Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

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

# Effect of replacing corn silage with fodder beet silage on rumen fermentation parameters, diet particle size, and chewing behavior in dairy cows

**Hassan Khamisabadi[1*], Alireza Ashkvari[2], Alireza Aghashahi[3]**

[1] (Corresponding author) Associate Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: hkhamisabadi50@gmail.com

[2] Graduate student of Animal Science, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran Iran, Email: alirezaashkvari1391@gmail.com

[3] Associate Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: a.aghashahi@areeo.ac.ir

**Article Info**

**Article type:**
Research Full Paper

**Article history:**
Received: 29/7/2025
Revised: 25/8/2025
Accepted: 21/9/2025

**Keywords**:
Alternative forage
Dairy cow
Protozoa
Rumination
Volatile fatty acids

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Due to climate change and the decline in forage production in the country, it is necessary to conduct research to find suitable alternatives to common forages in dairy cow feeding. Fodder beet has been introduced as a suitable alternative in livestock nutrition in recent years due to its good nutritional properties and resistance to environmental conditions. However, no research has been conducted to investigate the effect of replacing common forages with fodder beet on feed characteristics, animal welfare performance, and rumen parameters. This study aimed to evaluate the effect of replacing corn silage with fodder beet silage (autumn forage) on rumen fermentation parameters and chewing behavior in dairy cows.

**Mateials and Methods:** Fodder beet was harvested in spring and then ensiled. After 60 days, the experiment was conducted in a carryover design with two treatments: 1) fodder beet silage diet and 2) corn silage diet and 10 replications (dairy cows) in two 30-day periods. Diets were sampled to determine the particle size of the diet using a Pennsylvania standard sieve on days 24 to 30 of each experimental period. The chewing behavior of the cows including eating, rumination, and resting jaw activity was recorded in each period, and rumen fluid was sampled on the last day of each period to determine the fermentation parameters in the rumen. The pH of the rumen samples was measured immediately after receipt, and then rumen fluid sampling was performed to measure ammonia nitrogen, volatile fatty acids, and examine the protozoan population.

**Results:** Replacing corn silage with fodder beet silage increased the amount of residual compounds in the 19 ($P<0.01$) and 4 ($P=0.019$) mm sieve, decreased physical effective fiber, decreased eating activity, rumination, and daily saliva production ($P<0.01$). Also, resting jaw time was longer in animals fed fodder beet silage ($P<0.01$). On the other hand, the use of fodder beet silage in the diet reduced pH, acetic acid, and protozoa population ($P<0.01$). The amount of propionic acid and total volatile fatty acids were higher in the fodder beet silage treatment ($P<0.01$). Ammonia nitrogen

production and protozoan species *Entodiniinae* and *Isotrichidae* were higher in corn silage treatment compared to fodder beet silage ($P<0.01$).

**Conclution:** Overall, the results showed that using 25% of fodder beet silage in the diet of dairy cows did not have a negative effect on livestock performance, and according to the trend of changes in rumen parameters, fodder beet silage diet had better performance than corn silage due to higher propionic acid production and reduced protozoa population. The use of fodder beet silage at a level of 25% in the forage portion is recommended for feeding dairy cows.

**Cite this article:** Khamisabadi, H., Ashkvari, A.R., Aghashahi, A.R. (2026). Effect of replacing corn silage with fodder beet silage on rumen fermentation parameters, diet particle size, and chewing behavior in dairy cows. *Journal of Ruminant Research*, 14(1), 105-122.

© The Author(s)
10.22069/ejrr.2025.23920.2019
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

# اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه، اندازه ذرات جیره و رفتار جویدن در گاوهای شیری

**حسن خمیس‌آبادی[1*]، علیرضا اشکواری[2]، علیرضا آقاشاهی[3]**

[1] (نویسنده مسئول) دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه:hkhamisabadi50@gmail.com

[2] دانش‌آموخته علوم دامی، گروه علوم دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، رایانامه: alirezaashkvari1391@gmail.com

[3] دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: a.aghashahi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۸
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۶/۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۳۱

