در واحدهای پرورش گاو شیری با جایگاه نگهداری متفاوت (فری استال در مقابل اصطبل باز)، تفاوت متمایل به معنی داری با هم داشتند (زحمتکش و همکاران ۲۰۱۹).

لذا هدف از این پژوهش، بررسی مصرف ماده خشک مصرفی در یک جامعه آماری از گاوهای شیرده نژاد هلشتاین در شرایط تغذیه ای ایران، مدل سازی ماده خشک مصرفی براساس متغیرها عملکردی و برآورد شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) و همبستگی بین ماده خشک مصرفی، مازاد مصرف خوراک و بازده خام خوراک^۱ (FCE) براساس شیر تصحیح شده ۴ درصد چربی (FCM 4%/DMI) با شاخص های عملکردی و تولیدی بود. به عبارت دیگر، آیا در جامعه مورد تحقیق، شاخص مازاد مصرف خوراک مشاهده می شود یا خیر؟ و در صورت بله، تبیین ویژگی های شاخص مازاد مصرف خوراک و بازده خام خوراک براساس شیر

برای یک دام با RFI منفی کمتر از مقدار مورد انتظار برای آن مقدار تولید (تولید شیر) می باشد. بنابراین، این دام زمانی که از RFI برای تعیین بازده خوراک استفاده شود، بسیار پربازده قلمداد می شود (پوتس و همکاران ۲۰۱۵). در یک مطالعه، ویژگی های عملکردی مربوط به دام های طبقه بندی شده براساس مازاد مصرف خوراک گزارش شد (پوتس و همکاران ۲۰۱۵). ماده خشک مصرفی برای گاوهای پربازده (RFI منفی)، ۲۵/۴ کیلوگرم و برای گاوهای کم بازده (RFI مثبت)، ۲۹/۶ کیلوگرم ماده خشک در روز برای گاوهای تغذیه شده با جیره پرنشاسته بود. به طور مشابه، هنگام تغذیه گاوهای شیری با جیره کم نشاسته، ماده خشک مصرفی برای گاوهای پربازده (RFI منفی)، ۲۳ کیلوگرم و برای گاوهای کم بازده (RFI مثبت)، ۲۸/۸ کیلوگرم ماده خشک در روز بود. علی رغم این اختلاف معنی دار در ماده خشک مصرفی روزانه، تغییرات وزن بدن، نمره وضعیت بدنی و انرژی مورد استفاده برای تولید شیر، نگهداری و ذخایر بدنی بین این دو گروه از گاوها معنی دار نبود (پوتس و همکاران ۲۰۱۵).

براساس روش محاسبه مازاد مصرف خوراک در گاوهای شیری (براساس مقدار باقیمانده در یک مدل خطی برای پیش بینی مصرف خوراک انفرادی دامها)، پژوهشگران مدل های مختلف با متغیرهای متعدد، استفاده نموده اند. به عنوان مثال، پوتس و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از ۴ متغیر ورودی انرژی خروجی شیر، وزن متابولیکی تصحیح شده، انرژی ذخایر بدنی و شکم زایش، ماده خشک مصرف مدل سازی و RFI را محاسبه نمودند. ضریب تبیین این مدل ۰/۸۶ بود. در پژوهشی دیگر براساس آنالیز رگرسیون چندگانه براساس متغیرهای وزن متابولیکی، انرژی خروجی شیر و انرژی ذخایر بدنی، ضریب تبیین مدل ۰/۳۷ گزارش شد (آشر و همکاران ۲۰۱۴). در پژوهشی دیگر، زی و همکاران

¹ Feed conversation efficiency (FCE)

تهیه خوراک ابتدا یونجه خشک داخل فیدر ریخته شده و بعد از ۵ دقیقه خرد شدن، سیلاژ ذرت اضافه و سپس در پایان کنسانتره به آن افزوده می‌شد و بعد از ۵ دقیقه مخلوط شدن خوراک نهایی تخلیه می‌شد. سپس خوراک توزین و به صورت انفرادی در اختیار هر گاو قرار می‌گرفت. گاوها در طول شبانه‌روز ۲ بار به ترتیب در ساعت ۰۸:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۴ در سالن شیردوشی مجهز به سیستم شیردوشی متاترون شرکت وست‌فالی (آلمان)، دوشیده می‌شدند. حیوانات هر روز قبل از هر وعده شیردوشی به مدت ۳۰ دقیقه جهت فعالیت فیزیکی و اجتماعی در یک بهار بند نگه داشته شدند. خوراک تازه پس از شیردوشی صبحگاهی در دسترس حیوانات قرار می‌گرفت و سپس پس از هر وعده شیردوشی، خوراک پشت آخور توزین شده هر حیوان، در داخل آخور ریخته می‌شد (ساعت خوراک‌دهی ۰۹:۰۰، ۱۶:۳۰ و ۰۰:۳۰). دوره آزمایش ۶۰ روز بود. گاوها در حد اشتها تغذیه شدند و حیوانات به‌طور آزاد دسترسی به آب داشتند. در طول دوره آزمایش، ماده خشک اقلام مواد خوراکی (یونجه خشک، سیلاژ ذرت و کنسانتره) به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری و جیره براساس آن تصحیح می‌گردید. همچنین آنالیز شیمیایی مواد خوراکی طبق روش‌های متداول (AOAC 2000) نیز در طول آزمایش کنترل می‌گردید.

اندازه‌گیری مصرف خوراک و تولید شیر:

در طول دوره آزمایش مصرف خوراک و تولید شیر به‌صورت روزانه ثبت گردید. مقدار خوراک برای هر حیوان به گونه‌ای تنظیم شد که بین ۵ تا ۱۰ درصد در آخور باقی‌بماند. ماده خشک خوراک تازه روزانه و باقیمانده هر روز در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد.

تغییرات وزن زنده بدن و نمره وضعیت بدنی:

در شروع آزمایش حیوانات در دو روز متوالی و پس از شیردوشی صبحگاهی توسط باسکول وزن‌کشی شدند.

تصحیح شده برای ۴ درصد چربی در جامعه آماری مورد نظر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل و زمان اجرای آزمایش

این آزمایش در مرکز تحقیقاتی و آموزشی گاو شیری دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت. دوره انجام آزمایش از ۱۳۹۵/۰۸/۲۰ تا ۱۳۹۵/۱۰/۲۰ بود. به‌منظور انجام این آزمایش و در نظر گرفتن آسایش و رفاه حیوانات به‌عنوان یک عامل موثر در بازده خوراک و رعایت حقوق حیوانات در این رساله دکتری، ابتدا یک جایگاه بسته با تهویه طبیعی^۱ براساس جدیدترین توصیه‌ها و با توجه به شرایط ایران، طراحی و در سال ۱۳۹۴ ساخته شد. ابعاد هر جایگاه ۲۲۰ سانتی‌متر طول و ۱۲۵ سانتی عرض بود و بستر آن کف‌پوش الاستیکی با ضخامت ۲ سانتی‌متر و به صورت فلکس استال^۱ برای اولین بار در ایران اجرا گردید. تهویه این جایگاه طبیعی بود هر جایگاه دارای یک آبخوری انفرادی بود. شرایط نگهداری و آسایش حیوانات براساس دستورالعمل‌های و استانداردهای تعریف شده (نادری و همکاران ۲۰۱۲)، بودند.

حیوانات آزمایشی و نحوه مدیریت:

در این آزمایش تعداد ۳۰ راس گاو شیرده نژاد هلشتاین مورد استفاده قرار گرفتند. آمار توصیفی حیوانات در شروع آزمایش در جدول ۱ گزارش شده است. حیوانات با یک جیره متوازن و با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی CPM Dairy V3 براساس میانگین اطلاعات ورودی، تغذیه شدند. اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره تغذیه شده در جدول‌های ۲ و ۳ گزارش شده است. جیره مدنظر برای گاوهای پرتولید بود و تمام استانداردهای تغذیه‌ای علمی مدنظر قرار گرفت. تغذیه به‌صورت خوراک کاملاً مخلوط (TMR) در ساعت ۹ صبح صورت می‌گرفت. برای تهیه خوراک، از فیدر اتوماتیک افقی رایج استفاده شد. برای

² Flex stall

¹ Natural tie stall

روزه بود، محاسبه شد. میانگین تغییرات وزن روزانه^۲ (ΔBW) (کیلوگرم در روز) برای هر گاو نیز برای فواصل ۳۰ و ۶۰ روزه محاسبه شد. سپس انرژی صرف شده برای افزایش توده بدنی^۳ ($\Delta BodyE$) (مگاکالری در روز) برای هر گاو با استفاده از معادله ۲ برآورد شد (انجمن تحقیقات گاوشیری آمریکا ۲۰۰۱):

معادله ۲:

$$\Delta BodyE = (2.88 + 1.036 \times BCS) \times \Delta BW$$

که BCS، میانگین نمره وضعیت بدنی برای هر گاو در طول دوره ۳۰ و ۶۰ روزه می باشد.

به عنوان یک نشانگر از اندازه هیکل یا فرم بدن، وزن زنده تصحیح شده براساس معادله ۳ محاسبه گردید. این تصحیح یک ارزیابی از اندازه بدن براساس وزن زنده بعد از تصحیح برای نمره وضعیت بدنی ارائه می دهد.

معادله ۳:

$$\text{Adjusted BW} = \frac{BW}{(0.137 \times BCS + 0.589)}$$

همچنین نسبت شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی^۴ (FCM 4%) به خوراک مصرفی برای هر حیوان در طول دوره براساس میانگین تولید ۴% FCM (طبق معادله ۴) تقسیم بر میانگین ماده خشک مصرفی روزانه محاسبه گردید (FCM 4%/DMI).

معادله ۴:

$$FCM 4\% = (0.4 \times \text{milk (kg)}) + (15 \times \text{fat (kg)})$$

تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری^۵ ($DietNE_L$) نیز براساس معادله ۵ محاسبه گردید (پوتس و همکاران ۲۰۱۵):

معادله ۵:

$DietNE_L = (\text{MilkE} + 0.08 \times \text{MBW} + \Delta \text{BodyE}) / \text{DMI}$ چند برابر نیاز نگهداری^۶ (MM) براساس احتیاجات و مصرف واقعی خوراک محاسبه گردید (پوتس و همکاران ۲۰۱۵). چند برابر نیاز نگهداری برای احتیاجات^۷ (MM_R)

براساس معادله ۶:

همچنین نمره وضعیت بدنی (BCS) گاوها براساس روش امتیازدهی ۱ تا ۵، نمره داده شد (ویلدمن و همکاران ۱۹۸۲). وزن کشتی و نمره دهی وضعیت بدنی حیوانات به فواصل ۳۰ روزه نیز انجام گرفت. قبل از وزن کشتی حیوانات، ترازو از لحاظ عملکردی و کالیبره بودن کنترل می گردید.

