Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

Effects of replacing barley grain with corn gluten feed and sugar beet pulp on feed intake, nutrient digestibility, and milk production in high-producing Holstein dairy cow diets

Omid Ayoubi[1], Farzad Hashemzadeh[1], Masoud Alikhani[1], Ali Kahyani[2]*, Faezeh Nowroozinia[2]

[1] Master's graduate and Associate Professor, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

[2] (Corresponding author's) Assistant Professor and PhD student, Department of Animal Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: ali.kahyani@saadi.shirazu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 13/07/2025
Revised: 11/09/2025
Accepted: 13/09/2025

Keywords:
Barley grain
Corn gluten feed
Lactating dairy cows
Milk production and composition
Sugar beet pulp

ABSTRACT

Background and Objectives: Given the economic and nutritional importance of alternative sources to cereals in lactating dairy cow diets, this study aimed to evaluate the effects of replacing barley grain with corn gluten feed and sugar beet pulp both individually and in combination on feed intake, nutrient digestibility, milk production and composition, and body condition of high-producing Holstein cows. While previous research has primarily assessed these by-products separately, this study investigated their combined effects on feed intake, nutrient digestibility, and milk production in high-yielding dairy cows.

.**Materials and Methods:** The experiment was conducted at the Lavark Research Station, Isfahan University of Technology, using 12 multiparous Holstein cows arranged in a 4×4 Latin square design with three squares, four periods, and four dietary treatments. Treatments included: 1) Control concentrate containing 43.7% barley grain without corn gluten feed or sugar beet pulp; 2) Replacement of 12% barley grain with corn gluten feed; 3) Replacement of 12% barley grain with sugar beet pulp; 4) Combination of 6% sugar beet pulp and 6% corn gluten feed replacing 12% barley grain. The forage-to-concentrate ratio was maintained constant at 40:60 across all diets. Data were analyzed using the MIXED procedure of SAS software.

Results: Replacing barley grain with the combination of 6% corn gluten feed and 6% sugar beet pulp significantly increased dry matter intake, organic matter and crude protein (CP) digestibility, milk yield, fat-corrected milk (3.5% FCM), energy-corrected milk (ECM), and yields of milk fat, protein, lactose, and solids-not-fat compared to the control diet. The diet containing 12% corn gluten feed alone improved dry matter intake compared to control but less effectively than the combined treatment. Conversely, the 12% sugar beet pulp diet reduced milk protein percentage relative to control and combined treatments, while milk fat percentage was not significantly affected by any of the diets. Body condition score,

body weight, and backfat thickness were not influenced by the dietary treatments.

Conclusion: Replacing barley grain with a combination of 6% corn gluten feed and 6% sugar beet pulp in diets of lactating Holstein cows improved dry matter intake, nutrient digestibility, and milk production without adverse effects on body condition. These findings highlight the efficiency of these alternative feedstuffs in optimizing dairy cow rations.

Cite this article: Ayoubi, O., Hashemzadeh, F., Alikhani, M., Kahyani, A., Nowroozinia, F. (2026). Effects of replacing barley grain with corn gluten feed and sugar beet pulp on feed intake, nutrient digestibility, and milk production in high-producing Holstein dairy cow diets. *Journal of Ruminant Research*, 14(1), 69-85.

© The Author(s)

10.22069/ejrr.2025.23862.2016
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

اثرات جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند در جیره گاوهای شیرده پر تولید هلشتاین بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی و تولید شیر

امید ایوبی[۱]، فرزاد هاشم زاده[۱]، مسعود علیخانی[۱]، علی کهیانی[۲*]، فائزه نوروزی‌نیا[۲]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

[۲] (نویسنده مسئول) استادیار و دانشجوی دکتری بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران،

رایانامه: ali.kahyani@saadi.shirazu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۲۳

واژه‌های کلیدی:
تفاله چغندرقند
تولید و ترکیبات شیر
خوراک گلوتن ذرت
دانه جو
گاو شیرده

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ای منابع جایگزین غلات در جیره گاوهای شیرده، این مطالعه با هدف تأثیر جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند (به‌صورت تیمارهای تکی و ترکیبی) بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، تولید و ترکیبات شیر و وضعیت بدنی گاوهای شیرده پرتولید هلشتاین انجام شد. در حالی‌که تحقیقات قبلی عمدتاً به ارزیابی هر یک از این منابع فرعی به‌صورت جداگانه پرداخته‌اند، این پژوهش به بررسی اثرات ترکیبی این دو محصول جانبی بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی و تولید شیر در گاوهای شیرده پر تولید پرداخته است.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی لورک، دانشگاه صنعتی اصفهان، روی ۱۲ رأس گاو هلشتاین چند شکم زایش در قالب طرح مربع لاتین ٤×٤ با سه مربع، چهار دوره و چهار تیمار اجرا شد. تیمارها شامل: گروه شاهد، کنسانتره شامل ۴۳/۷ درصد دانه جو بدون افزودن خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندر، تیمار اول) ۱۲ درصد خوراک گلوتن ذرت جایگزین ۱۲ درصد دانه جو، تیمار دوم) ۱۲ درصد تفاله چغندرقند جایگزین ۱۲ درصد دانه جو در جیره و تیمار سوم) ترکیبی از ٦ درصد تفاله چغندر و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت به‌عنوان جایگزین ۱۲ درصد دانه بود. نسبت علوفه به کنسانتره در جیره‌های تغذیه‌شده در تمامی تیمارها ثابت و برابر با ٤٠ به ٦٠ درصد بود. داده‌ها با استفاده از رویه MIXED در نرم‌افزار SAS تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج جایگزینی دانه جو با ترکیبی از ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت و ٦ درصد تفاله چغندرقند در جیره، مصرف ماده خشک، قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام، تولید شیرخام، شیر تصحیح‌شده بر اساس چربی ۳/۵ درصد و شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی و تولید چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد جامد بدون چربی شیر را نسبت به جیره شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. جیره حاوی ۱۲ درصد خوراک گلوتن ذرت نیز مصرف ماده خشک نسبت به جیره شاهد بهبود داد، اما کمتر از جیره ترکیبی بود. در مقابل، جیره حاوی ۱۲ درصد تفاله چغندرقند درصد

پروتئین شیر را نسبت به جیره شاهد و جیره ترکیبی کاهش داد، اما درصد چربی شیر در هیچ‌یک از جیره‌ها تغییر معنی‌داری نداشت. نمره وضعیت بدنی، وزن بدن و ضخامت چربی پشتی تحت تأثیر جیره‌ها قرار نگرفتند.

نتیجه‌گیری: جایگزینی دانه جو با ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت و ٦ درصد تفاله چغندرقند در جیره گاوهای شیرده هلشتاین، مصرف ماده خشک، هضم مواد مغذی و عملکرد تولیدی را بهبود داد، بدون تأثیر منفی بر وضعیت بدنی دام داشته باشد. این یافته‌ها نشان‌دهنده کارایی بالای این منابع جایگزین در بهینه‌سازی جیره‌های گاوهای شیرده است.

استناد: ایوبی، امید؛ هاشم زاده، فرزاد؛ علیخانی، مسعود؛ کهیانی، علی؛ نوروزی‌نیا، فائزه. (١٤٠٥). اثرات جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند در جیره گاوهای شیرده پر تولید هلشتاین بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی و تولید شیر. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ١٤(١)، ٨٥-٦٩.