**واژه‌های کلیدی:**
اسیدهای چرب فرار پروتوزوآ
علوفه جایگزین
گاو شیری
نشخوار

**چکیده**

**سابقه و هدف:** با توجه به تغییرات اقلیمی و کاهش تولید علوفه در کشور، انجام تحقیقات به‌منظور یافتن جایگزین مناسب برای علوفه‌های رایج در تغذیه گاوهای شیری ضروری می‌باشد. چغندر علوفه‌ای به‌دلیل خصوصیات خوب تغذیه‌ای و همچنین مقاومت به شرایط محیطی در سال‌های اخیر به‌عنوان یک جایگزین مناسب در تغذیه دام معرفی‌شده است. بااین‌حال، تحقیقی در زمینه بررسی اثر جایگزینی علوفه‌های رایج با چغندر علوفه‌ای بر ویژگی‌های خوراک، عملکرد رفاه دام و فراسنجه‌های شکمبه انجام‌نشده است. این تحقیق باهدف ارزیابی اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای (علوفه پاییزه) بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه و بررسی رفتار جویدن در گاوهای شیری انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** چغندر علوفه‌ای در بهار برداشت و سپس سیلو شد. پس از گذشت ۶۰ روز، آزمایش در قالب طرح چرخشی با دو تیمار شامل: ۱) جیره سیلاژ چغندر علوفه‌ای و ۲) جیره سیلاژ ذرت و ۱۰ تکرار (گاو شیری) در دو دوره ۳۰ روزه انجام شد. نمونه‌برداری از جیره‌ها به‌منظور بررسی اندازه قطعات جیره با استفاده از الک استاندارد پنسیلوانیا در روزهای ۲۴ تا ۳۰ هر دوره آزمایش انجام شد. رفتار جویدن گاوها شامل فعالیت خوردن، نشخوار و استراحت فک در هر دوره ثبت شد و به‌منظور بررسی فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه نمونه‌برداری از مایع شکمبه در روز آخر هر دوره انجام شد. pH نمونه‌های شکمبه بلافاصله بعد از دریافت اندازه‌گیری شد و سپس نمونه‌برداری از مایع شکمبه برای اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار و بررسی جمعیت پروتوزوآ انجام شد.

**یافته‌ها:** جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای باعث افزایش مقدار ترکیبات باقی‌مانده در الک ۱۹ (P<۰/۰۱) و ٤ (P=۰/۰۱۹) میلی‌متر، کاهش الیاف مؤثر فیزیکی، کاهش فعالیت خوردن، نشخوار و تولید بزاق روزانه شد (P<۰/۰۱). همچنین، مدت‌زمان استراحت فک در دام‌های تغذیه‌شده با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بالاتر بود (P<۰/۰۱). از طرفی استفاده از سیلاژ

چغندر علوفه‌ای در جیره باعث کاهش pH، استیک اسید و جمعیت پروتـوزوآ شـد (P<۰/۰۱). مقدار اسید پروپیونیک و اسیدهای چرب فرار کل در تیمار سیلاژ چغندر علوفـه‌ای بـالاتر بـود (P<۰/۰۱). تولید نیتروژن آمونیاکی و گونه‌های پروتوزوآیی *انتودینیـوم* و *ایزوتریشـیا* در تیمـار سیلاژ ذرت در مقایسه با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بیشتر بود (P<۰/۰۱).

**نتیجه‌گیری:** در مجموع، نتایج نشان دادند که استفاده از ۲۵ درصد سـیلاژ چغنـدر علوفـه‌ای در جیره گاوهای شیری اثر منفی بر عملکرد دام نداشت و با توجه به روند تغییرات فراسـنجه‌هـای شکمبه، جیره سیلاژ چغندر علوفه‌ای به‌دلیل تولید بـالاتر پروپیونیـک اسـید و کـاهش جمعیـت پروتوزوآ دارای عملکرد بهتر نسبت به سیلاژ ذرت بود. استفاده از سـیلاژ چغنـدر علوفـه‌ای در سطح ۲۵ درصد بخش علوفه‌ای جیره به‌منظور تغذیه گاوهای شیری پیشنهاد می‌شود.

**استناد:** خمیس‌آبادی، حسن؛ اشکواری، علیرضا؛ آقاشاهی؛ علیرضا. (۱٤۰۵). اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بـر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه، اندازه ذرات جیره و رفتار جویـدن در گاوهـای شـیری. *پـژوهش در نشـخوارکنندگان*، ۱٤(۱)، ۱۲۲–۱۰۵.