اندازه گیری ترکیبات شیر:

نمونه شیر به وسیله دستگاه نمونه گیری سیستم شیردوشی متاترون از هر سه وعده دوشش اخذ و پس از مخلوط شیر براساس مقدار شیر تولیدی در هر وعده، برای درصد چربی خام، پروتئین خام، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد به آزمایشگاه های تخصصی معاونت بهبود تولیدات دامی جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی انتقال داده شد. درصد چربی خام، پروتئین خام، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد به روش تخمین طیف سنجی مادون قرمز به وسیله دستگاه میکواسکن ۴۰۰۰ برند FOSS (کشور دانمارک) اندازه گیری شد (لانج و همکاران ۲۰۰۶).

محاسبات:

انرژی خروجی شیر^۱ (مگا کالری در روز) (MilkE) برای هر گاو با استفاده از معادله ۱ برآورد شد (انجمن تحقیقات گاوشیری آمریکا ۲۰۰۱):

معادله ۱:

$$\text{MilkE} = (9.29 \times \text{fat (kg)}) + (5.63 \times \text{true protein (kg)}) + (3.95 \times \text{lactose (kg)})$$

که هر یک از اجزاء براساس میانگین خروجی برای هر گاو در طول دوره ۳۰ و ۶۰ روزه به دست آمده است و fat برابر با چربی تولیدی شیر، true protein برابر با پروتئین تولیدی شیر و lactose برابر با لاکتوز تولیدی شیر بود.

وزن زنده متابولیکی (MBW) برای هر گاو براساس وزن زنده تصحیح شده (معادله ۳) به توان ۰/۷۵ که وزن زنده هر دام، میانگین وزن گاو در طول دوره ۳۰ روزه و ۶۰

⁵ Apparent diet energy density ($DietNE_L$)

⁶ Multiple of maintenance (MM)

⁷ Multiple of maintenance based on requirement (MM_R)

¹ Milk energy output (MilkE)

² Daily body weight change (ΔBW)

³ Change in body energy ($\Delta BodyE$)

⁴ Fat-corrected milk (4%) (FCM 4%)

که در این معادله تراکم انرژی جیره (diet energy density)، برابر با میانگین تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری محاسبه شده (DietNE_L) (معادله ۵) است.

محاسبه مازاد مصرف خوراک (RFI):

برای تعیین RFI، ماده خشک مصرفی روزانه مدل‌سازی گردید که مدل‌های مورد استفاده عبارت است از:

معادله ۶: $MM_R =$

$$(MilkE + 0.08 \times MBW + \Delta BodyE) / (0.08 \times MBW)$$

و برای مصرف واقعی خوراک (MM_I)^۱ براساس معادله ۷:

معادله ۷:

$$MM_I = (DMI \times \text{diet energy density}) / (0.08 \times MBW)$$

RFI model 1: DMI_i

$$= \beta_0 + \beta_1 \times MilkE_i + \beta_2 \times MBW_i + \beta_3 \times \Delta BodyE_i + \beta_4 \times \Delta BW_i + \beta_5 \times Parity_i + \beta_6 \times \text{Week of lactation}_i + \varepsilon_i$$

RFI model 2: DMI_i = $\beta_0 + \beta_1 \times FCM\ 4\%_i + \beta_2 \times MBW_i + \beta_3 \times \Delta BW_i + \varepsilon_i$

RFI model 3: DMI_i = $\beta_0 + \beta_1 \times MilkE_i + \beta_2 \times MBW_i + \beta_3 \times \Delta BodyE_i + \beta_4 \times Parity_i + \varepsilon_i$

RFI model 4: DMI_i = $\beta_0 + \beta_1 \times MilkE_i + \varepsilon_i$

آنالیز آماری:

از نرم‌افزارهای آماری و محاسباتی Excel (نسخه ۲۰۰۷) و Minitab (نسخه ۱۹) استفاده شد. از رگرسیون خطی چندگانه^۲ برای مدل‌سازی ماده خشک مصرفی استفاده گردید. مقدار باقیمانده هر مدل (ε_i) به‌عنوان شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) در نظر گرفته شد. از همبستگی پیرسون برای بررسی روابط بین ماده خشک مصرفی، مازاد مصرف خوراک و بازده خام خوراک براساس شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی با دیگر شاخص‌ها بیولوژیکی استفاده شد. سطح آماری کمتر از ۱ و ۵ درصد (P<0.01 and P<0.05) استفاده شد و سطح آماری کمتر از ۱۰ درصد (P<0.1) نیز به‌عنوان روند معنی‌داری در نظر گرفته شد.

که DMI_i ماده خشک مصرفی مشاهده شده، MilkE_i انرژی خروجی شیر مشاهده شده، MBW_i میانگین وزن متابولیکی براساس وزن زنده تصحیح شده حیوان، ΔBodyE_i تغییرات برآورده شده در انرژی ذخایر بدنی براساس وزن زنده و نمره وضعیت بدنی حیوان، ΔBW تغییرات وزن روزانه، Parity شکم زایش، Week of lactation میانگین هفته شیردهی و FCM 4% شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی و ε_i باقیمانده یا مازاد مصرف خوراک (RFI) می‌باشد. در تمام مدل‌ها از وزن متابولیکی تصحیح شده استفاده شد، به‌جز در مدل ۲ که از وزن زنده غیر تصحیح شده برای محاسبه وزن متابولیکی استفاده گردید.

Table 1- Summary of data for animals used in the experiment

Trait	Mean	Min	Max	Median	Standard deviation (SD)
Milk (kg)	38.81	26.47	53.66	38.9	6.22
Body Weight (BW) (kg)	594	471	649.5	597	62.6
Parity	2.13	1	5	2	1.19
Days in milk (DIM)	94.5	59	132	99	21.5

² Multiple linear regression

¹ Multiple of maintenance based on actual intake (MM_I)

Table 2- Feed ingredients of experimental diet (% DM)

Feed Ingredient	% (DM)
Alfalfa hay	20
Corn silage	20
Ground barley	15.76
Ground corn	13.6
Dried beet pulp	6.4
Whole cottonseed	2
Soybean meal	9.6
Canola meal	4.0
Fish meal	2.4
Wheat bran	1.6
Fat supplement	1.6
Urea	0.2
Bicarbonate sodium	0.72
Magnesium oxide	0.22
NaCl	0.2
Calcium carbonate	0.52
Di calcium phosphate (DCP)	0.12
Mineral and Vitamin mix ¹	0.52
Premix Vit E ²	0.32
Toxin binder	0.08
Availa-4 ³	0.06
Mepron M85 ⁴	0.08
Total	100

¹ Mineral and vitamin premix provided (mg/kg of supplement for mineral and IU/ kg of supplement for vitamin): Calcium, 190000 mg; Phosphor, 90000 mg; Magnesium, 18000 mg; Manganese, 10000 mg; Iron, 10000 mg; Copper, 2015 mg; Zinc, 12700 mg; Cobalt, 80 mg; Iodine, 180 mg; Selenium, 100 mg; vitamin A, 1000000 IU; vitamin D3, 250000 IU; vitamin E, 1000 IU.

² Vitamin E premix provided (IU/kg of supplement): vitamin E, 5500 IU.

³ Availa-4 is a nutrinal feed ingredient for animals that contains a combination of organic zinc, manganese, copper and cobalt (Zinpro): Zinc, 51500 ppm; Manganese, 28600 ppm; Copper, 18000 ppm; Cobalt, 1800 ppm.

⁴ Mepron M85 is rumen-protected methionine for dairy cows (Evonik, Germany).

Table 3- Chemical composition of experimental diet based on CPM Dairy's report

Chemical composition	Amount
Dry matter (DM) (%)	58
Forage : concentrate ratio	40:60
Net energy of lactation (NEL) (Mcal/kg)	1.69
Crude protein (CP) (%)	16.5
Rumen degradable protein (RDP) (%CP)	63
Rumen undegradable protein (RUP) (%CP)	37
Ether extract (EE) (%)	4.9
Neutral detergent fiber (NDF) (%)	31.2
Acid detergent fiber ADF (%)	19
Non-fiber carbohydrates (NFC) (%)	41.5
Starch (%)	26.2
Ash (%)	8.3
Calcium (%)	0.9
Phosphorus (%)	0.52

نتایج و بحث

مدل‌سازی ماده خشک مصرفی و برآورد RFI:

خروجی مدل‌های ۱ تا ۴ مورد استفاده برای پیش‌بینی ماده خشک مصرفی (DMI) و برآورد شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) براساس داده‌های جمع‌آوری شده در یک دوره ۶۰ روزه در جدول ۴ نشان داده شده است. در مدل ۱، اثر تمام متغیرها به جز اثر شکم زایش معنی‌دار بود ($P < 0.05$). با وجود این، اثر شکم زایش روند معنی‌داری از خود نشان داد ($P < 0.1$). ضریب تبیین این مدل ۸۸/۵۱ درصد بود. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، 0.86 ± 0 (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود. در مدل ۲، اثر تمام متغیرها معنی‌دار بود ($P < 0.05$). این مدل توانست ۷۸/۸۲ درصد تغییرات در DMI روزانه را تبیین نماید. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، 1.25 ± 0 (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود. در مدل ۳، اثر تمام متغیرها به جز اثر شکم زایش معنی‌دار بود ($P < 0.01$). ضریب تبیین این مدل ۸۰/۰۵ درصد بود. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، 1.18 ± 0 (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود. مدل ۴ برخلاف دیگر مدل‌های، یک مدل رگرسیونی خطی یک متغیره بود.

ضریب تبیین تصحیح‌شده این مدل ۶۴/۴۱ درصد و اثر انرژی خروجی شیر معنی‌دار بود. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، 1.78 ± 0 (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود (جدول ۴).

همچنین، مدل‌های ۱ تا ۴ مورد استفاده برای برآورد شاخص RFI براساس داده‌های جمع‌آوری شده در یک دوره ۳۰ روزه در جدول ۵ نشان داده شده است. در مدل ۱ (دوره ۳۰ روزه) اثر متغیر انرژی خروجی شیر و انرژی ذخایر بدنی در سطح آماری ۰/۰۵ معنی‌دار بود و متغیرهای تغییرات وزن روزانه، شکم زایش و هفته شیردهی روند معنی‌داری در سطح آماری ۰/۱ داشتند. وزن متابولیکی تصحیح‌شده در این مدل معنی‌دار نبود. ضریب تبیین تصحیح‌شده این مدل ۸۴/۶۲ درصد بود. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، 0.98 ± 0 (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود. برای بهبود این مدل از روش رگرسیون چندگانه قدم به قدم استفاده شد و مدل ۱ تغییر یافت. در مدل ۱ تصحیح‌شده، تمام متغیرها به جز متغیر هفته شیردهی که در سطح ۰/۱ معنی‌دار بود، در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بودند. اما این مدل نتوانست تغییراتی در ضریب تبیین و میانگین و انحراف معیار

¹ Stepwise method

بدنی معنی دار بود ($P < 0.05$). اما اثر وزن متابولیکی تصحیح شده و شکم زایش معنی دار نبود. ضریب تبیین تصحیح شده این مدل $78/33$ درصد بود. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، $0 \pm 1/21$ (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود. ضریب تبیین تصحیح شده مدل $69/92$ درصد و اثر انرژی خروجی شیر معنی دار بود. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، $0 \pm 1/51$ (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود.