10.22069/ejrr.2025.23862.2016

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

طی سال‌های اخیر، پیشرفت اصلاح نژاد سبب افزایش توان تولیدی گاوهای شیرده شده که این موضوع همراه با کاهش کیفیت علوفه‌های موجود، نیاز به استفاده از جیره‌های پرکنسانتره را افزایش داد (Nemati و همکاران، ۲۰۲۰؛ Erfani و همکاران، ۲۰۲٤). در نتیجه، سهم کنسانتره در جیره گاوهای شیرده، برای تأمین نیازهای انرژی، به طور میانگین به ٦٥ درصد ماده خشک رسیده است (Nemati و همکاران، ۲۰۲۰). هرچند این رویکرد پاسخگوی نیاز انرژی و پروتئین گاوهای پرتولید را تأمین می‌کند، بااین‌حال، استفاده گسترده از خوراک‌های پرنشاسته، مانند دانه جو، خطر اسیدوز شکمبه‌ای را افزایش می‌دهد. شیوع این اختلال در اوایل و اواسط شیردهی بین ۱۹ تا ۲٦ درصد گزارش‌شده است (Plaizier و همکاران، ۲۰۰۸).

اسیدوز شکمبه‌ای با کاهش pH شکمبه به کمتر از ٦/٥ برای بیش از سه ساعت در روز مشخص می‌شود. این حالت تعادل میکروبی شکمبه را مختل می‌کند (Stone و همکاران، ۲۰۰٤؛ Gozho و همکاران، ۲۰۰٥). پیامدهای آن شامل کاهش مصرف خوراک، افت تولید شیر، کاهش چربی شیر، اختلال در هضم الیاف، اسهال، آسیب به مخاط شکمبه، لنگش، آبسه، کبدی و واکنش‌های التهابی است (Stone و همکاران، ۲۰۰٤؛ Plaizier و همکاران، ۲۰۰۸). دانه جو، به‌عنوان منبعی با نشاسته تخمیرپذیر سریع، تولید پروپیونات را در شکمبه افزایش می‌دهد. این امر می‌تواند مصرف خوراک و تولید شیر را کاهش دهد (Allen و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، نرخ بالای تخمیر نشاسته دانه جو خطر اسیدوز شکمبه‌ای را تشدید می‌کند (Emmanuel و همکاران، ۲۰۰۸).

خوراک گلوتن ذرت، محصول جانبی از آسیاب مرطوب ذرت، منبعی اقتصادی با داشتن حدود ۱/۹۱ مگاکالری انرژی خالص شیردهی[1] و ٤۰ تا ٥۰ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی[2] است، این خوراک پروتئین با هضم سریع را تأمین می‌کند (Pan و همکاران، ۲۰۱٤؛ Darabighane و همکاران، ۲۰۲۰). تفاله چغندرقند محصول جانبی صنایع قند، منبعی غنی از الیاف قابل‌هضم است. این ماده حاوی ٤۰/٦ درصد الیاف نامحلول قابل‌هضم، ۲۳درصد پکتین و مقادیر قابل‌توجهی همی‌سلولز (مانند گالاکتان و آرابینان) در ماده خشک است (Wang و همکاران، ۲۰۲۲). قابلیت هضم ماده خشک[3] آن در برخی موارد مشابه غلات گزارش‌شد (Mansfield و همکاران، ۱۹۹٤؛ Shahmoradi و همکاران، ۲۰۱٦؛ Naderi و همکاران، ۲۰۱٦).

جایگزینی دانه جو با تفاله چغندرقند و خوراک گلوتن ذرت می‌تواند نشاسته جیره را کاهش دهد، سلامت شکمبه را بهبود بخشد و کارایی تولید شیر را افزایش دهد (Ertl و همکاران، ۲۰۱٥؛ Darabighane و همکاران، ۲۰۲۰؛ Nemati و همکاران، ۲۰۲۰). باوجود مطالعات متعدد درباره استفاده جداگانه از این خوراک‌ها، اثر همزمان جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند به‌طور کامل بررسی نشده است؛ بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر این جایگزینی بر مصرف خوراک، گوارش‌پذیری مواد مغذی، تولید و ترکیبات شیر و وضعیت بدنی گاوهای شیرده انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش، دام‌ها، طراحی آزمایش و جیره‌های آزمایش: این آزمایش در اوایل پاییز سال ۱٤۰۰ در مزرعه آموزشی-پژوهشی لورک (دانشگاه صنعتی اصفهان) در ٤۰ کیلومتری جنوب غربی

1. Net Energy for Lactation (NEL)
2. Neutral Detergent Fiber (NDF)
3. Dry Matter Digestibility (DMD)

اصفهان (جاده نجف‌آباد به فولادشهر) در عرض جغرافیایی ٣٢ درجه و ٣٢ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ٥١ درجه و ٢٣ دقیقه شرقی و ارتفاع ١٦٣٠ متری از سطح دریا انجام شد. این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های خشک است. میانگین دمای روزانه ٣ ± ٢٠ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٥±٤٥ درصد بود که با دستگاه هواشناسی دیجیتال ثبت شد.

مطالعه روی ١٢ رأس گاو هلشتاین چند شکم زایش با روزهای شیردهی ٢١ ± ٩٠ روز، میانگین تولید شیر ٣ ± ٤٢/٥ کیلوگرم در روز و وزن بدن ٦٠ ± ٦٧٠ کیلوگرم اجرا گردید. آزمایش در قالب طرح مربع لاتین ٤×٤ تکرارشونده با ٣ مربع، ٤ دوره و ٤ تیمار طراحی و انجام شد. گاوها بر اساس میزان تولید شیر به ٣ مربع تقسیم و به‌صورت تصادفی به گروه‌ها اختصاص یافتند. هر دوره شامل ٢٨ روز (٢١ روز عادت‌دهی به جیره‌های آزمایشی و ٧ روز نمونه‌گیری) به طول انجامید و در مجموع، کل آزمایش طی ١١٢ روز به پایان رسید.

جیره‌های آزمایشی در بخش علوفه در تمامی گروه‌ها یکسان بوده، اما از نظر ترکیب کنسانتره با یکدیگر تفاوت داشتند. هر جیره شامل ١٩/٨٤ درصد سیلاژ ذرت، ١١/٩٢ درصد یونجه خشک، ٤ درصد کاه گندم و ٦٠ درصد کنسانتره (بر اساس ماده خشک) بود. نسبت علوفه به کنسانتره در تمامی جیره‌ها برابر با ٤٠ به ٦٠ (بر اساس ماده خشک) در نظر گرفته شد. ترکیب شیمیایی برخی از اقلام اصلی کنسانتره به شرح زیر است: دانه جو دارای ٨٨/٩ درصد ماده خشک، ١٢/٨ درصد پروتئین خام، ٢ درصد عصاره اتری، ٣/٢ درصد خاکستر و ١٩/١ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی بود. کنجاله سویا شامل ٨٩/١ درصد ماده خشک، ٤٦/١ درصد پروتئین خام، ١/١ درصد عصاره اتری، ٦/٨ درصد خاکستر و ١٤/٦ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی بود. تفاله چغندرقند دارای ٨٧/٣ درصد ماده خشک، ٩/٢ درصد پروتئین خام، ٠/٥ درصد عصاره اتری، ٧/٠ درصد خاکستر و ٤١/٢ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی بود. همچنین خوراک گلوتن ذرت شامل ٩٥/٠ درصد ماده خشک، ١٩/٥ درصد پروتئین خام، ٣/٢ درصد عصاره اتری، ٦/٩ درصد خاکستر و ٣٨/١٦ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی بود.