10.22069/ejrr.2025.23920.2019

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

با توجه به اهمیت تولیدات دامی و چالش‌های پیش‌روی این صنعت، تأمین علوفه‌های رایج مانند سیلاژ ذرت و یونجه(که مصرف آب بالایی دارند) در سال‌های اخیر به‌دلیل تغییرات اقلیمی و کاهش بارش‌ها با مشکل جدی مواجه شده است. سیلاژ ذرت با توجه به ارزش غذایی و قابلیت هضم مناسب مهمترین منبع تأمین علوفه در جیره گاوهای شیری می‌باشد. بازده تولید ماده خشک سیلاژ ذرت، یک محصول تابستانه، با توجه به تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های اخیر به‌صورت منفی تحت تأثیر قرار گرفت است (Khosravi و همکاران، ۲۰۱۸). از سوی دیگر، بسیاری از زمین‌های کشاورزی در کشور به‌ویژه در استان‌های شمالی، در فصل پاییز بدون استفاده باقی می‌مانند. در این شرایط، معرفی گیاهان علوفه‌ای جدید که بتوانند علاوه بر تأمین نیاز دام، بهینه‌ترین استفاده را از منابع آب‌وخاک داشته باشند، از اهمیت بالایی برخوردار است (Saberi و Okati، ۲۰۲۰). استفاده از کشت پاییزه چغندر علوفه‌ای[1] به‌دلیل تحمل به خشکی، نیاز آبی پایین، کیفیت تغذیه‌ای مناسب، قابلیت تولید سیلاژ باکیفیت با عیار قند مناسب، ویژگی‌های علوفه برگی خوب و عملکرد بالا در مقایسه با دیگر گیاهان علوفه‌ای می‌تواند در رفع مشکل خوراک دام به‌ویژه استان‌های شمالی کشور مانند مازندران و گلستان بسیار سودمند باشد (Khamisabadi و همکاران، ۲۰۲۵). میانگین تولید ماده خشک چغندر علوفه‌ای در دو رقم Timbale و Kara در استان گلستان به ترتیب ۱۸/۸۵ و ۱۰/۵۱ تن در هکتار برای سال زراعی ۱۴۰۲ گزارش‌شده بود که از این مقدار ۸۰ درصد از ماده خشک به بخش ریشه اختصاص داشت (Saberi و Hosseini، ۲۰۲۴). درصد ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و خاکستر خام گیاه کامل چغندر علوفه‌ای در یک پژوهش به‌ترتیب ۱۷۱، ۱۱۱، ۵/۹، ۳۵۹، ۱۹۶ و ۸۱ گرم در کیلوگرم گزارش‌شده بود (Khodaverdi و همکاران، ۲۰۲۴).

استفاده از چغندر علوفه‌ای به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای در تغذیه دام سابقه طولانی دارد و در بعضی مناطق جهان به‌عنوان یکی از اقلام مهم جیره غذایی زمستانه گاوها مورداستفاده قرار می‌گیرد (Dalley و همکاران، ۲۰۲۰). به‌طورکلی توصیه‌شده است که حداکثر میزان استفاده از چغندر علوفه‌ای در جیره گاوهای شیری نباید از ۳۰ درصد فراتر رود (Waghorn و همکاران، ۲۰۱۸a). افزایش مصرف خوراک در نتیجه استفاده هم‌زمان یونجه و چغندر علوفه‌ای در جیره گاوهای شیری در مقایسه با سیلاژ ذرت مشاهده‌شده بود (Aleixo و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه‌بر این، بهبود عملکرد تولید شیر در نتیجه جایگزینی سیلاژ ذرت با چغندر علوفه‌ای در جیره گاوهای شیری مشاهده‌شده بود (Dalley و همکاران، ۲۰۲۰). در بررسی‌های انجام‌شده بر روی گاو شیری نتایج نشان داد که جایگزینی ۴۰ درصد در مقایسه با ۲۵ درصد از جیره گاوهای شیری چرا کننده در مرتع با چغندر علوفه‌ای عملکرد تولید و ترکیبات شیر را کاهش داده بود (Dalley و همکاران، ۲۰۲۰). افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در زمان استفاده از مقادیر بالای چغندر علوفه‌ای هم‌راستا با کاهش مصرف الیاف ممکن است عملکرد سلامت و تولید در گاوهای شیری را از طریق اثرگذاری منفی بر میکروب‌های شکمبه به خطر بیندازد (Dalley و همکاران، ۲۰۱۷). به‌طور مثال بررسی‌های انجام‌شده در گاو شیری نشان داده بود که افزایش تجمع اسیدهای چرب فرار از طریق کاهش عمل نشخوار و تولید بزاق خطر بروز اسیدوز و تورم سم را افزایش داده بود (Kleen و همکاران، ۲۰۰۳). بروز اسیدوز در