ایجاد کند. ضریب تبیین تصحیح شده این مدل $84/79$ درصد بود (جدول ۵). در مدل ۲ (دوره ۳۰ روزه)، اثر تمام متغیرها به جز تغییرات وزن روزانه معنی دار بود ($P < 0.01$). این مدل توانست $75/53$ درصد تغییرات در DMI روزانه را تبیین نماید (جدول ۵). میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، $0 \pm 1/32$ (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود. در مدل ۳، فقط اثر متغیر انرژی خروجی شیر و انرژی ذخایر

Table 4- Model 1 to 4 used for predicting DMI and estimating RFI based on data collected during a 60-days period

Model	Adjusted R ² (%)	Mean ± SD
RFI model 1: DMI = $-18.41 + 0.5660 \times \text{MilkE}^{***} + 0.10 \times \text{MBW}^{**} + 3.46 \times \Delta\text{BodyE}^{***} - 9.51 \times \Delta\text{BW}^{**} + 0.413 \times \text{Parity}^* + 0.1771 \times \text{Week of lactation}^{**}$	88.51	0 ± 0.86
RFI model 2: DMI = $-8.43 + 0.3179 \times \text{FCM } 4\%^{***} + 0.1653 \times \text{MBW}^{***} + 1.749 \times \Delta\text{BW}^{**}$	78.82	0 ± 1.25
RFI model 3: DMI = $-8.03 + 0.4290 \times \text{MilkE}^{***} + 0.1381 \times \text{MBW}^{***} + 0.791 \times \Delta\text{BodyE}^{***} + 0.229 \times \text{Parity}$	80.05	0 ± 1.18
RFI model 4: DMI = $4.47 + 0.7097 \times \text{Milke}^{***}$	64.41	0 ± 1.68

DMI= Dry matter intake, MilkE= Milk energy output, MBW= Metabolic body weight ($\text{BW}^{0.75}$), ΔBodyE = Change in body energy, ΔBW = Daily BW change, Parity= Parity, Week of lactation= Week of lactation, FCM 4%= Fat corrected milk (4%).

*** Considered significant at $P < 0.01$, ** Considered significant at $P < 0.05$, * Considered significant at $P < 0.10$.

Table 5- Model 1 to 4 used for predicting DMI and estimating RFI based on data collected during a 30-days period

Model	Adjusted R ² (%)	Mean ± SD
RFI model 1: DMI = $-5.06 + 0.5601 \times \text{MilkE}^{***} + 0.0392 \times \text{MBW} + 1.511 \times \Delta\text{BodyE}^{**} - 4.14 \times \Delta\text{BW}^* + 0.554 \times \text{Parity} + 0.1528 \times \text{Week of lactation}^*$	84.62	0 ± 0.98
Adjusted RFI model 1: DMI = $-2.32 + 0.6056 \times \text{MILKE}^{***} + 1.673 \times \Delta\text{BodyE}^{**} - 4.70 \times \Delta\text{BW}^{**} + 0.701 \times \text{Parity}^{***} + 0.1457 \times \text{Week of lactation}^*$	84.69	0 ± 1.01
RFI model 2: DMI = $-4.23 + 0.3480 \times \text{FCM } 4\%^{***} + 0.1219 \times \text{MBW}^{***} + 0.638 \times \Delta\text{BW}$	75.53	0 ± 1.32
RFI model 3: DMI = $0.90 + 0.457 \times \text{MilkE}^{***} + 0.0603 \times \text{MBW} + 0.352 \times \Delta\text{BodyE}^{**} + 0.537 \times \text{Parity}$	78.33	0 ± 1.21
RFI model 4: DMI = $4.11 + 0.7031 \times \text{Milke}^{***}$	69.92	0 ± 1.51

DMI= Dry matter intake, MilkE= Milk energy output, MBW= Metabolic body weight ($\text{BW}^{0.75}$), ΔBodyE = Change in body energy, ΔBW = Daily BW change, Parity= Parity, Week of lactation= Week of lactation, FCM 4%= Fat-corrected milk (4%).

*** Considered significant at $P < 0.01$, ** Considered significant at $P < 0.05$, * Considered significant at $P < 0.10$.

چندگانه و به‌روش قدم به قدم بود، مورد استفاده قرار داد (زی و همکاران ۲۰۱۶). در این مدل تمام اثرات به‌جز روزهای شیردهی معنی‌دار بود و این مدل توانست ۸۵ درصد تغییرات در DMI را تبیین کند. میانگین و انحراف معیار برای شاخص RFI، $0/08 \pm 0/001$ (کیلوگرم ماده خشک در روز) بود (زی و همکاران ۲۰۱۶). در پژوهشی دیگر، مدلی مشابه این مدل استفاده شد که متغیرها آن وزن متابولیکی، شیر تصحیح‌شده برای چربی و افزایش وزن روزانه بود. در این مطالعه، اطلاعات علمی در زمینه معنی‌دار بودن متغیرهای مدل و ضریب تبیین مدل ارائه نشده بود (الولیمی و همکاران ۲۰۱۸). در پژوهشی دیگر، مدلی که متغیرهای آن شامل انرژی خروجی شیر، وزن متابولیکی و افزایش وزن روزانه بود، برای مدل‌سازی DMI، برآورد شاخص RFI و گروه‌بندی دام‌ها استفاده شد. در این مطالعه نیز، اطلاعاتی در زمینه معنی‌دار بودن متغیرهای مدل و ضریب تبیین مدل ارائه نشده بود (زئی و همکاران ۲۰۱۹).

ژیویل و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از یک مدل بسیار ساده، مدل‌سازی DMI و برآورد RFI برای گاوهای شیری را در شرایط تغذیه‌ای آمریکا مورد بررسی قرار دادند (ژیویل و همکاران ۲۰۱۵). در این مطالعه، فقط از یک متغیر پیش‌بینی‌کننده برای مدل‌سازی ماده خشک استفاده شده بود و روش مدل‌سازی آن، مدل رگرسیونی ساده خطی بود. این متغیر، شیر تصحیح‌شده برای انرژی بود. اگرچه اجزاء این مدل، مشابه مدل ۴ در مطالعه ما بود، با وجود این، اطلاعات علمی مربوط به ضریب متغیر مدل، ضریب تبیین و معنی‌دار بودن متغیر آن، ارائه نشده بود.

همچنین، در پژوهشی با استفاده از مدلی که متغیرها آن شامل قد، عرض سینه و عمق بدن حیوان بود، ضریب تبیین مدل پیش‌بینی‌کننده DMI، $0/64$ برای جامعه گاوهای آمریکا و $0/43$ برای جامعه گاوهای هلندی گزارش شد و با افزودن انرژی خروجی شیر به مدل، ضریب تبیین به‌ترتیب به $0/95$ و $0/74$ رسید (مانزانیلا-

در پژوهشی، با استفاده از ۴ متغیر ورودی انرژی خروجی شیر (Milke)، وزن متابولیکی تصحیح‌شده (MBW)، انرژی ذخایر بدنی (ΔBodyE) و شکم زایش (Parity) (به‌عنوان اثر ثابت)، پیش‌بینی ماده خشک مصرفی و برآورد RFI انجام شد. ضریب‌های مدل برای متغیرهای Milke، MBW، ΔBodyEi و شکم زایش به‌ترتیب برابر با $0/35$ ، $0/09$ ، $0/05$ و $-1/96$ و ضریب تبیین مدل، $0/86$ گزارش شد (مشابه اجزاء مدل ۳ در پژوهش ما) (پوتس و همکاران ۲۰۱۵). در این مدل، اثر انرژی خروجی شیر و وزن متابولیکی تصحیح‌شده برای مدل معنی‌دار بود. در این پژوهش پس از حذف اثر شکم زایش از مدل، ضریب‌های مدل برای متغیرهای Milke، MBW و ΔBodyE به‌ترتیب $0/42$ ، $0/13$ و $0/04$ و ضریب تبیین مدل نیز برابر با $0/83$ بود (پوتس و همکاران ۲۰۱۵). اما، در این مطالعه برای آنالیزهای بعدی خود از مدل کامل که اثر شکم زایش به‌عنوان اثر ثابت بود، استفاده شده بود (پوتس و همکاران ۲۰۱۵). براساس برآورد داده‌های مطالعه ما براساس مدل بالا، ضریب‌های رگرسیونی برای Milke، MBW و ΔBodyE به‌ترتیب $0/43$ ، $0/16$ و $0/89$ بود (ضریب تبیین مدل $80/38$ درصد). همچنین، در این مطالعه با استفاده از داده‌های ۴ آزمایش مختلف، معنی‌دار نبودن اثر وزن متابولیکی در مدل برای داده‌های یک آزمایش گزارش شده بود (پوتس و همکاران ۲۰۱۵)، که دلیل آن درصد زیاد گاوهای شکم اول در آن آزمایش گزارش شد.

در پژوهشی دیگر براساس آنالیز رگرسیون چندگانه براساس متغیرهای وزن متابولیکی، انرژی خروجی شیر و انرژی ذخایر بدنی، ضریب تبیین مدل $0/37$ گزارش شد (آشر و همکاران ۲۰۱۴). در این مدل اثر انرژی ذخایر بدنی و وزن متابولیکی معنی‌دار نبود (آشر و همکاران ۲۰۱۴). به‌طور مشابه، زی و همکاران (۲۰۱۶)، مدلی که متغیرهای آن وزن متابولیکی، شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی، میانگین افزایش وزن روزانه، روزهای شیردهی و سن حیوان براساس یک مدل رگرسیون

فیزیولوژیکی حیوانات، عدم آگاهی دانش بشری در برخی حوزه‌های پیچیده متابولیکی و نحوه محاسبه RFI و مدل مورد استفاده باشد.