گاوها به‌طور تصادفی در چهار تیمار تقسیم‌بندی شدند، تیمارها عبارت بودند از: گروه شاهد، جیره حاوی ٤٣/٧٦ درصد دانه جو (٧٣ درصد کنسانتره) بدون افزودن خوراک گلوتن ذرت یا تفاله چغندرقند، تیمار اول) جیره با جایگزینی ١٢ درصد دانه جو (٢٠ درصد کنسانتره) با خوراک گلوتن ذرت، تیمار دوم) جیره با جایگزینی ١٢ درصد دانه جو (٢٠ درصد کنسانتره) با تفاله چغندرقند و تیمار سوم) جیره با جایگزینی ١٢ درصد دانه جو (٢٠ درصد کنسانتره) با ٦ درصد تفاله چغندرقند و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت استفاده شد.

برای متعادل‌سازی انرژی و پروتئین جیره‌ها، مقادیر کنجاله سویا (٣ درصد)، پودر گوشت (٠/٢ درصد) و پودر چربی (٠/٣ درصد) با تغییرات جزئی (کمتر از ٥ درصد ماده خشک) تنظیم شدند تا جیره‌ها ایزوانرژیک و ایزوپروتئینیک باقی بمانند. اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره‌ها در جدول ١ ارائه‌شده است. جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل (نسخه ٥/٠، Fox و همکاران، ٢٠٠٠) متعادل شدند تا انرژی خالص شیردهی و پروتئین خام یکسان باشند.

دانه جو با استفاده از آسیاب چکشی (مدل GEN5543، شرکت اصفهان دشت، توری ٩ میلی‌متری) آسیاب شد تا از جداسازی خوراک توسط

گاوها جلوگیری شود. اجزای کنسانتره در مخلوط‌کن مخروطی عمودی (ساخت شرکت فن‌آوران کشاورزی آریا) به مدت ۳۰ دقیقه به‌طور کامل و یکنواخت مخلوط شدند تا یکنواخت شوند. جیره‌ها در دو وعده (ساعت ۳۰:۹ و ۱۷:۳۰) عرضه شدند تا ۱۰ درصد خوراک (بر اساس As fed) در آخور باقی بماند.

گاوها دو هفته پیش از شروع آزمایش، در جایگاه‌های انفرادی با ابعاد ٤×٤ مترمربع با بستر خاک اره و تراشه چوب عادت دهی شدند. در طول آزمایش، گاوها دسترسی آزاد به آب داشتند. دوشش گاوها سه بار در روز (ساعات ۸:۰۰، ۱٦:۰۰ و ۲٤:۰۰) انجام شد تا حیوانات به شرایط آزمایشی عادت کنند. وزن گاوها در روزهای اول و ۲۸ هر دوره به‌منظور پایش تغییرات وزنی طی دوره آزمایش اندازه‌گیری شد. ارزیابی نمره وضعیت بدنی[1] با استفاده از مقیاس پنج‌درجه‌ای (۱= بسیار لاغر تا ۵= بسیار چاق) بر اساس روش ارائه‌شده توسط Edmonson و همکاران (۱۹۸۹)، توسط کارشناس مجرب مزرعه انجام شد. ضخامت چربی پشتی[2] نیز در روزهای اول و ۲۸ هر دوره طبق روش Schröder و Staufenbiel (۲۰۰٦)، با استفاده از دستگاه اولتراسونوگرافی (Scotland, UK Sono Vet 600J,549 EH WestLothian Ltd.,Technology V,BCF) مجهز به مبدل خطی و بسامد بین ۰/۵ تا ۵/٦ مگاهرتز توسط دامپزشک متخصص مزرعه اندازه‌گیری شد.

مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی و تجزیه شیمیایی: مصرف ماده خشک روزانه طی ٦ روز (روزهای ۲۲ تا ۲۷) با ثبت مقدار خوراک عرضه‌شده و باقی‌مانده در آخور محاسبه شد. نمونه‌های جیره و باقی‌مانده روزانه از هر گاو جمع‌آوری، مخلوط و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌های مدفوع از هر گاو هر ۸ ساعت از روزهای ۲۱ تا ۲۵ از طریق رکتوم جمع‌آوری و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شدند. پس از یخ‌گشایی، نمونه‌های جیره و مدفوع در آون (٦۰ درجه سانتی‌گراد، ٤۸ ساعت برای جیره و ۷۲ ساعت برای مدفوع) خشک و با آسیاب ویلی (Arthur H. Thomas، فیلادلفیا، پنسیلوانیا، آمریکا، الک با مش ۱ میلی‌متر) آسیاب شدند.

گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی ازطریق خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر داخلی طبق روش Van Keulen و Young (۱۹۹۷)، ارزیابی شد. فراسنجه‌های شیمیایی شامل پروتئین خام، عصاره اتری و خاکستر بر اساس روش پیشنهادی انجمن رسمی شیمی‌دانان کشاورزی (۲۰۰۲) و الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی[3] مطابق با روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد.

تولید و ترکیبات شیر: تولید و ترکیب شیر طی ٦ روز (روزهای ۲۲ تا ۲۷) در سه نوبت دوشش (۸:۰۰، ۱٦:۰۰، ۲٤:۰۰) ثبت شد. نمونه‌های شیر در ظروف استریل ۵۰ میلی‌لیتری حاوی دی‌کرومات پتاسیم جمع‌آوری و در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌ها به آزمایشگاه شیر ایده‌سازان روژان الوند (کرج، ایران) ارسال و با دستگاه Delta instruments ساخت کشور هلند، مدل (Combi Scope 600 HP)، میزان پروتئین، چربی، لاکتوز و ماده خشک تحلیل شدند. همچنین شیر تصحیح‌شده براساس چربی ۳/۵ درصد[4] و شیر تصحیح‌شده براساس انرژی[5]، طبق روابط NRC (۲۰۰۱) محاسبه شد.

1. Body Condition Score (BCS)
2. Backfat Thickness (BFT)
3. Acid Detergent Fiber (ADF)
4. Fat Corrected Milk 3.5% (FCM)
5. Energy Corrected Milk (ECM)

جدول ۱- اجزای جیره‌های آزمایشی و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده بر اساس درصد ماده خشک

Table 1. Ingredients and chemical composition of the experimental diets (%, DM basis)

اجزا (Ingredients)	گروه شاهد Control	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3
	تیمارها[1] (درصد ماده خشک) (Treatments)			
سیلاژ ذرت Corn Silage	19.84	19.84	19.84	19.84
علوفه یونجه خردشده Alfalfa Forage	11.92	11.92	11.92	11.92
کاه گندم خردشده Wheat Straw	4.06	4.06	4.06	4.06
تفاله چغندرقند Sugar Beet Pulp	0.00	0.00	12.00	5.98
خوراک گلوتن ذرت Corn Gluten Feed	0.00	12.00	0.00	5.98
دانه جو آسیاب شده Barley Grain	43.76	33.1	29.13	30.92
کنجاله سویا Soybean Meal	13.10	12.11	15.27	13.71
پودر گوشت Meat Meal	2.73	2.73	2.94	2.94
پودر چربی Fat Powder	1.40	1.20	1.71	1.57
جوش‌شیرین Sodium bicarbonate	1.49	1.49	1.49	1.49
کربنات کلسیم Calcium Carbonate	0.31	0.31	0.31	0.31
اکسید منیزیم Magnesium Oxide	0.13	0.13	0.13	0.13
مکمل ویتامینی[2] Vitamin premix	0.41	0.41	0.41	0.41
مکمل معدنی[3] Mineral premix	0.41	0.41	0.41	0.41
نمک Salt	0.13	0.13	0.13	0.13
اوره Urea	0.31	0.16	0.25	0.20
ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)				
Chemical composition (% dry matter)				
ماده خشک Dry matter	50	50	47	50
ماده آلی Organic Matter	91.26	91.01	89.91	91.66
پروتئین Crude protein	17.10	17.10	17.10	17.10
چربی خام Ether extract	5.60	6.20	6.25	6.25
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	36.30	39.13	38.35	36.99
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	19.45	20.55	20.56	18.26
کربوهیدرات‌های غیر الیافی NFC	42	40	38	39
کلسیم Calcium	0.78	0.78	0.88	0.75
فسفر Phosphorus	0.45	0.52	0.44	0.49
انرژی خالص شیردهی NEL	1.61	1.61	1.59	1.61
اختلاف کاتیون-آنیون جیره (میلی اکی والان بر کیلوگرم ماده خشک) ((DCAD (meq/kg DM)[4]	381	392	389	311