[1] *Beta vulgaris. Var fodder beet*

۵ گاو شیری از ۸ گاو تیمار آزمایشی مصرف‌کننده چغندر علوفه‌ای به مقدار بیش از ۵۰ درصد در جیره مشاهده‌شده بود (Waghorn و همکاران، ۲۰۱۸b). در تحقیق دیگر انجام‌شده توسط Pacheco و همکاران (۲۰۲۰) نتایج نشان داد که استفاده از چغندر علوفه‌ای در جیره باعث کاهش اسید استیک و افزایش پروپیونیک، بوتیریک و سایر اسیدهای چرب فرار شکمبه شده بود؛ بنابراین، بررسی تأثیر نوع جیره بر عملکرد میکروب‌های شکمبه و فعالیت خوردن در گاوهای شیری از کلیدهای موفقیت در امر پرورش محسوب می‌شود (Beauchemin، ۲۰۱۸).

بر اساس نتایج تحقیقات انجام‌شده می‌توان دریافت که استفاده از چغندر علوفه‌ای در جیره گاوهای شیری در صورت استفاده درست می‌تواند باعث بهبود شرایط دامپروری از نظر تولید و عملکرد دام در کشور شود. با توجه به استقبال کشاورزان و دامپروران، به‌ویژه در استان‌های شمالی، برای کشت و استفاده از چغندر علوفه‌ای در جیره دام و با در نظر گرفتن نگرانی‌های موجود در خصوص سطوح مجاز مصرف آن برای گاوهای شیری و اثرات بالقوه آن بر جمعیت میکروبی شکمبه، انجام این مطالعه برای بررسی دقیق اثرات استفاده از این علوفه ضروری است؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر استفاده از سیلاژ خوراک پایه چغندر علوفه‌ای در جیره گاوهای شیری و مقایسه آن با سیلاژ ذرت بر فعالیت خوردن، نشخوار و بررسی تغییرات فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

چغندر علوفه‌ای مورداستفاده در این تحقیق در پاییز ۱٤۰۲ در ایستگاه ملی تحقیق و توسعه گاو دو منظوره گاودشت مازندران کشت شد و در اردیبهشت‌ماه سال ۱٤۰۳ برداشت شد. چغندرهای علوفه‌ای برداشت‌شده ابتدا توسط نیروی کارگری از گل‌ولای نظافت شدند و سپس با استفاده از دستگاه مخصوص چغندر خردکن به قطعات مناسب جهت تهیه سیلاژ خرد شد. با توجه به رطوبت بالای چغندر علوفه‌ای، برای جذب رطوبت اضافی و دستیابی به ماده خشک مطلوب سیلاژ (حدود ۲۷ درصد)، از کاه و سبوس گندم استفاده شد. در ابتدای برداشت چغندر نمونه‌برداری از کل گیاه انجام شد و به همراه نمونه‌های سیلاژ ذرت به‌منظور ارزیابی ترکیبات شیمیایی از نظر درصد ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و عصاره اتری به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور ارسال و توسط روش‌های استاندارد مورد ارزیابی قرار گرفت (Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱؛ AOAC، ۲۰۱۲). پس از گذشت ٦۰ روز از زمان سیلوشدن، انجام آزمایش میدانی بر روی گاوهای شیرده در قالب دو تیمار شامل ۱- سیلاژ چغندر علوفه‌ای و ۲- سیلاژ ذرت (جیره شاهد) آغاز شد.