اثر طول دوره رکوردبرداری:

با توجه به نتایج بالا، نتایج برآورد شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) براساس مدل ۱ (۶۰ روزه و ۳۰ روزه) مورد استفاده قرار گرفت. همبستگی پیرسون بین DMI روزانه برای دوره ۳۰ و ۶۰ روزه، ۰/۹۹۴ و شاخص RFI براساس مدل ۱ برای دوره ۳۰ و ۶۰ روزه، ۰/۸۸۲ بود، که بیانگر تکرارپذیری زیاد می‌باشد. در پژوهشی در سال ۲۰۱۹، همبستگی شاخص RFI برآورد شده براساس یک دوره ۶۴ تا ۷۰ روزه برای اندازه‌گیری DMI در طول روزهای شیردهی ۱۵۰ تا ۲۲۰ با RFI برآورد شده براساس کل دوره شیردهی، ۰/۹ گزارش شد (کونر و همکاران ۲۰۱۹). در این پژوهش، ضریب همبستگی دوره ۲۸ روزه با کل دوره شیردهی ۰/۵۷ و اثر روزهای شیردهی حیوان در شروع دوره (دوره زمانی رکوردبرداری ماده خشک مصرفی) نیز مهم بود. براساس اطلاعات این پژوهش ضریب همبستگی دوره ۲۸ روزه ارزیابی با کل دوره شیردهی برای روز شیردهی ۱۰۸م، ۰/۷۶ و برای دوره ۵۶ روزه ۰/۸۷ بود (کونر و همکاران ۲۰۱۹). در مطالعه‌ای دیگر، نتایج نشان داد که یک دوره ۱۴ روزه می‌تواند منجر به رتبه‌بندی و گروه‌بندی دام‌ها با همبستگی ۰/۶ گردد. زمانی که طول دوره ۲۱ روزه یا بیشتر برای گروه‌بندی دام‌ها استفاده شد، ضریب همبستگی نسبت به یک دوره ۱۰۵ روزه، ۰/۶۵ بود (آشر و همکاران ۲۰۱۴). اما در پژوهشی دیگر، همبستگی اسپیرمن بین یک هفته و ۸ هفته دوره بررسی، ۰/۴۴ بود و ضریب همبستگی تا ۰/۶۴ برای ۷ هفته دوره اندازه‌گیری رسید (پوتس و همکاران ۲۰۱۵). با توجه به نتایج این پژوهش‌های و مطالعه ما، استفاده از یک دوره ۳۰ روزه برای ارزیابی DMI می‌تواند موثر باشد. اما این نتیجه‌گیری به معنای همبستگی زیاد (نتایج دوره ۳۰ روزه) با شاخص RFI کل دوره شیردهی نمی‌باشد. زیرا

پیچ و همکاران ۲۰۱۶). اما این پژوهشگران عنوان نمودند که این دقت باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد زیرا خطای استاندارد زیاد بین همبستگی ژنتیکی بین هدف و صفات پیشگویی‌کننده (متغیرهای مورد استفاده در مدل) احتمالاً باعث برآورد بیشتر از مقدار شود. لذا، اندازه‌گیری DMI باید برای دقت بیشتر هنوز ادامه یابد (مانزانیلا-پیچ و همکاران ۲۰۱۶).

همبستگی پیرسون بین شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) برای مدل‌های ۱ با ۲، ۳ و ۴ برابر دوره ۶۰ روزه به ترتیب ۰/۸۱۷، ۰/۷۲۸ و ۰/۵۱۵ و برای دوره ۳۰ روزه به ترتیب برابر با ۰/۸۳۰، ۰/۸۰۸ و ۰/۶۴۸ بود ($P < 0.01$). این نتایج بیانگر اثر متغیرها و مدل‌سازی در تعیین میزان شاخص RFI و گروه‌بندی و رتبه‌بندی دام‌ها براساس شاخص RFI ($\text{Mean} \pm 0.5 \text{ SD}$) است. همچنین در حال حاضر با استفاده از داده‌های خام حاصل از آزمایش‌ها مختلف، مدل‌های جدید برای پیش‌بینی DMI براساس انرژی خروجی شیر، وزن زنده، نمره وضعیت بدنی، شکم زایش و روزهای شیردهی در شرایط عملی پیشنهاد شده است که توصیه شده است می‌تواند جایگزین مدل‌های نرم‌افزارهای تغذیه‌ای مانند NRC 2001 شود (دی‌سوزا و همکاران ۲۰۱۹). همچنین، اگرچه مدل ۱ برای دوره ۶۰ روزه توانست براساس متغیرهای مدل، ۸۸/۵۱ درصد تغییرات DMI را پیش‌بینی نماید، اما عوامل بسیاری در مقدار DMI اختیاری حیوان موثرند. نظریه‌ها براساس پرشدن نگاری - شکمبه، عوامل بازگشت - متابولیکی یا مصرف اکسیژن برای تعیین و پیش‌بینی DMI اختیاری پیشنهاد شده است (انجمن تحقیقات گاو شیری آمریکا ۲۰۰۱). که این عوامل نیز می‌تواند در بهبود ضریب تبیین مدل‌های و چرایی شاخص RFI زیاد و کم مورد توجه قرار گیرد. همچنین، این تنوع در نتایج پژوهش‌های مختلف (آشر و همکاران ۲۰۱۴؛ پوتس و همکاران ۲۰۱۵؛ زی و همکاران ۲۰۱۶؛ الولیمی و همکاران ۲۰۱۸؛ زئی و همکاران ۲۰۱۹)، احتمالاً می‌تواند ناشی از تنوع در مدیریت تغذیه، ژنتیک حیوانات، شرایط

بین شاخص RFI با درصد چربی و پروتئین شیر مشاهده شد (جدول ۷ و شکل ۱). همین روند برای دوره ۳۰ روزه مشاهده شد، با این تفاوت که همبستگی شاخص RFI با درصد چربی و پروتئین شیر معنی‌دار نبود (جدول ۷).

در پژوهشی، همبستگی معنی‌داری بین DMI و شاخص‌های بازدهی و عملکردی گزارش شده بود (آشر و همکاران ۲۰۱۴). اما، در این پژوهش عدم همبستگی معنی‌دار بین DMI با وزن زنده بدن و افزایش وزن روزانه به‌عنوان سوال و مشاهده غیر قابل‌انتظار گزارش شد و بررسی آن را در پژوهش‌های آینده پیشنهاد نمود (آشر و همکاران ۲۰۱۴). اما در مطالعه ما، همبستگی معنی‌دار بین DMI با وزن زنده مشاهده شد، ولی با تغییرات وزن روزانه معنی‌دار مشاهده نشد.

در پژوهش ما، همبستگی با روند معنی‌داری بین شاخص RFI با درصد چربی و پروتئین شیر برای دوره ۶۰ روزه مشاهده شد، ولی همبستگی معنی‌داری بین DMI با درصد چربی و پروتئین شیر مشاهده نشد (جدول ۶ و ۷ و شکل ۱). این روند (همبستگی RFI با درصد چربی و پروتئین شیر)، برای نتایج دوره ۳۰ روزه مشاهده نشد. در پژوهشی، رابطه بین DMI و طیف‌سنجی چربی شیر و رابطه بین RFI و طیف‌سنجی پروتئین شیر در شرایط تغذیه‌ای دانمارک گزارش شد (شتی و همکاران ۲۰۱۷).

براساس بررسی منابع علمی چاپ شده، در یک پژوهش به بررسی همبستگی بین RFI با درصد چربی و پروتئین شیر برای کل داده‌ها پرداخته شده بود (زی و همکاران ۲۰۱۶). در این پژوهش، همبستگی معنی‌دار بین RFI و درصد چربی و پروتئین شیر برای کل داده‌ها گزارش نشده بود. اما در این مطالعه، اختلاف معنی‌دار برای درصد پروتئین شیر برای دو گروه RFI زیاد و کم که به‌ترتیب برابر با ۲/۱۵ و ۳/۳۵ درصد بود، گزارش گردید (زی و همکاران ۲۰۱۶). نتایج همبستگی ما، روند معکوس این نتایج را تأیید می‌نماید. زی و همکاران (۲۰۱۶)، اطلاعات مربوط به همبستگی بین RFI با چربی و پروتئین تولیدی شیر را گزارش نکرده بودند.

در مطالعه ما، کل دوره شیردهی (همبستگی RFI دوره ۳۰ روزه و RFI ۳۰۵ روزه) مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین، اندازه‌گیری تغییرات وزن بدن و نمره وضعیت بدنی در یک دوره ۳۰ روزه دارای محدودیت‌های است. معنی‌دار نبودن بعضی از متغیرها در مدل‌های ۳۰ روزه (جدول ۵) می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده مطرح باشد. لذا، پژوهش‌های بیشتر برای تأیید این موضوع مورد نیاز می‌باشد.

همبستگی بین ماده خشک مصرفی و RFI با شاخص‌های بیولوژیکی:

برای بررسی همبستگی پیرسون بین DMI و شاخص RFI با شاخص‌ها عملکردی و تولیدی، از شاخص RFI مدل ۱ برای دوره ۳۰ و ۶۰ روزه استفاده گردید (جدول ۶ و ۷). نتایج برای دوره ۶۰ روزه نشان داد که همبستگی بین DMI با انرژی خروجی شیر (Milke)، وزن متابولیکی تصحیح‌شده (MBW)، شکم زایش (Parity)، تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری (DietNE_L) و چند برابر نیاز نگهداری براساس مصرف واقعی خوراک (MMI)، تولید شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی (FCM 4%) و وزن زنده حیوان (BW) در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). همین روند برای دوره ۳۰ روزه نیز مشاهده گردید، با این تفاوت که چند برابر نیاز نگهداری براساس احتیاجات (MM_R) نیز معنی‌دار بود ($P < 0.05$) (جدول ۶). روند معنی‌داری برای همبستگی پیرسون بین ماده خشک مصرفی و شاخص RFI در سطح ۱۰ درصد برای دوره ۳۰ و ۶۰ روزه مشاهده شد (جدول ۶).

برای شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI)، همبستگی پیرسون بین شاخص RFI با بازده خام خوراک براساس انرژی خروجی شیر (Milke/DMI)، تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری (DietNE_L)، چند برابر نیاز نگهداری براساس مصرف واقعی خوراک (MMI) و بازده خام خوراک براساس شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی (FCM 4%/DMI) در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). همچنین، روند معنی‌داری برای همبستگی پیرسون

که افزایش درصد چربی و پروتئین شیر با افزایش RFI ارتباط دارد، نیاز به پژوهش‌های بیشتر دارد. احتمالاً متابولیسم چربی و پروتئین در بدن و عوامل موثر در سنتز چربی و پروتئین شیر در این شرایط دخیل باشد (وانگ و کادارمیدین ۲۰۱۹؛ ورن‌کویک و همکاران ۲۰۱۷). در پژوهشی، براساس داده‌های متابولیمیکس، اختلاف معنی‌دار در گروه اسیدهای چرب پلاسما و دیگر چرخه‌های متابولیکی در متابولیسم پروتئین بین دو گروه RFI کم و زیاد در دو نژاد هلشتاین و جرسی گزارش شد (وانگ و کادارمیدین ۲۰۱۹). اما در این مطالعه، کم بودن تعداد نمونه جمعیت آماری مورد اشاره قرار گرفت. همچنین، در پژوهشی دیگر به نقش اسیدهای چرب بلند زنجیر شیر به‌عنوان شناسگر (اندیکاتور) وضعیت انرژی در گاوهای شیری اشاره شد (ورن‌کویک و همکاران ۲۰۱۷).