۱-تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد، جیره حاوی ۴۳/۷۶ درصد دانه جو (۷۳ درصد کنسانتره) بدون افزودن خوراک گلوتن ذرت یا تفاله چغندرقند، تیمار اول) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با خوراک گلوتن ذرت، تیمار دوم) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با تفاله چغندرقند و تیمار سوم) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با ٦ درصد تفاله چغندرقند و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت

1-Treatments were as follows: control diet containing 43.76% barley grain (73% concentrate) without corn gluten feed or beet pulp; T1, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with corn gluten feed; T2, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with beet pulp; and T3, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with a combination of 6% beet pulp and 6% corn gluten feed.

۲-هر کیلوگرم حاوی ۱۵۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۲۵۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D3، ۱۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۰/۵ گرم مس آلی، ۰/۰۰۸ گرم سلنیوم آلی، ۱/۵ گرم منگنز آلی، ۲ گرم روی آلی، ۳ گرم مونسین، ۰/۲ گرم بیوتین.

2- Each kilogram contained 1,500,000 IU of vitamin A, 250,000 IU of vitamin D_3, 15,000 IU of vitamin E, 0.5 g of organic copper, 0.008 g of organic selenium, 1.5 g of organic manganese, 2 g of organic zinc, 3 g of monensin, and 0.2 g of biotin

۳-براساس ماده خشک هر کیلوگرم حاوی ۰/۱ گرم کبالت، ٤/٥ گرم مس، ۱۳/٥ گرم منگنز، ۱۸ گرم روی، ۰/۲ گرم ید، ۰/۰۷۲ گرم سلنیوم، ٥٥ گرم منیزیم، ۲٤٥ گرم کلسیم

3-On a dry matter basis, each kilogram contained 0.1 g of cobalt, 4.5 g of copper, 13.5 g of manganese, 18 g of zinc, 0.2 g of iodine, 0.072 g of selenium, 55 g of magnesium, and 245 g of calcium

4-DCAD= (Na + K) – (Cl + S)

تجزیه آماری داده‌ها

این آزمایش در قالب طرح مربع لاتین ٤ × ٤ تکرارشونده با ۳ مربع، ٤ دوره و ٤ تیمار آنالیز شد. داده‌های مربوط به هر گاو در هر دوره، پس از میانگین‌گیری با رویه مختلط (PROC MIXED) نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/٥) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. مدل آماری شامل اثر مربع، دوره داخل مربع، گاو داخل مربع و تیمار بود. اثر گاو داخل مربع به‌عنوان اثر تصادفی و اثر دوره داخل مربع، اثر مربع و اثر تیمار به‌عنوان اثرات ثابت در مدل در نظر گرفته شدند. همچنین توزیع نرمال داده‌ها و همگنی واریانس برای باقیمانده‌ها، با رویه تک صفته (UNIVARIATE) مورد آزمون قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با روش توکی انجام شد. سطح معنی‌داری $P \leq ۰/۰٥$ و $P \leq ۰/۰۱$ تمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد. مدل آماری مورداستفاده به‌صورت زیر تعریف شد:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + S_j + T_k + C\,(S)_{k(1)} + e_{ij\,k1,}$$

که در آن Y_{ijkl}، متغیر وابسته، μ، میانگین جامعه، P_i، اثر ثابت دوره، S_j، اثر ثابت مربع، T_k، اثر ثابت تیمار، $C\ (S)_{k(1)}$، اثر تصادفی گاو داخل مربع و $e_{ij\ k1,}$ باقیمانده است. برای تخمین میانگین حداقل مربعات از روش حداکثر درست نمایی محدودشده (REML) استفاده شد.

نتایج و بحث

مصرف خوراک: نتایج این آزمایش نشان داد که جایگزینی دانه جو با تفاله چغندرقند و خوراک گلوتن ذرت به‌طور معنی‌داری مصرف خوراک را افزایش داد (جدول ۲). بیشترین میزان مصرف ماده خشک (۲۸/۱٦ کیلوگرم در روز) در تیمار ترکیبی حاوی ٦ درصد تفاله چغندرقند و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (P=۰/۰۰۱). پس از آن، تیمار حاوی ۱۲ درصد خوراک گلوتن ذرت (۲۷/۳۱ کیلوگرم در روز) نیز مصرف بالاتری نسبت به تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱۲ درصد تفاله چغندر قند نشان داد.

جایگزینی بخشی از غلات با محصولات فرعی در جیره گاوهای شیرده، می‌تواند رویکردی مؤثر برای بهبود عملکرد شکمبه باشد (Erfani و همکاران، ۲۰۲٤). مطالعات قبلی نیز نشان داده‌اند که جایگزینی غلاتی مانند جو و ذرت با تفاله چغندرقند سبب افزایش pH شکمبه می‌شود (Nemati و همکاران، ۲۰۲۰). این اثر احتمالاً به تغییر الگوی تخمیر میکروبی و تولید کمتر بار اسیدی مربوط است و ترکیب اسیدهای چرب فرار را بهبود می‌بخشد (Hall و Herejk، ۲۰۰۱). علاوه براین، تفاله چغندرقند نسبت به غلات، استات بیشتری تولید می‌کند که با کاهش خطر اسیدوز، تخمیر شکمبه‌ای را افزایش می‌دهد (Erfani و همکاران، ۲۰۲٤؛ Mansfield و همکاران، ۱۹۹٤).

افزایش مصرف خوراک در تیمار ترکیبی احتمالاً به دلیل بهبود خوش‌خوراکی، تنوع منابع کربوهیدراتی و افزایش قابلیت هضم جیره بوده است (Mohsen و همکاران، ۲۰۲۱؛ Shahmoradi و همکاران، ۲۰۱٦). علاوه‌براین، تفاوت در اندازه ذرات و چگالی ظاهری

خوراک گلوتن ذرت می‌تواند نقش مهمی داشته باشد، زیرا ذرات ریز این خوراک با کاهش میانگین اندازه ذرات جیره، نرخ عبور مواد از شکمبه را افزایش داده و پرشدگی فیزیکی شکمبه را کاهش می‌دهند که در نهایت منجر به افزایش مصرف خوراک می‌شود (Zhang و همکاران، ۲۰۲۱، VanBaale و همکاران، ۲۰۰۱).