در این تحقیق از ۱۰ رأس گاو شیری نژاد آمیخته هلشتاین-سمینتال با میانگین روزهای شیردهی ۹±۹۲، در سومین دوره شیردهی، میانگین وزنی ۲٤±۵۳۷ کیلوگرم و میانگین تولید شیر ۰/۹±۲۸/۳ لیتر طی دو دوره ۳۰ روزه استفاده شد. جیره‌های آزمایشی بر اساس انرژی خالص شیردهی و پروتئین یکسان و با استفاده از نرم‌افزار NRC ۲۰۰۱ تنظیم (جدول ۱) و خوراک‌دهی به گاوهای شیری هرروز در سه نوبت، بعد از شیردوشی انجام شد. از جیره‌های آزمایشی به‌منظور بررسی اندازه قطعات ذرات به‌وسیله الک استاندارد پنسیلوانیا نمونه‌برداری شد و در پایان بر اساس درصد باقی‌مانده در الک و همچنین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی، میزان فیبر مؤثر فیزیکی جیره‌ها محاسبه شد (Lammers و همکاران، ۱۹۹٦؛ Mertens، ۱۹۹۷). برای بررسی تغییرات

میکروبی شکمبه، نمونه‌برداری از شیرابه شکمبه در پایان هر دوره و در روز ۳۰، سه ساعت بعد از تغذیه وعده صبح توسط شلنگ مخصوص و پمپ انجام شد و نمونه‌های شیرابه شکمبه از نظر pH، نیتروژن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار شکمبه و جمعیت پروتوزوآ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر از محتویات شکمبه با ۰/۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال (نسبت ۵ به ۱) مخلوط و در دمای ۲۰- درجه سیلسیوس ذخیره شد. سپس، غلظت نیتروژن آمونیاکی با استفاده از روش فنل-هیپوکلرایت و دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد (Galyean، ۲۰۱۰). حجم ۵ میلی‌لیتر از شیرابه شکمبه با ۰/۱ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۵۰ درصد مخلوط و در ۲۰- درجه سیلسیوس ذخیره گردید. پس از یخ‌گشایی، ۱ میلی‌لیتر شیرابه به میکروتیوب منتقل شد و ۰/۲ میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۲۵ درصد (حاوی ۲-اتیل بوتیریک اسید ۲ گرم در لیتر؛ به‌عنوان استاندارد داخلی) با آن مخلوط شد. پس از مراحل اولیه و رسوب پروتئین، سوپرناتنت (مایع رویی) توسط سانتریفیوژ جدا گردید و غلظت اسیدهای استیک، پروپیونیک، ایزوبوتیریک، بوتیریک، ایزووالریک و والریک توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی (UNICAM 4600, SB Analytical, UK) تعیین شد (Galyean، ۲۰۱۰). شمارش جمعیت پروتوزوا بر اساس روش Dehority (۲۰۰۳) انجام شد. به‌منظور بررسی فعالیت جویدن در گاوهای شیری، در هر دوره یک روز به مدت ۲۴ ساعت فعالیت خوردن، نشخوار و استراحت دام‌ها در فواصل ۵ دقیقه‌ای ثبت شد و در نهایت مورد ارزیابی آماری قرار گرفت. شاخص جویدن یا chewing index بر اساس رابطه زیر برآورد شد (Nyløyو همکاران، ۲۰۲۳):

$$\text{Chewing index (min/kg DM)} = \frac{\text{زمان نشخوار (دقیقه در روز)} + \text{زمان خوردن (دقیقه در روز)}}{\text{ماده خشک مصرفی روزانه (کیلوگرم در روز)}}$$

به‌منظور برآورد میزان بزاق تولیدی روزانه از ضرایب ثابت تأییدشده برای تولید بزاق در دقیقه به ازای خوردن (۰/۲۲۵ لیتر در دقیقه)، نشخوار (۰/۲۲۵ لیتر در دقیقه) و استراحت (۰/۱۱٤ لیتر در دقیقه) استفاده شد (Bailey و Balch، ۱۹٦۱؛ Maekawa و همکاران، ۲۰۰۲).

**جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره‌های مصرفی**

Table 1. Ingredients and chemical compositions of experimental diets

| اجزای جیره (درصد) Diet components (%) | تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | |
|---|---|---|
| | شاهد Control | سیلاژ چغندر علوفه‌ای Fodder beet silage |
| سیلاژ ذرت Corn silage | 26.70 | 0.00 |
| سیلاژ چغندر علوفه‌ای Fodder beet silage | 0.00 | 24.80 |
| کاه گندم Wheat straw | 11.90 | 13.70 |
| سبوس گندم Wheat bran | 8.33 | 8.33 |
| سبوس برنج Rice bran | 6.42 | 6.82 |
| سبوس ذرت Corn bran | 3.28 | 3.28 |
| دانه جو Barley | 17.40 | 17.40 |
| دانه ذرت Corn | 12.30 | 12.30 |

| تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | | اجزای جیره (درصد) Diet components (%) |
|---|---|---|
| سیلاژ چغندر علوفه‌ای Fodder beet silage | شاهد Control | |
| 8.90 | 9.52 | کنجاله سویا Soybean meal |
| 0.96 | 0.96 | اوره Urea |
| 0.95 | 0.69 | کربنات کلسیم Calcium carbonate |
| 0.27 | 0.21 | دی کلسیم فسفات di-Calcium phosphate |
| 0.35 | 0.35 | اکسید منیزیم Magnesium oxide |
| 0.35 | 0.35 | جوش‌شیرین Sodium bicarbonate |
| 0.28 | 0.28 | سولفات آمونیوم Ammonium sulfate |
| 0.26 | 0.26 | نمک Salt |
| 0.24 | 0.24 | مکمل معدنی-ویتامینی Mineral-vitamin supplement |
| 0.81 | 0.81 | بنتونیت Bentonite |
| | | ترکیب شیمیایی Chemical compositions |
| 41.2 | 50.9 | ماده خشک (درصد) Dry matter (%) |
| 93.30 | 93.10 | مواد آلی (درصد) Organic matter (%) |
| 15.00 | 15.00 | پروتئین خام (درصد) Crude protein (%) |
| 35.70 | 38.60 | الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%) |
| 18.70 | 19.80 | الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%) |
| 2.60 | 2.82 | عصاره اتری (درصد) Ether extract |
| 40.00 | 36.70 | کربوهیدرات غیر فیبری (درصد) Non fiber carbohydrate (%) |
| 0.67 | 0.67 | کلسیم (درصد) Calcium (%) |
| 0.38 | 0.38 | فسفر (درصد) Phosphorous (%) |
| 1.54 | 1.53 | انرژی خالص شیردهی (مگاکالری/کیلوگرم) Net lactating energy (Mcal/Kg) |
| 8116 | 10415 | قیمت جیره (تومان/کیلوگرم) Dietary price (Toman/Kg) |

مکمل معدنی-ویتامینی حاوی ویتامین A، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین $D_3$، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ کلسیم، ۱۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ فسفر، ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ سدیم، ۵۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ منیزیم، ۱۹۰۰۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ مس، ۳۰۰ میلی‌گرم؛ منگنز، ۲۰۰۰ میلی‌گرم؛ روی، ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ کبالت، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ ید، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۱ میلی‌گرم و آنتی‌اکسیدان (B.H.T)، ۳۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. ۲: بر حسب مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک.

Mineral-vitamin premix containing Vit A, 500,000 IU; Vit $D_3$, 100000 IU; Vit E, 100 mg; Ca, 190000 mg; P, 90000 mg; Na, 50000 mg; Mg, 19000 mg; Fe, 3000 mg; Cu, 300 mg; Mn, 2000 mg; Zn, 3000 mg; Co, 100 mg; I, 100 mg; Se, 1 mg and Antioxidant (B.H.T), 3000 mg per Kilogram.

## تجزیه آماری داده‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت چرخشی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل (دو تیمار و دو دوره) طی دو دوره ۳۰ روزه انجام شد. در نهایت، اطلاعات به‌دست‌آمده از آزمایش وارد نرم‌افزار اکسل شده و تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل با استفاده از

برنامه آماری SAS (SAS، ۲۰۰۲)، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با اندازه‌گیری‌های مکرر در زمان بر اساس مدل آماری زیر تجزیه آماری شد. به‌منظور مقایسه میانگین بین داده‌ها از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد استفاده شد.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_{tik} + R_j + TR_{ij} + E_{rijk}$$

در مدل آماری ارائه‌شده، $Y_{ijk}$ مقدار هر مشاهده، $\mu$ میانگین صفات مورد آزمایش، $T_i$ اثر تیمار، $E_{tik}$ اشتباه اصلی، $R_j$ اثر دوره، $TR_{ij}$ برهمکنش تیمار و دوره و $E_{rijk}$ اشتباه فرعی می‌باشند. با توجه به اینکه اثر دوره و اثر متقابل دوره در تیمار معنی‌دار نشد، تنها اثر تیمار در جداول نتایج گزارش شد.