همبستگی معنی‌دار بین شاخص RFI با بازده خام خوراک براساس انرژی خروجی شیر (Milke/DMI) و شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی (FCM 4%/DMI) مشاهده شد. این نتایج، نتایج مطالعه آشر و همکاران (۲۰۱۴) و پوتس و همکاران (۲۰۱۵) را تأیید می‌کند. همبستگی معنی‌دار بین RFI و DMI با چند برابر نیاز نگهداری براساس مصرف واقعی خوراک (MMI) و تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری (DietNE_L) و همچنین همبستگی با روند معنی‌داری بین RFI و DMI مشاهده شد ($P=0.059$ و $P=0.1$) (جدول ۶ و ۷). در پژوهشی‌ها متعدد، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین RFI با DMI برای گاوهای نژاد هلشتاین و جرسی گزارش شده است (پوتس و همکاران ۲۰۱۵؛ زی و همکاران ۲۰۱۶؛ لاوندهال و همکاران ۲۰۱۸). این همبستگی‌ها می‌تواند بیانگر رابطه بین قابلیت هضم در سطح نگهداری و کاهش درصد واحد قابلیت هضم برای هر مقدار از خوراک‌دادن نسبت به نگهداری که در مقالات مختلف گزارش شده است، را نشان دهد (انجمن تحقیقات گاو شیری آمریکا ۲۰۰۱). قابلیت هضم جیره‌های غذایی تغذیه شده به گاوهای شیری با

در پژوهشی دیگر، روند معنی‌داری برای درصد چربی شیر، بین دو گروه RFI زیاد و کم گزارش شد (ترون‌هیل و همکاران ۲۰۱۴). درصد چربی شیر برای گروه RFI کم و زیاد به ترتیب برابر با ۳/۸۴ و ۴/۲۶ درصد گزارش شد. در این پژوهش، اختلاف معنی‌دار برای چربی و پروتئین تولیدی شیر بین این دو گروه گزارش نشده بود (ترون‌هیل و همکاران ۲۰۱۴). روند همبستگی نتایج ما، نتایج ترون‌هیل و همکاران (۲۰۱۴) را تأیید می‌نماید.

همچنین در پژوهشی، زئی و همکاران (۲۰۱۹) اختلاف معنی‌دار ($P=0.01$) را فقط برای درصد چربی شیر برای دو گروه RFI زیاد و کم (بازده خوراک کم و زیاد) گزارش نمودند. درصد چربی شیر برای گروه RFI کم و زیاد به ترتیب برابر با ۳/۸۳ و ۴/۲۳ درصد گزارش شد (زئی و همکاران ۲۰۱۹). نتایج همبستگی پژوهش ما (جدول ۷ و شکل ۱)، این روند را تأیید می‌نماید. در این پژوهش اختلاف معنی‌دار برای درصد پروتئین شیر و پروتئین تولیدی شیر گزارش نشده بود (زئی و همکاران ۲۰۱۹). باید این نکته بیان شود که تعداد نمونه آماری در آزمون‌های آماری و معنی‌دار بودن متغیرها اثر دارد. علاوه بر این، عدم روند استاندارد در گزارش‌دهی نتایج RFI در مقالات مختلف قابل مشاهده است (پوتس و همکاران ۲۰۱۵؛ ترون‌هیل و همکاران ۲۰۱۴؛ زی و همکاران ۲۰۱۶؛ زئی و همکاران ۲۰۱۹). به‌عنوان مثال، باید عنوان نمود که اگرچه پوتس و همکاران (۲۰۱۵)، جدول نتایج همبستگی بین RFI با شاخص‌ها عملکردی و تولیدی را برای کل داده‌ها ارائه نموده بود، اما، نتایج مربوط به همبستگی بین RFI با درصد چربی و پروتئین شیر گزارش نشده بود.

همبستگی مثبت و متوسط با روند معنی‌داری بین درصد چربی و پروتئین شیر با شاخص RFI نیاز به بررسی بیشتر دارد. زیرا این موضوع به این معنی است که افزایش درصد چربی و پروتئین شیر، برابر با افزایش شاخص RFI است و از آنجا که چربی و پروتئین تولیدی با RFI همبستگی نداشت، مشاهده و چرایی این موضوع

افزایش یافتن مقدار خوراک مصرفی کاهش می‌یابد. این امر مقدار انرژی هر جیره را با افزایش مصرف کاهش می‌دهد. همبستگی DMI با تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری ($DietNE_L$) (همبستگی -0.769)، این نتیجه‌گیری را تأیید می‌نماید. در مجموع، RFI به‌طور مثبت با خوراک مصرفی ارتباط دارد، اما با تولید شیر، وزن متابولیکی و تغییرات وزن زنده رابطه‌ای نداشت، که بیان‌کننده این است که گاوهای پُربازده براساس RFI، کمتر خوراک می‌خورند و اختلافی در دیگر صفات تولیدی و عملکردی ندارند. همچنین، تولید شیر تصحیح‌شده براساس $Milke$ و $FCM 4\%$ با مصرف خوراک همبستگی داشت به این صورت که تولید شیر بیشتر با خوراک مصرفی بیشتر همراه است. میانگین تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری ($DietNE_L$) برای این جیره برابر با $1/72$ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک و انرژی خالص شیردهی (NEL) ارائه‌شده توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی افزایش یافتن مقدار خوراک مصرفی کاهش می‌یابد. این امر مقدار انرژی هر جیره را با افزایش مصرف کاهش می‌دهد. همبستگی DMI با تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری ($DietNE_L$) (همبستگی -0.769)، این نتیجه‌گیری را تأیید می‌نماید. در مجموع، RFI به‌طور مثبت با خوراک مصرفی ارتباط دارد، اما با تولید شیر، وزن متابولیکی و تغییرات وزن زنده رابطه‌ای نداشت، که بیان‌کننده این است که گاوهای پُربازده براساس RFI، کمتر خوراک می‌خورند و اختلافی در دیگر صفات تولیدی و عملکردی ندارند. همچنین، تولید شیر تصحیح‌شده براساس $Milke$ و $FCM 4\%$ با مصرف خوراک همبستگی داشت به این صورت که تولید شیر بیشتر با خوراک مصرفی بیشتر همراه است. میانگین تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری ($DietNE_L$) برای این جیره برابر با $1/72$ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک و انرژی خالص شیردهی (NEL) ارائه‌شده توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی

CPM Dairy برابر با $1/69$ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک بود (جدول ۳).
 نتایج ما درباره همبستگی RFI با چند برابر نیاز نگهداری براساس مصرف واقعی خوراک (MMI)، نتایج پوتس و همکاران (۲۰۱۵) را تأیید می‌نماید. بنابراین، می‌توان عنوان نمود که استفاده از روابط همبستگی بین DMI و دیگر شاخص‌های عملکردی قبل از مدل‌سازی برای شناسایی عوامل تاثیرگذار و استفاده از آن در مدل‌سازی توصیه می‌شود. همچنین عدم روابط معنی‌دار بعضی شاخص‌های (مانند عملکرد تولید شیر و وزن زنده حیوان و تغییرات وزن روزانه) با RFI به این دلیل است که RFI براساس آن محاسبه شده است (پوتس و همکاران ۲۰۱۵) و این روند قابل‌انتظار است و بیانگر مستقل بودن آن از بیشتر صفات بیولوژیکی می‌باشد. همبستگی معنی‌دار بین شاخص RFI و وزن زنده بدن و تغییرات وزن روزانه مشاهده نشد که نتایج دیگر پژوهش‌ها را تأیید می‌نماید (پوتس و همکاران ۲۰۱۵؛ زی و همکاران ۲۰۱۶).

Table 6- Pearson correlation coefficient between DMI and measured and estimated traits for a 30-days and a 60-days period

30 days			60 days		
Trait	DMI	P-value (p) ¹	Trait	DMI	P-value (p)
Adjusted MBW (kg ^{0.75})	0.745	0.000	Adjusted MBW (kg ^{0.75})	0.755	0.000
BW (kg)	0.735	0.000	BW (kg)	0.756	0.000
MBW (kg ^{0.75})	0.736	0.000	MBW (kg ^{0.75})	0.757	0.000
ΔBW (kg/d)	0.237	0.208	ΔBW (kg/d)	0.132	0.487
ΔBodyE (Mcal/d)	0.272	0.146	ΔBodyE (Mcal/d)	0.146	0.441
Parity	0.635	0.000	Parity	0.643	0.000
Week of lactation	-0.065	0.735	Week of lactation	-0.058	0.759
MilkE (Mcal/d)	0.842	0.000	MilkE (Mcal/d)	0.810	0.000
FCM 4% (kg/d)	0.812	0.000	FCM 4% (kg/d)	0.772	0.000
Milk fat (%)	-0.078	0.681	Milk fat (%)	-0.065	0.733
Milk protein (%)	0.250	0.183	Milk protein (%)	0.260	0.166
Milk lactose (%)	-0.199	0.293	Milk lactose (%)	-0.199	0.292
Milk fat yield (kg/d)	0.784	0.000	Milk fat yield (kg/d)	0.769	0.000
Milk protein yield (kg/d)	0.822	0.000	Milk protein yield (kg/d)	0.816	0.000
DietNE _L (Mcal/kg)	-0.450	0.013	DietNE _L (Mcal/kg)	-0.659	0.000
MM _R	0.439	0.015	MM _R	0.336	0.070
MM _I	0.770	0.000	MM _I	0.780	0.000
MilkE/DMI	-0.213	0.260	MilkE/DMI	-0.304	0.102
FCM 4%/DMI	-0.238	0.205	FCM 4%/DMI	-0.308	0.097
RFI model 1	0.349	0.059	RFI model 1	0.302	0.100

Adjusted MBW= Metabolic body weight (BW^{0.75}) based on adjusted BW, BW= Body weight, MBW= Metabolic body weight (BW^{0.75}) based on BW, ΔBW= Daily body weight change, ΔBodyE= Change in body energy, Parity= Parity, Week of lactation= Week of lactation, MilkE= Milk energy output, FCM 4%= Fat-corrected milk (4%), Milk fat (%)= Milk fat percentage, Milk protein (%)= Milk protein percentage, Milk lactose (%)= Milk lactose percentage, Milk fat yield= Milk fat yield, Milk protein yield= Milk protein yield, DietNE_L= Apparent diet energy density, MM_R= Multiple of maintenance based on requirement, MM_I= Multiple of maintenance based on actual intake, MilkE/DMI= Feed conversation efficiency based on milk energy output, FCM 4%/DMI= Feed conversation efficiency based on FCM 4%, DMI= Dry matter intake, RFI model 1= Residual feed intake based on model 1.

¹ P-value associated with the preceding correlation of production and performance traits with dry matter intake (DMI). Correlations were considered significant at P < 0.05 and trends at P < 0.10.