مطالعات پیشین در این زمینه نتایج متفاوتی گزارش کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال، Voelker و Allen، (۲۰۰۳)، بیان کردند که اثر جایگزینی غلات با تفاله چغندرقند بر مصرف ماده خشک به سطح جایگزینی بستگی دارد و ممکن است افزایشی، کاهشی یا بدون تغییر باشد. به‌طور مشابه، Nemati و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند که جایگزینی جو و ذرت با تفاله چغندرقند تأثیری بر مصرف ماده خشک نداشت. در مقابل،Shahmoradi و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که میزان مصرف ماده خشک تحت تأثیر درصد استفاده از تفاله چغندرقند در جیره قرار دارد و در سطوح بالاتر از ۳/۵ درصد وزن بدن، کاهش قابل‌توجهی مشاهده شد. افزون بر این، Darabighane و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که مصرف خوراک در جیره‌های حاوی خوراک گلوتن ذرت تفاوت معنی‌داری نداشت که این امر ممکن است به سطح جایگزینی، ترکیب سایر اجزای جیره و وضعیت فیزیولوژیکی دام وابسته باشد.

قابلیت هضم مواد مغذی: قابلیت هضم مواد **مغذی از** مهمترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت جیره و عملکرد تغذیه‌ای گاوهای شیرده محسوب می‌شود. نتایج حاضر نشان داد که جایگزینی بخشی از دانه جو با ترکیبی از خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند، سبب بهبود قابل توجهی در قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام گردید و در عین حال تأثیر منفی معناداری بر قابلیت هضم ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی نداشته است. این امر نشان‌دهنده تعادل مناسب بین تأمین انرژی و الیاف قابل تخمیر و نیز بهینه‌سازی فرآیند تخمیر شکمبه است.

تفاله چغندرقند، به دلیل دارا بودن مقادیر قابل‌توجهی پکتین و الیاف قابل‌تخمیر، محیط مساعدی برای فعالیت میکروبی شکمبه فراهم نموده و به حفظ تعادل pH در محدوده بهینه کمک می کند، عاملی که برای عملکرد مطلوب میکروارگانیسم‌ها حیاتی است (Mertens، ۱۹۹۷؛ Plaizier و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین، خوراک گلوتن ذرت با تأمین پروتئین با کیفیت بالا، نقش مهمی در افزایش ارزش تغذیه‌ای جیره و ارتقاء قابلیت هضم پروتئین خام دارد (Jiang و همکاران، ۲۰۲۱).

مطالعات متعدد پیشین، از جمله پژوهش‌های Kahyani و همکاران (۲۰۱۹)، Heydari و همکاران (۲۰۲۱) و Wang و همکاران (۲۰۲۲)، اثرات مثبت جایگزینی منابع خوراکی جانبی در بهبود تولید اسیدهای چرب فرار و حفظ pH شکمبه در بازه ۵/۸ تا ۶/۸ را تائید کرده‌اند، شرایطی که موجب افزایش فعالیت میکروبی و ارتقای قابلیت هضم مواد مغذی می‌شود (Plaizier و همکاران، ۲۰۰۸). حفظ تعادل بین تخمیر اجزای الیافی و غیرالیافی از افت قابلیت هضم الیاف و بروز اختلالات متابولیکی مانند اسیدوز شکمبه پیشگیری می‌کند (Allen، ۱۹۹۷).

با وجود اینکه در این مطالعه، پارامترهای مستقیم تخمیر شکمبه از جمله pH و غلظت اسیدهای چرب فرار اندازه‌گیری نشد، بهبود معنادار قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام نشان‌دهنده بهبود شرایط تخمیر شکمبه است موضوعی که ارتباط مستقیم با ارتقاء عملکرد تولیدی و سلامت متابولیکی دام دارد (Oba و Allen، ۲۰۱۳).

در مجموع، جایگزینی دانـه جـو بـا ترکیـب خـوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند ضمن افـزایش قابلیـت هضم مواد مغذی و بهبود فرآیندهای تخمیر، به عنوان یک راهکار اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست جهـت بهینه سـازی تغذیـه گاوهـای شـیرده پرتولیـد توصـیه می‌شود. این استراتژی با بهره‌گیری از منـابع خـوراک جانبی، ضمن کاهش هزینه‌های تغذیـه‌ای، بـه ارتقـای سلامت دام و بهبـود پایـداری محـیط زیسـتی کمـک مـــی‌کنـــد (Voelker و Allen، ۲۰۰۳؛ Kahyani و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۲- اثر جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند بر مصرف خوراک و درصد گوارش‌پذیری مواد مغذی گاوهای شیرده هلشتاین (درصد ماده خشک)

Table 2. Effect of replacing barley grain with corn gluten feed and beet pulp on feed intake and nutrient digestibility of lactating Holstein cows (%, DM basis)

متغیر (Item)	تیمارها (Treatments)				خطای استاندارد میانگین SEM	معنی‌داری *P- value* تیمار
	گروه شاهد Control	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3		
مصرف ماده خشک Dry matter intake (kg)	25.95[c]	27.31[b]	26.33[c]	28.16[a]	0.477	0.001
درصد گوارش‌پذیری مواد مغذی (Digestibility)						
ماده خشک Dry matter (%)	68.86	67.16	65.32	70.39	1.454	0.06
ماده آلی Organic matter (%)	70.62[ab]	68.58[b]	67.49[b]	72.70[a]	1.487	0.04
پروتئین خام Crude protein (%)	70.03[a]	70.98[a]	62.80[b]	67.91[a]	1.963	0.03
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%) NDF	51.79	48.55	52.35	55.01	2.065	0.15
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (%) ADF	45.58	44.18	46.26	47.04	2.314	0.83

۱-تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد، جیره حاوی ٤٣/٧٦ درصد دانه جو (٧٣ درصد کنسانتره) بدون افزودن خوراک گلوتن ذرت یا تفاله چغندرقند، تیمار اول) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با خوراک گلوتن ذرت، تیمار دوم) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با تفاله چغندرقند و تیمار سوم) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با ٦ درصد تفاله چغندرقند و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت

1-Treatments were as follows: control diet containing 43.76% barley grain (73% concentrate) without corn gluten feed or beet pulp; T1, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with corn gluten feed; T2, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with beet pulp; and T3, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with a combination of 6% beet pulp and 6% corn gluten feed.

۲- میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

Means in the same rows with different superscript are significantly different (P<0.05).

تولید و ترکیبـات شـیر: نتـایج مربـوط بـه تولیـد و ترکیبات شیر در جدول ۳ ارائه‌شده است. تولیـد شـیر خام در گاوهای تغذیه‌شـده بـا جیـره جـایگزینی ۱۲ درصد دانه جو با ٦ درصد خـوراک گلـوتن ذرت و ٦ درصد تفاله چغندرقند، بـه‌طـور معنـی‌داری بیشـتر از سایر تیمارها بود. این افزایش احتمالاً ناشی از افزایش مصرف خوراک و بهبود گوارش‌پـذیری مـواد مغـذی (ماده آلی و پروتئین خام) است که کارایی اسـتفاده از انرژی و پروتئین را ارتقا می‌دهد (Wang و همکاران، ۲۰۲۲). این نتایج بـا یافتـه‌هـای Naderi و همکـاران (۲۰۱٦) و Mohsen و همکاران (۲۰۲۱)، همسو است که نشان دادند اسـتفاده از تفالـه چغندرقنـد در جیـره سبب افزایش مصرف خوراک، کاهش غلظت نیتروژن آمونیـاکی شـکمبه و در نتیجـه افـزایش تولیـد شـیر

می‌شود. همچنین، Jiang و همکاران (۲۰۲۱)، افزایش تولید شیر را در تیمارهای مصرف‌کننده مخلوط تخمیری گلوتن ذرت را ناشی از بهبود قابلیت هضم مواد مغذی دانستند.