## نتایج و بحث

**ترکیب شیمیایی علوفه‌های مورد آزمایش:** نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی علوفه‌های مورد آزمایش در جدول ۲ گزارش‌شده است. میزان ماده خشک چغندر علوفه‌ای در تحقیقات مختلف بین ۱۷ تا ۲۰ درصد گزارش‌شده است. ذخیره‌سازی مواد خوراکی و محصولات فرعی با رطوبت بالا در شرایط بی‌هوازی یک روش شناخته‌شده برای نگه‌داری این مواد می‌باشد. با سیلو کردن مواد خوراکی مرطوب، هزینه انرژی برای خشک‌کردن این مواد کاهش می‌یابد، اما مقدار خیلی پایین ماده خشک در گیاه باعث کاهش کیفیت سیلاژ و هدررفت ترکیبات مغذی از طریق خروج پساب می‌شود (Bueno و همکاران، ۲۰۲۰). در این تحقیق به‌منظور افزایش کیفیت سیلاژ چغندر علوفه‌ای از کاه و سبوس گندم استفاده شد. نتایج یک تحقیق نشان داد که با افزایش ماده خشک سیلاژ چغندر علوفه‌ای، کاهش سریع‌تر pH و پایداری هوازی بیشتر در سیلاژهای تهیه‌شده مشاهده شد (Olomonchi و همکاران، ۲۰۲۲). در بررسی ترکیبات شیمیایی گیاه کامل چغندر علوفه‌ای مقادیر به‌دست‌آمده در دامنه گزارش‌شده در تحقیقات گذشته بود (Shakeri و همکاران، ۲۰۲۲)، هرچند که از نظر پروتئین خام (۹/۸ درصد ماده خشک) و خاکستر (۸/۲ درصد ماده خشک) با نتایج دیگر تحقیقات (Karimi و همکاران، ۲۰۲۱) کمی متفاوت بود.

در پژوهش Shadi و همکاران (۲۰۲۰)، میانگین ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، خاکستر، چربی و کربوهیدرات غیر فیبری سیلاژ ذرت به ترتیب ۲۵/۲، ۸، ۵۱/۵، ۳۱/۸، ۶/۳، ۳/۲۵ و ۳۱ درصد ماده خشک گزارش‌شده بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

**جدول ۲- ترکیبات شیمیایی بخش علوفه‌ای**

Table 2. Chemical composition of forage portion

| سیلاژ ذرت<br>Corn silage | چغندر علوفه‌ای<br>Fodder beet | ترکیب شیمیایی (درصد)<br>Chemical compositions (%) |
|---|---|---|
| 23.20 ± 0.6 | 16.60 ± 0.5 | ماده خشک<br>Dry matter |
| 8.69 ± 0.6 | 9.80 ± 0.2 | پروتئین خام<br>Crude protein |
| 93.20 ± 0.8 | 91.80 ± 0.6 | ماده آلی<br>Organic matter |
| 49.80 ± 1.3 | 40.90 ± 1.1 | الیاف نامحلول در شوینده خنثی<br>Neutral detergent fiber |
| 29.60 ± 1.0 | 19.10 ± 0.9 | الیاف نامحلول در شوینده اسیدی<br>Acid detergent fiber |
| 2.86 ± 0.3 | 0.81 ± 0.1 | عصاره اتری<br>Ether extract |
| 31.80 ± 1.4 | 40.20 ± 1.0 | کربوهیدرات غیر فیبری<br>Non-fiber carbohydrate |
| 0.64 ± 0.1 | 0.98 ± 0.1 | نسبت NFC/NDF<br>NFC/NDF ratio |

**توزیع اندازه ذرات جیره:** نتایج مربوط به اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با چغندر علوفه‌ای بر توزیع اندازه ذرات جیره در جدول ۳ گزارش‌شده است. داده‌های حاصل از الک پنسیلوانیا نشان داد که در تیمار چغندر علوفه‌ای بخش باقی‌مانده در الک ۱۹ (P<۰/۰۱) و ٤ (P=۰/۰۱۹) میلی‌متری در مقایسه با سیلاژ ذرت بالاتر بود. مقادیر باقی‌مانده در الک ۸ میلی‌متر و صفحه انتهایی بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). از طرفی، با توجه به مقدار بالاتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای سیلاژ ذرت در مقایسه با چغندر علوفه‌ای (جدول ۲) و همچنین مقدار بالاتر آن در کل جیره (جدول ۱)، مقدار الیاف مؤثر فیزیکی در تیمار سیلاژ ذرت بالاتر بود (P<۰/۰۱).