Table 7- Pearson correlation coefficient between RFI model 1 and measured and estimated traits for a 30-days and a 60-days period

30 days			60 days		
Trait	RFI model 1	P-value (p) ¹	Trait	RFI model 1	P-value (p)
Adjusted MBW (kg ^{0.75})	-0.000	1.000	Adjusted MBW (kg ^{0.75})	0.000	1.000
BW (kg)	-0.050	0.794	BW (kg)	-0.070	0.713
MBW (kg ^{0.75})	-0.051	0.790	MBW (kg ^{0.75})	-0.069	0.715
ΔBW (kg/d)	0.000	1.000	ΔBW (kg/d)	0.000	1.000
ΔBodyE (Mcal/d)	-0.000	1.000	ΔBodyE (Mcal/d)	-0.000	1.000
Parity	-0.000	1.000	Parity	-0.000	1.000
Week of lactation	-0.000	1.000	Week of lactation	-0.000	1.000
MilkE (Mcal/d)	0.000	1.000	MilkE (Mcal/d)	-0.000	1.000
FCM 4% (kg/d)	-0.034	0.859	FCM 4% (kg/d)	-0.035	0.854
Milk fat (%)	0.136	0.472	Milk fat (%)	0.329	0.076
Milk protein (%)	0.272	0.146	Milk protein (%)	0.327	0.077
Milk lactose (%)	0.005	0.978	Milk lactose (%)	0.137	0.472
Milk fat yield (kg/d)	0.031	0.871	Milk fat yield (kg/d)	0.098	0.606
Milk protein yield (kg/d)	0.075	0.695	Milk protein yield (kg/d)	0.007	0.969
DietNE _L (Mcal/kg)	-0.698	0.000	DietNE _L (Mcal/kg)	-0.639	0.000
MM _R	-0.011	0.954	MM _R	-0.008	0.965
MM _I	0.519	0.003	MM _I	0.455	0.012
MilkE/DMI	-0.647	0.000	MilkE/DMI	-0.536	0.002
FCM 4%/DMI	-0.657	0.000	FCM 4%/DMI	-0.543	0.002
DMI (kg/d)	0.349	0.059	DMI (kg/d)	0.302	0.100

Adjusted MBW= Metabolic body weight (BW^{0.75}) based on adjusted BW, BW= Body weight, MBW= Metabolic body weight (BW^{0.75}) based on BW, ΔBW= Daily body weight change, ΔBodyE= Change in body energy, Parity= Parity, Week of lactation= Week of lactation, MilkE= Milk energy output, FCM 4%= Fat-corrected milk (4%), Milk fat (%)= Milk fat percentage, Milk protein (%)= Milk protein percentage, Milk lactose (%)= Milk lactose percentage, Milk fat yield= Milk fat yield, Milk protein yield= Milk protein yield, DietNE_L= Apparent diet energy density, MM_R= Multiple of maintenance based on requirement, MM_I= Multiple of maintenance based on actual intake, MilkE/DMI= Feed conversion efficiency based on milk energy output, FCM 4%/DMI= Feed conversion efficiency based on FCM 4%, DMI= Dry matter intake, RFI model 1= Residual feed intake based on model 1.

¹ P-value associated with the preceding correlation of production and performance traits with residual feed intake (RFI model 1). Correlations were considered significant at P < 0.05 and trends at P < 0.10.

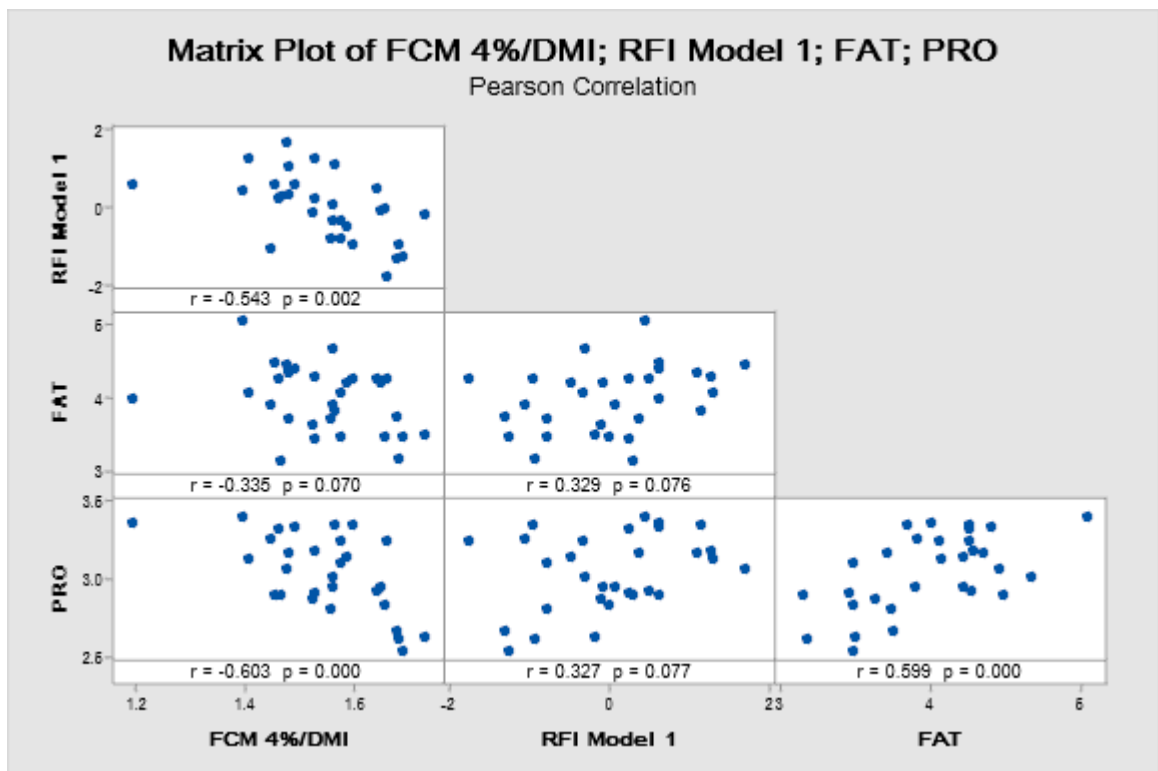


Figure 1- Pearson correlation of matrix plot for RFI and FCM 4%/DMI with milk protein and fat percentage (60-days period).

FCM 4%/DMI= Feed efficiency based on Fat-corrected milk (4%), FAT= Milk fat percentage, PRO= Milk protein percentage, RFI model 1= Residual feed intake based on model 1 for a 60-days period.

r= Correlations are the relationships between traits and residual feed intake (RFI model 1) and feed conversion efficiency based on FCM 4% (FCM 4%/DMI).

p= P-value associated with the preceding correlation of production traits with residual feed intake (RFI model 1) and feed conversion efficiency based on FCM 4% (FCM 4%/DMI). Correlations were considered significant at $P < 0.05$ and trends at $P < 0.10$.

براساس وزن غیر تصحیح شده (MBW) و وزن زنده (BW) روند معنی دار از خود نشان داد (جدول ۸). مشابه این روند برای دوره ۳۰ روزه مشاهده شد با این تفاوت که همبستگی بین بازده خام خوراک و درصد چربی شیر، وزن زنده و وزن متابولیکی غیر تصحیح شده و DMI معنی دار نبود. برای دوره ۳۰ روزه، همبستگی معنی دار بین بازده خام خوراک (FCM 4%/DMI) با درصد پروتئین شیر، هفته شیردهی، بازدهی براساس انرژی خروجی شیر، تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری، مازاد مصرف خوراک و تولید شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی، مشاهده شد.

همبستگی مثبت، متوسط و معنی دار بین درصد پروتئین شیر و تا حدودی (روند معنی داری) درصد چربی شیر با

همبستگی بین بازده خام خوراک (FCM 4%/DMI) با شاخص های بیولوژیکی:

نتایج نشان داد که همبستگی پیرسون بین بازده خام خوراک (FCE) براساس شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی (FCM 4%/DMI) با درصد پروتئین شیر، هفته شیردهی، بازده خام خوراک براساس انرژی خروجی شیر (Milk/DMI)، تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری (DietNE_L)، چند برابر نیاز نگهداری براساس احتیاجات (MM_R)، شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) و تولید شیر تصحیح شده (FCM 4%) در سطح آماری ۵ درصد برای دوره ۶۰ روزه معنی دار بود (جدول ۸). همچنین، همبستگی بازده خام خوراک (FCM 4%/DMI) با درصد چربی شیر ($P < 0.07$)، وزن متابولیکی برآورد شده

بین این دو مطالعه می‌تواند در این موضوع شاخص باشد.

همچنین، در پژوهشی، اختلاف معنی‌دار برای درصد پروتئین شیر بین دو گروه با بازده خام خوراک کم و زیاد گزارش شد (آرندت و همکاران ۲۰۱۵). درصد پروتئین شیر برای گروه کم‌بازده و پربازده به ترتیب برابر با ۳/۳۴ و ۳/۰۱ بود (آرندت و همکاران ۲۰۱۵). نتایج همبستگی ما، این نتایج را تأیید می‌کند. اما، در این پژوهش، چربی و پروتئین تولیدی شیر نیز بین این دو گروه از حیوانات معنی‌دار بود (آرندت و همکاران ۲۰۱۵). از سوی دیگر، همبستگی منفی، متوسط و معنی‌دار بین بازده خام خوراک با درصد پروتئین شیر، احتمالاً به دلیل رابطه معکوس بین افزایش تولید شیر و کاهش درصد ترکیبات شیر رخ داده باشد (رقیق‌شدگی). اما باید عنوان نمود که همبستگی معنی‌دار بین بازده خام خوراک با درصد چربی شیر، براساس رابطه کاهش درصد ترکیبات شیر با افزایش تولید شیر، مشاهده نشد (فقط روند معنی‌داری مشاهده شد). زیرا انتظار می‌رفت که با افزایش تولید شیر و افزایش بازده خام خوراک، درصد چربی شیر نیز کاهش یابد. با وجود این، این رابطه کاهشی برای درصد چربی معنی‌دار مشاهده نشد و فقط برای درصد پروتئین شیر معنی‌دار مشاهده شد. اما روند معنی‌داری برای همبستگی بین بازده خام خوراک و درصد چربی شیر مشاهده شد، که خود نیازمند نقش رقیق‌شدگی می‌باشد. همچنین، تولید زیاد شیر منجر به کاهش درصد پروتئین شیر می‌شود و بخشی از این کاهش احتمالاً به دلیل کمبود انرژی در حیوانات پرتولید است. همچنین، دامنه ضریب تغییرات کم برای درصد پروتئین شیر در مقایسه با درصد چربی شیر نیز ممکن است در این زمینه تاثیرگذار باشد.

لذا تحقیقات بیشتر برای درک این موضوع که آیا افزایش درصد پروتئین شیر به ازای هر واحد شیر، باعث کاهش بازده خام خوراک می‌شود، پیشنهاد می‌شود. می‌توان بیان نمود که افزایش سنتر ترکیبات شیر به‌ویژه پروتئین

بازده خام خوراک (FCM 4%/DMI) برای دوره ۶۰ روزه نیاز به بررسی بیشتر دارد. زیرا این موضوع به این معنی است که با افزایش درصد پروتئین شیر و تا حدودی درصد چربی شیر، بازده خام خوراک کاهش یافت. این روند (درصد پروتئین شیر) برای دوره ۳۰ روزه نیز مشاهده شد. قابل‌ذکر است، چربی و پروتئین تولیدی با بازده خام خوراک همبستگی نداشت. بنابراین، مشاهده و چرایی این موضوع که افزایش درصد پروتئین و تا حدودی درصد چربی شیر با کاهش بازده خام خوراک ارتباط دارد، نیاز به پژوهش‌های بیشتر دارد.