شیر تصحیح‌شده بر اساس چربی ۳/۵ درصد، شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی، تولید چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد جامد بدون چربی و همچنین درصد پروتئین، درصد مواد جامد بدون چربی و نسبت چربی به پروتئین، بیشترین افزایش را در تیمار ترکیبی نسبت به سایر تیمارها نشان داد. جیره‌های با دانه جو به‌عنوان ماده اصلی کنسانتره می‌توانند پاسخ‌های التهابی را افزایش دهند (Emmanuel و همکاران، ۲۰۰۸) و کارایی استفاده از خوراک را کاهش دهند (Khiaosa-Ard و Zebeli، ۲۰۱٤)، بنابراین، جایگزینی بخشی از دانه جو با محصولات جانبی (گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند) می‌تواند این اثر را کاهش دهد و کارایی تولید شیر را بهبود بخشد (Nemati و همکاران، ۲۰۲۰).

بهبود مشاهده‌شده در ترکیبات شیر می‌تواند ناشی از افزایش دریافت الیاف حاصل از مصرف محصولات جانبی (گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند) باشد که در نهایت منجر به بهبود شرایط شکمبه و افزایش تولید اسیدهای چرب فرار، به‌ویژه استات می‌شود و از آنجا که استات ارتباط مستقیمی با سنتز چربی شیر دارد (Bauman و Griinari، ۲۰۰۳)، می‌تواند دلیل افزایش تولید چربی شیر در تیمار مذکور باشد. بااین‌حال، درصد چربی شیر بین جیره‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. این یافته با نتایج مطالعات پژوهش‌های Alamouti و همکاران (۲۰۱٤)، Dann و همکاران (۲۰۱٤) و Heydari و همکاران (۲۰۲۱)، هم‌راستا است که گزارش کردند جایگزینی تفاله چغندرقند در جیره گاوهای شیرده تأثیری بر درصد چربی شیر ندارد.

کاهش درصد و تولید پروتئین شیر در جیره حاوی ۱۲ درصد تفاله چغندرقند ممکن است ناشی از کاهش قابلیت هضم پروتئین خام در این جیره باشد. این در حالی است که نتایج پژوهش‌های Naderi و همکاران (۲۰۱٦) و Kahyani و همکاران (۲۰۱۹)، نشان داده‌اند استفاده از تفاله چغندرقند می‌تواند درصد و تولید پروتئین شیر را افزایش دهد. همچنین، Jiang و همکاران، (۲۰۲۱) گزارش کردند که استفاده از مخلوط تخمیری گلوتن ذرت موجب افزایش تولید پروتئین شیر می‌شود. از سوی دیگر، گلوتن ذرت حاوی الیاف غیرعلوفه‌ای و پروتئینی با قابلیت هضم سریع است که می‌تواند شرایط شکمبه‌ای را برای سنتز بهینه پروتئین شیر فراهم کند (Pan و همکاران، ۲۰۱٤). این ویژگی احتمالاً باعث شده است که در تیمار ترکیبی، اثر منفی تفاله چغندرقند بر درصد پروتئین شیر تا حدی جبران شود.

درصد لاکتوز اگرچه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان نداد، اما به‌طور نسبی در گروه شاهد بالاتر بود که می‌تواند ناشی از افزایش غلظت نشاسته در جیره باشد. افزایش نشاسته جیره منجر به تأمین بیشتر گلوکز و پیش‌سازهای آن، مانند پروپیونات می‌شود. در نتیجه، دسترسی بالاتر به پروپیونات برای سنتز لاکتوز در غده پستانی فراهم‌شده و این امر می‌تواند موجب افزایش غلظت لاکتوز شیر شود (Malekkhahi و همکاران، ۲۰۲۳).

در پژوهش (Jiang و همکاران، ۲۰۲۱)، تیمارهای دریافت‌کننده مخلوط تخمیری گلوتن ذرت و سبوس گندم با جایگزینی کنجاله سویا، نسبت به گروه شاهد، افزایش معنی‌داری در تولید شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی، تولید پروتئین و تولید لاکتوز نشان دادند. همچنین، درصد پروتئین و لاکتوز شیر در این تیمارها افزایش یافت. این نتایج با یافته‌های Voelker و Allen (۲۰۰۳) هم‌راستا است، آن‌ها گزارش کردند که

جایگزینی ذرت با تفاله چغندر پلت‌شده، تولید شیر تصحیح‌شده بر اساس چربی را افزایش داد. همچنین، Shahmoradi و همکاران (۲۰۱۶) افزایش معنی‌دار در چربی، پروتئین و مواد جامد بدون چربی را با افزودن تفاله چغندرقند گزارش کردند.

جدول ۳- اثر جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند بر تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیرده هلشتاین

Table 3 – Effect of replacing barley grain with corn gluten feed and beet pulp on milk yield and composition of lactating Holstein cows

معنی‌داری *P- value*	خطای استاندارد	تیمارها (Treatments)				متغیر (Item)
تیمار	میانگین SEM	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۱ Treatment 1	گروه شاهد Control	
0.008	0/97	44.5[a]	42.0[c]	42.9[bc]	43.3[b]	تولید شیر Milk yield (kg/d)
0.007	0.73	44.32[a]	41.38[b]	41.59[b]	41.66[b]	شیر تصحیح‌شده بر اساس چربی ۳/۵ درصد 3.5 % FCM (kg/d)
0.006	0.67	43.62[a]	40.67[b]	41.24[b]	41.40[b]	شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی ECM (kg/d)
			تولید ترکیبات شیر، کیلوگرم در روز (Milk component yield, kg/day)			
0.003	0.02	1.54[a]	1.43[b]	1.41[b]	1.41[b]	چربی Fat (kg)
0.001	0.03	1.32[a]	1.22[c]	1.28[b]	1.30[ab]	پروتئین Protein (kg)
0.002	0.05	2.08[a]	1.95[c]	2.01[bc]	2.04[ab]	لاکتوز Lactose (kg)
0.003	0.09	3.85[a]	3.61[c]	3.72[b]	3.77[ab]	مواد جامد بدون چربی SNF (kg)
			غلظت ترکیبات شیر، درصد (Milk composition, %)			
0.32	0.10	3.48	3.41	3.42	3.3	چربی Fat (%)
0.002	0.03	2.97[a]	2.91[b]	3.01[a]	3.01[a]	پروتئین Protein (%)
0.074	0.03	4.68	4.66	4.66	4.70	لاکتوز Lactose (%)
0.004	0.04	8.64[b]	8.57[c]	8.66[ab]	8.70[a]	مواد جامد بدون چربی SNF (%)
0.011	0.02	1.16[a]	1.17[a]	1.13[ab]	1.09[b]	نسبت چربی به پروتئین Fat/CP (%)

۱-تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد، جیره حاوی ٤۳/۷٦ درصد دانه جو (۷۳ درصد کنسانتره) بدون افزودن خوراک گلوتن ذرت یا تفاله چغندرقند، تیمار اول) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با خوراک گلوتن ذرت، تیمار دوم) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با تفاله چغندرقند و تیمار سوم) جیره با جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو (۲۰ درصد کنسانتره) با ٦ درصد تفاله چغندرقند و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت

1-Treatments were as follows: control diet containing 43.76% barley grain (73% concentrate) without corn gluten feed or beet pulp; T1, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with corn gluten feed; T2, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with beet pulp; and T3, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with a combination of 6% beet pulp and 6% corn gluten feed.

۲-میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

Means in the same rows with different superscript are significantly different (P<0.05).