در پژوهشی، مانتسری و همکاران (۲۰۱۲)، بازده انرژی (خوراک) به دو روش متفاوت را مورد مطالعه قرار دادند. روش اول، براساس بازده خام انرژی (ECE به جای FCE) و روش دوم، براساس مازاد مصرف انرژی (REI بجای RFI) بود. بازده خام انرژی براساس انرژی خروجی شیر تقسیم بر انرژی مصرفی کل محاسبه شد. در این پژوهش، همبستگی فنوتیپی بین بازده خام انرژی با صفات عملکردی و تولیدی مورد بررسی قرار گرفته بود. همبستگی بین بازده خام انرژی با انرژی خروجی شیر (۰/۵۸)، چربی تولیدی (۰/۶۴)، پروتئین تولیدی (۰/۴۲)، درصد چربی شیر (۰/۳۹)، درصد پروتئین شیر (۰/۰۴-) و نسبت درصد چربی به پروتئین (۰/۴۳) بود. در این پژوهش، همبستگی ECE با خوراک مصرفی (۰/۵۱-)، وزن زنده (۰/۱۸-)، تغییرات وزن روزانه (۰/۵۰-)، نمره وضعیت بدنی (۰/۱۲-) و تغییرات نمره وضعیت بدنی (۰/۱۷-) بود (مانتسری و همکاران ۲۰۱۲). همانطور که مشاهده می‌شود در این پژوهش، همبستگی بین بازده خام انرژی و درصد چربی شیر، مثبت، متوسط و معنی‌دار بود و با درصد پروتئین شیر ارتباطی مشاهده نشد. نتایج مطالعه ما، خلاف نتایج مانتسری و همکاران (۲۰۱۲) است. می‌توان تفاوت در ساختار داده و جمع‌آوری داده‌ها، شرایط فیزیولوژیکی، تغذیه‌ای، محیطی و ژنتیکی حیوانات را به‌عنوان دلایل احتمالی مطرح نمود. به‌عنوان مثال، تفاوت در جیره‌های مصرفی

شد. اما در این بخش، برخلاف همبستگی بین RFI با چند برابر نیاز نگهداری براساس مقدار واقعی خوراک (MM_I)، همبستگی معنی دار بین مازاد مصرف خوراک و MM_R مشاهده نشد. این روابط می تواند بیانگر رابطه بین قابلیت هضم در سطح نگهداری و کاهش درصد واحد قابلیت هضم برای هر سطح از خوراک دادن نسبت به نگهداری که در مقالات مختلف گزارش شده است، را نشان دهد (انجمن تحقیقات گاو شیری آمریکا ۲۰۰۱).

شیر به ازای هر واحد شیر، یک پدیده انرژی خواه است و کاهش رقت ترکیبات شیر به دلیل افزایش تولید شیر به تنهایی نمی تواند تفسیر این مشاهده باشد یا اینکه، این کاهش بازده، به عنوان هزینه کرد مبارزه با انتروپی ایجاد شده با افزایش درصد پروتئین شیر می باشد. همبستگی بین بازده خام خوراک ($FCM\ 4\%/DMI$) با تراکم انرژی خالص شیردهی ظاهری ($DietNE_L$) و چند برابر با نیاز نگهداری براساس احتیاجات (NM_R) مشاهده

Table 8- Pearson correlation coefficient between feed conversation efficiency (FCE) based on (FCM 4%/DMI) and measured and estimated traits for a 30-days and a 60-days period

30 days			60 days		
Trait	FCM 4%/DMI	P-value (p) ¹	Trait	FCM 4%/DMI	P-value (p)
Adjusted MBW (kg ^{0.75})	-0.074	0.699	Adjusted MBW (kg ^{0.75})	-0.209	0.269
BW (kg)	-0.191	0.313	BW (kg)	-0.349	0.059
MBW (kg ^{0.75})	-0.183	0.333	MBW (kg ^{0.75})	-0.343	0.063
ΔBW (kg/d)	-0.060	0.751	ΔBW (kg/d)	-0.093	0.627
$\Delta BodyE$ (Mcal/d)	-0.151	0.425	$\Delta BodyE$ (Mcal/d)	-0.192	0.310
Parity	-0.036	0.848	Parity	-0.130	0.493
Week of lactation	-0.468	0.009	Week of lactation	-0.467	0.009
MilkE (Mcal/d)	0.279	0.135	MilkE (Mcal/d)	0.272	0.146
FCM 4% (kg/d)	0.367	0.046	FCM 4% (kg/d)	0.361	0.050
Milk fat (%)	-0.226	0.229	Milk fat (%)	-0.335	0.070
Milk protein (%)	-0.485	0.007	Milk protein (%)	-0.603	0.000
Milk lactose (%)	-0.187	0.323	Milk lactose (%)	-0.226	0.230
Milk fat yield (kg/d)	0.271	0.147	Milk fat yield (kg/d)	0.237	0.208
Milk protein yield (kg/d)	0.082	0.667	Milk protein yield (kg/d)	0.101	0.597
DietNE _L (Mcal/kg)	0.680	0.000	DietNE _L (Mcal/kg)	0.815	0.000
MM_R	0.273	0.145	MM_R	0.418	0.021
MM_I	-0.267	0.154	MM_I	-0.253	0.177
MilkE/DMI	0.928	0.000	MilkE/DMI	0.949	0.000
DMI (kg)	-0.238	0.205	DMI (kg)	-0.308	0.097
RFI model 1	-0.657	0.000	RFI model 1	-0.543	0.002

Adjusted MBW= Metabolic body weight ($BW^{0.75}$) based on adjusted BW, BW= Body weight, MBW= Metabolic body weight ($BW^{0.75}$) based on BW, ΔBW = Daily body weight change, $\Delta BodyE$ = Change in body energy, Parity= Parity, Week of lactation= Week of lactation, MilkE= Milk energy output, FCM 4%= Fat-corrected milk (4%), Milk fat (%)= Milk fat percentage, Milk protein (%)= Milk protein percentage, Milk lactose (%)= Milk lactose percentage, Milk fat yield= Milk fat yield, Milk protein yield= Milk protein yield, DietNE_L= Apparent diet energy density, MM_R = Multiple of maintenance based on requirement, MM_I = Multiple of maintenance based on actual intake, MilkE/DMI= Feed efficiency based on milk energy output, FCM 4%/DMI= Feed efficiency based on FCM 4%, DMI= Dry matter intake, RFI model 1= Residual feed intake based on model 1.

¹ P-value associated with the preceding correlation of production and performance traits with feed conversation efficiency based on FCM 4% (FCM 4%/DMI). Correlations were considered significant at $P < 0.05$ and trends at $P < 0.10$.

نتیجه‌گیری

دقت و صحت مدل‌ها برای پیش‌بینی ماده خشک مصرفی و برآورد میزان عددی RFI و همبستگی RFI و بازده خام خوراک با دیگر صفات در جامع آماری مورد مطالعه، می‌تواند به پژوهشگران در شناسایی متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و مقایسه نتایج مختلف کمک نماید. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که یافتن متغیرهای اثرگذار می‌تواند به برآورد دقیق و صحیح RFI، شناسایی بهتر دام‌های پربازده و کم‌بازده (گروه‌بندی) و یافتن چرایی علل این تفاوت‌ها از طریق دیدگاه کل‌نگرانه (Holistic approach) کمک کند. همچنین، بررسی همبستگی منفی، متوسط و معنی‌دار بین بازده خام خوراک براساس شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی با درصد پروتئین شیر و همبستگی مثبت، متوسط با روند معنی‌داری بین RFI مدل ۱ با درصد چربی و پروتئین شیر به‌عنوان یک یافته جدید این مطالعه، در تحقیقات آینده توصیه می‌شود.

نتایج نشان داد در جامعه مورد مطالعه، شاخص مازاد مصرف خوراک (RFI) قابل اندازه‌گیری و مشاهده است و دام‌ها براساس RFI قابل گروه‌بندی هستند. براساس همبستگی بین ماده خشک مصرفی، مازاد مصرف خوراک و بازده خام خوراک براساس شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی با دیگر صفات عملکردی و تولیدی، روابط منطقی بین متغیرهای مشاهده شد. براساس ضریب تبیین مدل‌ها، مدل ۱ مورد استفاده در این پژوهش و متغیرهای پیش‌بینی‌کننده آن به خوبی متغیر وابسته ماده خشک مصرفی را تبیین نموده‌اند. تلاش علمی برای یافتن دیگر متغیرهای موثر برای بهبود ضریب تبیین مدل‌ها پیشنهاد می‌شود، زیرا با افزایش ضریب تبیین میزان انحراف معیار این شاخص کاهش می‌یابد. مطالعه

منابع مورد استفاده:

- AOAC. 2000. Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Arndt C, Powell J, Aguerre M, Crump P, Wattiaux M. 2015. Feed conversion efficiency in dairy cows: Repeatability, variation in digestion and metabolism of energy and nitrogen, and ruminal methanogens. *Journal of Dairy Science*. 98(6):3938-3950.
- Asher A, Shabtay A, Haim A, Aharoni Y, Miron J, Adin G, Tamir A, Arieli A, Halachmi I, Moallem U. 2014. Time required to determine performance variables and production efficiency of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97(7):4340-4353.
- Bauman D. 2012. Optimizing Dairy Cow Genetics Through Nutrition. Department of Animal Science at the New York State College of Agriculture and Life Sciences (A Statutory College of the State University of New York) Cornell University.1.
- Connor E. 2015. Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: Challenges and possibilities. *Animal*. 9(3):395-408.
- Connor E, Hutchison J, Norman H, Olson K, Van Tassell C, Leith J, Baldwin R. 2013. Use of residual feed intake in Holsteins during early lactation shows potential to improve feed efficiency through genetic selection. *Journal of Animal Science*. 91(8):3978-3988.
- Connor E, Hutchison J, Van Tassell C, Cole J. 2019. Defining the optimal period length and stage of growth or lactation to estimate residual feed intake in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 102(7):6131-6143.
- Council NR. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: 2001. National Academies Press.
- De Souza Rd, Tempelman R, Allen M, VandeHaar M. 2019. Updating predictions of dry matter intake of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 102(9):7948-7960.
- Elolimy A, Arroyo J, Batistel F, Iakiviak M, Loor J. 2018. Association of residual feed intake with abundance of ruminal bacteria and biopolymer hydrolyzing enzyme activities during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 9(1):1-10.
- Herd R, Arthur P. 2009. Physiological basis for residual feed intake. *Journal of Animal Science*. 87(suppl_14):E64-E71.