وضعیت بدنی: بررسی شاخص‌های مرتبط با وضعیت بدنی گاوهای شیرده نشان داد که جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند در جیره، تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن، تغییرات وزن بدن، ضخامت چربی پشتی و نمره وضعیت بدنی نداشت. دامنه نمره وضعیت بدنی در محدوده مطلوب ۲/۹۱ تا ۳/۰۵ باقی ماند که نشان‌دهنده حفظ وضعیت ذخایر بدنی ناشی از تغییر منابع خوراکی بود (جدول ٤). یافته‌های این پژوهش با گزارش‌های متعددی هم‌راستا است، Shahmoradi و همکاران (۲۰۱٦)، گزارش کردند که جایگزینی بخشی از دانه جو با تفاله چغندرقند تأثیری بر وزن بدن و ضخامت چربی پشتی

نداشت. همچنین در پژوهش‌های Naderi و همکاران (٢٠١٦) و Malekkhahi و همکاران (٢٠٢٠)، تغذیه با منابع مختلف الیاف هیچ اثر معناداری بر تغییرات نمره وضعیت بدنی نشان ندادند. با این‌حال، در آزمایش مطالعه Voelker و Allen (٢٠٠٣) هنگام جایگزینی ذرت با تفاله چغندر در جیره گاوهای شیرده پرتولید نمره وضعیت بدنی کاهش یافت که این کاهش را ناشی از کاهش انسولین پلاسما و افزایش برداشت ذخایر بدنی برای تأمین انرژی موردنیاز تولید شیر دانستند.

از سوی دیگر، مطالعه Mullins و همکاران (٢٠١٠)، نشان داد که افزودن گلوتن ذرت منجر به افزایش نمره وضعیت بدنی می‌شود که این اثر را به افزایش مصرف انرژی نسبت دادند. با این‌حال، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در صورت استفاده متعادل از گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند، تغییر قابل‌توجهی در شاخص‌های وضعیت بدنی دام رخ نمی‌دهد.

در مطالعه حاضر، به منظور همسان‌سازی انرژی و پروتئین جیره‌ها، تغییرات جزئی در نسبت کنجاله سویا، پودر گوشت و پودر چربی انجام شد که شاید در نتایج به‌دست‌آمده تأثیرگذار باشد. این تغییرات (کنجاله سویا: ١٢/١١ تا ١٥/٢٧ درصد، پودر گوشت: ٢/٧٣ تا ٢/٩٤ درصد، پودر چربی: ١/٢٠ تا ١/٧١ درصد ماده خشک؛ جدول ١) با نرم‌افزار جیره‌نویسی کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل (نسخه ٥/٠، Fox و همکاران، ٢٠٠٠) اعمال شد تا جیره‌ها ایزوانرژیک (١/٦١ مگاکالری بر کیلوگرم ماده خشک) و ایزونیتروژنیک (١٧/١ درصد پروتئین خام) باقی بمانند. این رویکرد برای شبیه‌سازی شرایط عملی و حذف متغیرهای مخدوش‌کننده انتخاب شد. در مطالعات آینده، پیشنهاد می‌شود اقلام جیره ثابت نگه‌داشته شود و جیره‌ها بدون همسان‌سازی انرژی و پروتئین بررسی شوند تا اثر خالص جایگزینی با دقت بیشتری ارزیابی گردد.

جدول ٤- اثر جایگزینی دانه جو با خوراک گلوتن ذرت و تفاله چغندرقند بر وضعیت بدنی گاوهای شیرده هلشتاین

Table 4 – Effect of replacing barley grain with corn gluten feed and beet pulp on body condition score of lactating Holstein cows

متغیر (Item)	تیمارها (Treatments)				خطای استاندارد	معنی‌داری *P-value*
	گروه شاهد Control	تیمار ١ Treatment 1	تیمار ٢ Treatment 2	تیمار ٣ Treatment 3	میانگین SEM	تیمار
وزن بدن (کیلوگرم) Body weight (kg)	680.92	676.58	679.83	679.33	6.22	0.90
ضخامت چربی پشتی (میلی‌متر) Backfat thickness (mm)	26.83	27.16	26.58	27.16	1.05	0.78
تغییرات وزن بدن (کیلوگرم) Body weight changes	-4.91	-6.66	-4.41	-0.33	3.9	0.70
نمره وضعیت بدنی Body condition score	3.05	2.91	2.97	2.95	0.062	0.30

١-تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد، جیره حاوی ٤٣/٧٦ درصد دانه جو (٧٣ درصد کنسانتره) بدون افزودن خوراک گلوتن ذرت یا تفاله چغندرقند، تیمار اول) جیره با جایگزینی ١٢ درصد دانه جو (٢٠ درصد کنسانتره) با خوراک گلوتن ذرت، تیمار دوم) جیره با جایگزینی ١٢ درصد دانه جو (٢٠ درصد کنسانتره) با تفاله چغندرقند و تیمار سوم) جیره با جایگزینی ١٢ درصد دانه جو (٢٠ درصد کنسانتره) با ٦ درصد تفاله چغندرقند و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت

1-Treatments were as follows: control diet containing 43.76% barley grain (73% concentrate) without corn gluten feed or beet pulp; T1, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with corn gluten feed; T2, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with beet pulp; and T3, diet in which 12% of barley grain (20% of concentrate) was replaced with a combination of 6% beet pulp and 6% corn gluten feed.

۲-میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

Means in the same rows with different superscript are significantly different (P<0.05).

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این مطالعه نشان داد که جایگزینی ۱۲ درصد دانه جو با ترکیبی متعادل از ٦ درصد تفاله چغندرقند و ٦ درصد خوراک گلوتن ذرت، به‌طور معناداری مصرف ماده خشک و قابلیت هضم مواد مغذی را افزایش داده و بهبود قابل‌توجهی در عملکرد تولید شیر و ترکیبات آن ایجاد نمود، بدون آنکه تأثیر منفی بر شاخص‌های وضعیت بدنی گاوهای شیرده پر تولید (با میانگین تولید شیر ٤٣ کیلوگرم در روز) داشته باشد. این نتایج نشان‌دهنده کارایی تغذیه‌ای بالای این منابع جایگزین و نقش برجسته آن‌ها در بهینه‌سازی جیره‌های غذایی و ارتقاء بهره‌وری تولید در گاوهای شیرده است. ازاین‌رو، استفاده از ترکیب تفاله چغندرقند و خوراک گلوتن ذرت به‌عنوان جایگزینی پایدار و اقتصادی برای دانه جو، می‌تواند راهکاری مؤثر در مدیریت تغذیه گاوهای شیرده پر تولید باشد.

منابع

Alamouti, A., Alikhani, M., Ghorbani, G., Teimouri-Yansari, A., & Bagheri, M. (2014). Response of early lactation Holstein cows to partial replacement of neutral detergent soluble fibre for starch in diets varying in forage particle size. *Livestock Science,* 160: 60-68 .

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). Official Methods of Analysis. Vol. 1. 17th ed. AOAC, Arlington, VA.

Allen, M., Bradford, B., & Oba, M. (2009). Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science,* 87(10): 3317-3334 .

Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science,* 80(7): 1447-1462 .

Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition,* 23(1): 203-227 .

Cassidy, E. S., West, P. C., Gerber, J. S., & Foley, J. A. (2013). Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters*, 8(3): 034015 .

Dann, H., Tucker, H., Cotanch, K., Krawczel, P., Mooney, C., Grant, R., & Eguchi, T. (2014). Evaluation of lower-starch diets for lactating Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(11): 7151-7161 .

Darabighane, B., Mirzaei Aghjehgheshlagh, F., Mahdavi, A., Navidshad, B., & Bernard, J. K. (2020). Effects of inclusion of corn gluten feed in dairy rations on dry matter intake, milk yield, milk components, and ruminal fermentation parameters: a meta-analysis. *Tropical Animal Health and Production,* 52: 2359-2369 .

Edmonson, A., Lean, I. J ,.Weaver, L., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 72(1): 68-78 .

Emmanuel, D., Dunn, S., & Ametaj, B. (2008). Feeding high proportions of barley grain stimulates an inflammatory response in dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 91(2): 606-614 .

Erfani, H., Ghorbani, G., Hashemzadeh, F., Ghasemi, E., Khademi, A., Naderi, N., & Drackley, J. (2024). Effects of complete substitution of dietary grain and protein sources with by-products on the production performance of mid-lactation dairy cows fed diets based on barley silage under heat-stress conditions. *Journal of Dairy Science,* 107(4): 1993-2010 .

Ertl, P., Knaus, W., Metzler-Zebeli, B., Klevenhusen, F., Khiaosa-Ard, R., & Zebeli, Q. (2015). Substitution of common concentrates with by-products modulated ruminal fermentation,

nutrient degradation, and microbial community composition *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, 98(7): 4771-4762 .

Fox, D., Tylutki, T., Czymmek, K., Rasmussen, C., & Durbal, V. (2000). Development and application of the Cornell University nutrient management planning system. Paper presented at the Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf., Rochester, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY.

Fustini, M., Heinrichs, A., Palmonari, A & ,.Formigoni, A. (2016). Case study: farm characteristics and total mixed ration particle size issues on Parmigiano Reggiano farms in northern Italy. *The Professional Animal Scientist*, 32(6):869-873 .

Gozho, G., Plaizier, J., Krause, D., Kennedy, A., & Wittenberg, K. (2005). Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *Journal of Dairy Science*, 88(4): 1399-1403. .

Hall, M., & Herejk, C. (2001). Differences in yields of microbial crude protein from *in vitro* fermentation of carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, 84(11): 2486-2493 .

Heydari, M., Ghorbani, G., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Rafiee, H., Ahamdi, F., & Saeidy, H. (2021). Beet pulp substituted for corn silage and barley grain in diets fed to dairy cows in the summer months: feed intake, total-tract digestibility, and milk production. *Animal*, 15(1):100063 .

Jiang, X., Xu, H., Ma, G., Sun, Y., Li, Y., & Zhang, Y. (2021). Digestibility, lactation performance, plasma metabolites, ruminal fermentation, and bacterial communities in Holstein cows fed a fermented corn gluten-wheat bran mixture as a substitute for soybean meal. *Journal of Dairy Science*, 104(3): 2866-2880 .

Kahyani, A., Ghorbani, G., Alikhani, M., Ghasemi, E., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Nasrollahi, S. (2019). Adjusting for 30-hour undigested neutral detergent fiber in substitution of wheat straw and beet pulp for alfalfa hay and corn silage in the diet of high-producing cows. *Journal of Dairy Science*, 102(8): 7026-7037 .

Khiaosa-Ard, R., & Zebeli, Q. (2014). Cattle's variation in rumen ecology and metabolism and its contributions to feed efficiency. *Livestock Science*, 162: 66-75 .

Kononoff, P. J., Ivan, S., Matzke, W., Grant, R., Stock, R., & Klopfenstein, T. J. (2006). Milk production of dairy cows fed wet corn gluten feed during the dry period and lactation. *Journal of Dairy Science*, 89(7): 2608-2617 .

Mahjoubi, E., Amanlou, H., Zahmatkesh, D., Khan, M. G., & Aghaziarati, N. (2009). Use of beet pulp as a replacement for barley grain to manage body condition score in over-conditioned late lactation cows. *Animal Feed Science and Technology*, 153(1-2): 60-67 .

Malekkhahi, M., Razzaghi, A., & Vyas, D. (2023). Replacement of corn silage with shredded beet pulp and dietary starch concentration: Effects on performance, milk fat output, and body reserves of mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106(3): 1734-1745 .

Mansfield, H., Stern, M., & Otterby, D. (1994). Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and *in vitro* fermentation by rumen microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 77(1): 205-216 .

Mertens, D. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7): 1463-1481 .

Mohsen, M. K., Ali, M. F ,.Gaafar, H. M., Al-Sakka, T. S., Aboelenin, S. M., Soliman, M. M., & Dawood, M. A. (2021). Impact of dry sugar beet pulp on milk production, digestibility traits, and blood constituents of dairy holstein cows. *Animals*, 11(12): 3496 .

Mullins, C., Grigsby ,K., Anderson, D., Titgemeyer, E., & Bradford, B. (2010). Effects of feeding increasing levels of wet corn gluten feed on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(11): 5329-5337 .

Münnich, M., Khiaosa-Ard, R ,.Klevenhusen, F., Hilpold, A., Khol-Parisini, A., & Zebeli, Q. (2017). A meta-analysis of feeding sugar beet pulp in dairy cows: Effects on feed intake, ruminal fermentation, performance, and net food production. *Animal Feed Science and Technology*, 224: 78-89 .

Naderi, N., Ghorbani, G., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Nasrollahi, S., & Beauchemin, K. (2016). Shredded beet pulp substituted for corn silage in diets fed to dairy cows under ambient heat

stress: Feed intake, total-tract digestibility, plasma metabolites, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 99(11):8847-8857 .

Nemati, M., Hashemzadeh, F., Ghorbani, G., Ghasemi, E., Khorvash, M., Ghaffari, M., & Nasrollahi, S. (2020). Effects of substitution of beet pulp for barley or corn in the diet of high-producing dairy cows on feeding behavior, performance, and ruminal fermentation. *Journal of Dairy Science*, 103(10): 8829-8840 .

Oba, M., & Allen, M. (2003). Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *Journal of Dairy Science*, 86(1): 174-183 .

Pan, C.-F., Liu, G.-Q., Li, Y., Liu, K.-Y., Li, C.-L., & Zhang, Y.-G. (2014). Effect of Adding Chinese Wildrye or Alfalfa to Wet Corn Gluten Feed During Fermentation. *International Journal of Agriculture & Biology*, 16 (2): 328–334.

Petit, H. V., & Tremblay, G. (1995). Milk production and intake of lactating cows fed grass silage with protein and energy supplements. *Journal of Dairy Science*, 78(2): 353-361 .

Plaizier, J., Krause, D., Gozho, G., & McBride, B. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176(1): 21-31 .

Schröder, U., & Staufenbiel, R. (2006). Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science*, 89(1): 1-14 .

Shahmoradi, A., Alikhani, M., Riasi, A., Ghorbani, G., & Ghaffari, M. (2016). Effects of partial replacement of barley grain with beet pulp on performance, ruminal fermentation and plasma concentration of metabolites in transition dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(1): 178-188 .

Stone, W. (2004). Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87: E13-E26 .

Van Keulen, J., & Young, B. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2): 282-287.

Van Soest, P. v., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-3597 .

Voelker, J., & Allen, M. (2003). Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 1. Effects on feed intake, chewing behavior, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(11): 3542-3552.

Wang, Y., Xia, K., Wang, X., Lin, X., Liu, J., Li, Y., Guo, J. (2022). Improvement of feed intake, digestibility, plasma metabolites, and lactation performance of dairy cows fed mixed silage of sugar beet pulp and rice straw inoculated with lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 105(1): 269-280 .

Zhang, G., Li, Y., Zhao, C., Fang, X., & Zhang, Y. (2021). Effect of substituting wet corn gluten feed and corn stover for alfalfa hay in total mixed ration silage on lactation performance in dairy cows. *Animal*, 15(3): 100013.