- Jewell K, McCormick C, Odt C, Weimer P, Suen G. 2015. Ruminant bacterial community composition in dairy cows is dynamic over the course of two lactations and correlates with feed efficiency. *Applied and Environmental Microbiology*. 81(14):4697-4710.
- Johnson JR, Carstens GE, Krueger WK, Lancaster PA, Brown EG, Tedeschi LO, Anderson RC, Johnson KA, Brosh A. 2019. Associations between residual feed intake and apparent nutrient digestibility, in vitro methane-producing activity, and volatile fatty acid concentrations in growing beef cattle. *Journal of Animal Science*. 97(8):3550-3561.
- Koch R, Swiger L, Chambers D, Gregory K. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 22(2):486-494.
- Lancaster P, Carstens G, Michal J, Brennan K, Johnson K, Davis M. 2014. Relationships between residual feed intake and hepatic mitochondrial function in growing beef cattle. *Journal of Animal Science*. 92(7):3134-3141.
- Løvendahl P, Difford G, Li B, Chagunda M, Huhtanen P, Lidauer M, Lassen J, Lund P. 2018. Selecting for improved feed efficiency and reduced methane emissions in dairy cattle. *Animal*. 12(s2):s336-s349.
- Lynch J, Barbano D, Schweisthal M, Fleming J. 2006. Precalibration evaluation procedures for mid-infrared milk analyzers. *Journal of Dairy Science*. 89(7):2761-2774.
- Mäntysaari P, Liinamo A, Mäntysaari E. 2012. Energy efficiency and its relationship with milk, body, and intake traits and energy status among primiparous Nordic Red dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 95(6):3200-3211.
- Manzanilla-Pech C, Veerkamp R, Tempelman R, van Pelt M, Weigel K, VandeHaar M, Lawlor T, Spurlock D, Armentano L, Staples C. 2016. Corrigendum to “Genetic parameters between feed-intake-related traits and conformation in 2 separate dairy populations—the Netherlands and United States”(J. Dairy Sci. 99: 443–457). *Journal of Dairy Science*. 99(5):4095.
- Naderi M, Sarvari A, Milanifar A, Boroujeni S, Akhondi M. 2012. Regulations and ethical considerations in animal experiments: international laws and islamic perspectives. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*. 4(3):114.
- Potts S, Boerman J, Lock A, Allen M, VandeHaar M. 2015. Residual feed intake is repeatable for lactating Holstein dairy cows fed high and low starch diets. *Journal of Dairy Science*. 98(7):4735-4747.
- Rius A, Kittelmann S, Macdonald K, Waghorn G, Janssen P, Sikkema E. 2012. Nitrogen metabolism and rumen microbial enumeration in lactating cows with divergent residual feed intake fed high-digestibility pasture. *Journal of Dairy Science*. 95(9):5024-5034.
- Shetty N, Løvendahl P, Lund M, Buitenhuis A. 2017. Prediction and validation of residual feed intake and dry matter intake in Danish lactating dairy cows using mid-infrared spectroscopy of milk. *Journal of Dairy Science*. 100(1):253-264.
- Thornhill J, Marett L, Auldism M, Greenwood J, Pryce J, Hayes B, Wales W. 2014. Whole-tract dry matter and nitrogen digestibility of lactating dairy cows selected for phenotypic divergence in residual feed intake. *Animal Production Science*. 54(9):1460-1464.
- Vandehaar M. 1998. Efficiency of nutrient use and relationship to profitability on dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 81(1):272-282.
- Vranković L, Aladrović J, Octenjak D, Bijelić D, Cvetnić L, Stojević Z. 2017. Milk fatty acid composition as an indicator of energy status in Holstein dairy cows. *Archives Animal Breeding*. 60(3):205-212.
- Wang X, Kadarmideen H. 2019. Metabolomics analyses in high-low feed efficient dairy cows reveal novel biochemical mechanisms and predictive biomarkers. *Metabolites*. 9(7):151.
- Wildman E, Jones G, Wagner P, Boman R, Troutt Jr H, Lesch T. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*. 65(3):495-501.
- Xi Y, Wu F, Zhao D, Yang Z, Li L, Han Z, Wang G. 2016. Biological mechanisms related to differences in residual feed intake in dairy cows. *Animal*. 10(8):1311-1318.

- Xie Y, Wu Z, Wang D, Liu J. 2019. Nitrogen partitioning and microbial protein synthesis in lactating dairy cows with different phenotypic residual feed intake. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 10(1):1-8.
- Zahmatkesh D, Zeinali M, Mirzaei Alamooti H, Mahboobi E, Sefidpari P. 2019. Assessment of input and energy consumption in dairy farms with different housing systems. *Journal of Animal Science Research*. 28(4):99-112.

Study of feed efficiency based on residual feed intake and 4% fat-corrected milk in Iranian lactating Holstein dairy cows

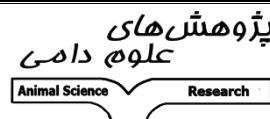

R Lotfi¹, AM Tahmasebi², SH Ebrahimi² and M Rastin³

Received: June 22, 2020 Accepted: February 1, 2021

¹PhD, Student, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Professor and Assistant Professor respectively, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³Assistant Professor, BuAli Research Institute, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

 <p>پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Research</p>	<p>Journal of Animal Science/vol.31 No.4/ 2022/pp 89-112 https://animalscience.tabrizu.ac.ir</p>	
<p>© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) DOI: 10.22034/AS.2021.40408.1574</p>		

Introduction: To increase the revenue, understanding feed efficiency (FE) in dairy cows and its improvement is essential. Dry matter intake (DMI) is fundamentally important in nutrition because it establishes the amount of nutrients available to an animal for health and production. Residual feed intake (RFI) is calculated as the residual in the linear model to predict feed intake of individual animal (Connor et al, 2015). RFI is essentially the difference between an individual's observed feed consumption and its predicted feed consumption (Bauman et al, 2012). An animal with a negative RFI consumes less feed than expected for its level of production thus is more efficient. RFI is independent of production level hence recent attention has been given to using RFI as a tool to assess the feed efficiency in dairy cattle for purposes of genetic selection. On the other hand, feed conversion efficiency (FCE) based on 4% fat corrected milk (FCM 4%) is also considered as a factor for calculating feed efficiency. Therefore, the objective of present experiment was to investigate the dynamics of RFI and FCM 4%/DMI in Iranian Holstein dairy cows.

Material and methods: Thirty lactating Iranian Holstein cows (10 primiparous and 20 multiparous), averaging 594 ± 62.6 kg of body weight, 38.81 ± 6.22 kg of milk/d, and 94.5 ± 21.5 day postpartum, were fed a diet balanced with CPM Dairy V3 ration software. Diet consisted of 40% forage and 60% concentrate and was fed as total mixed ration (TMR). Cows were housed in individual tie stalls and milked three times daily (0800, 1600 and 2400 h). Cows were fed once per day a fresh diet after morning milking ad libitum and orts were removed and weighed daily before the next morning feeding. Water was available ad libitum. Milk yield was recorded electronically at each milking, and milk samples were obtained from 3 consecutive milkings per week. Milk samples were analyzed for fat, true protein, and lactose with infrared spectroscopy. Body weight (BW) for each cow was recorded 2 consecutive days per month immediately after the morning milking. Daily body weight change (Δ BW) was calculated based on body weight for each cow at the beginning and end of each period (30- and 60-days period). Body condition score (BCS) was determined on a 5-point scale in 0.25 increments by a trained investigator and recorded for each cow at the beginning and end of each period (30- and 60-days period). Also, milk energy output (MilKE; Mcal/d), metabolic body weight for a cow (MBW), and energy expended for body tissue gain (Δ BodyE; Mcal/d) were estimated based on NRC 2001 equations. Dry matter intake for an individual cow during each 30- and 60-days period was regressed as a function of major energy sinks through four different models (model 1, model 2,

model 3, and model 4) using Minitab software (version 19). To define RFI, DMI was modeled as follows:

RFI model 1: DMI_i

$$= \beta_0 + \beta_1 \text{MilkE}_i + \beta_2 \text{IMBW}_i + \beta_3 \text{WkBodyE}_i + \beta_4 \text{od}\Delta\text{BW}_i + W_5 \\ + W\text{Parity}_i + \beta_6 \text{rWeek of lactation}_i + \varepsilon_i$$

RFI model 2: $DMI_i = \beta_0 + \beta_1 \times \text{FCM } 4\%_i + \beta_2 \times \text{MBW}_i + \beta_3 \times \Delta\text{BW}_i + \varepsilon_i$

RFI model 3: $DMI_i = \beta_0 + \beta_1 \times \text{MilkE}_i + \beta_2 \times \text{MBW}_i + \beta_3 \times \Delta\text{BodyE}_i + \beta_4 \times \text{Parity}_i + \varepsilon_i$

RFI model 4: $DMI_i = \beta_0 + \beta_1 \times \text{MilkE}_i + \varepsilon_i$

Where DMI_i was the observed DMI, MilkE_i was the observed milk energy output, MBW_i was the average $\text{BW}^{0.75}$, ΔBodyE_i was the estimated change in body energy, based on measured BW and BCS, ΔBW_i was the daily weight body change, Parity_i was the parity, $\text{Week of lactation}_i$ was week of lactation, and $\text{FCM } 4\%_i$ was 4% fat-corrected milk for i^{th} cow. RFI was defined as the error term (ε_i) in the model. Also, we reported Pearson correlation coefficient between DMI, RFI and $\text{FCM } 4\%/\text{DMI}$ with measured and estimated traits for a 30-days and 60-days period.

Results and discussion: The obtained results from RFI in present study indicated that population of dairy cattle can be classified based on RFI. Adjusted R^2 for models 1, 2, 3 and 4 were 88.51%, 78.82%, 80.05%, and 64.41%, respectively, in the period of 60-days. The mean \pm SD for models 1, 2, 3 and 4 were 0 ± 0.86 , 0 ± 1.25 , 0 ± 1.18 , and 0 ± 1.68 kg DM per a day, respectively. For model 1 (in 60-days period, full model), milk energy output (MilkE), metabolic body weight for a cow (MBW), energy expended for body tissue gain (ΔBodyE), daily body weight change (ΔBW), and week of lactation were significant ($P < 0.05$) except for parity which showed a significant trend ($P < 0.1$). Partial regression coefficients for MilkE, MBW, ΔBodyE , ΔBW , parity, and week of lactation for the model 1 used to predict DMI were 0.566, 0.1, 3.46, -9.51, 4.13, and 0.1771, respectively. For model 3 (in 60-days period), milk energy output (MilkE), metabolic body weight for a cow (MBW), and energy expended for body tissue gain (ΔBodyE) were significant ($P < 0.05$) except for parity. Partial regression coefficients for MilkE, MBW, ΔBodyE , and parity in the model 3, were 0.429, 0.1381, 0.791, and 0.229, respectively. Pearson correlation coefficient for RFI between model 1 with 2, 3 and 4 was 0.817, 0.728, and 0.515, respectively ($P < 0.01$). The same trend was observed for a 30-days period. Pearson correlation coefficient for DMI between 60-days and 30-days period was 0.994 and for RFI between 60-days and 30-days period was 0.882. Also, based on Pearson correlation coefficient for DMI, RFI model 1 and $\text{FCM } 4\%/\text{DMI}$ with other biological parameters, we observed that there were the reasonable correlations, significant at the $P = 0.01$. Surprisingly, there was a negative correlation between $\text{FCM } 4\%/\text{DMI}$ and milk protein percentage ($P < 0.0001$). Also, there was a positive significant correlation between RFI model 1 with milk fat and protein percentage ($P < 0.1$).

Conclusion: Measuring feed efficiency through RFI in a 30-days period is predictable. Based on the adjusted model R2, the model 1 and its parameter describe the DMI in accurate way. However, it seem that scientific exploration necessary for finding other parameters to improve and predication accuracy of model 2. Therefore, finding the effective models would result in an accurate estimation of RFI for individual dairy cows, classifying efficient and inefficient dairy cows correctly and clarifying the reasons for these differences through a holistic approach. Further research is required to provide an explanation for the significant negative correlation between FCE with milk protein and positive significant trend between RFI model 1 with milk fat and protein percentage.

Key words: Dairy cows, 4% Fat-corrected milk, Feed conversation efficiency, Holistic approach, Milk protein percentage, Residual feed intake.