به‌منظور حفظ سلامت دام با هدف تولید اقتصادی در گله، تأمین مقدار کافی از الیاف مؤثر فیزیکی در جیره گاوهای شیری با هدف تحریک عمل جویدن، ترشح بزاق و تحرک شکمبه (Humer و همکاران، ۲۰۱۸) و کاهش خطر بروز اسیدوز شکمبه‌ای (Zebeli و همکاران، ۲۰۱۲) موردنیاز است. نتایج یک مطالعه نشان داد که محاسبه الیاف ازنظر فیزیکی مؤثر روشی کارآمدتر برای ارزیابی الیاف جیره در گاوهای شیری نسبت به در نظر گرفتن صرفاً الیاف نامحلول در شوینده خنثی است. در این زمینه، الک پنسیلوانیا یک انتخاب مفید در مزرعه برای بررسی مکرر اندازه ذرات جیره و اثربخشی فیزیکی جیره است (Zebeli و همکاران، ۲۰۰٦). در تحقیق حاضر، میزان مواد باقی‌مانده در الک ۱۹ میلی‌متر در دو تیمار بالاتر از ۸ درصد بود و از این نظر بین دو تیمار اختلاف معنی‌دار وجود داشت. افزایش بیش‌ازحد مقدار مواد باقی‌مانده در بخش ۱۹ میلی‌متر می‌تواند نشان‌دهنده ذرات غذایی خیلی درشت باشد که در این حالت برای دام نشخوارکننده بحث انتخاب شکل می‌گیرد و حتی در شرایط بحرانی نیز ممکن است گاو شیری از ذرات با اندازه درشت استفاده نکند که این عامل می‌تواند خطر بروز کاهش pH شکمبه و ابتلای دام به اسیدوز به‌دلیل مصرف کمتر الیاف فیزیکی و افزایش مصرف کربوهیدرات‌های سریع تخمیر را تشدید کند (Endres و Espejo، ۲۰۱۰؛ Tayyab و همکاران، ۲۰۱۸).

**جدول ۳- اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بر توزیع اندازه ذرات جیره**

Table 3. The effects of replacing corn silage with fodder beet silage on diet particle size distribution

| سطح معنی‌داری P-value | اشتباه معیار میانگین SEM[1] | تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | | موارد Items |
|---|---|---|---|---|
| | | سیلاژ چغندر علوفه‌ای Fodder beet silage | شاهد Control | |
| < 0.01 | 0.444 | 10.50[a] | 9.00[b] | ۱۹ میلی‌متری 19 mm |
| 0.245 | 0.852 | 36.20 | 37.20 | ۸ میلی‌متری 8 mm |
| 0.617 | 0.998 | 46.70 | 46.20 | ۱۹ + ۸ میلی‌متری 19+8 mm |
| 0.019 | 0.373 | 18.10[a] | 17.20[b] | ٤ میلی‌متری 4 mm |
| 0.133 | 0.936 | 35.20 | 36.60 | صفحه انتهایی Bottom pen |
| < 0.01 | 0.333 | 16.70[b] | 17.80[a] | الیاف مؤثر فیزیکی (۸ درصد) Physically effective fibers (8%) |
| < 0.01 | 0.313 | 23.10[b] | 24.40[a] | الیاف مؤثر فیزیکی (٤ درصد) Physically effective fibers (4%) |

* میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

* The averages shown in different Latin letters in each colum, have a significant difference at the 5 % level.

مجموع ذرات باقی‌مانده در الک ۱۹ و ۸ میلی‌متر در دو تیمار کمتر از ۵۰ درصد بود و از این نظر در دامنه مناسب قرار داشت. مطابق تحقیقات اگر مجموع ذرات باقی‌مانده در الک اول و دوم بیشتر از ۵۰ درصد باشد مصرف خوراک ممکن است به‌دلیل پرشدگی فیزیکی شکمبه کاهش یابد (Beauchemin، ۲۰۱۸).

**رفتار جویدن در گاوهای شیری:** نتایج حاصل از جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بر رفتار جویدن گاوهای شیری در جدول ٤ نشان داد که استفاده از چغندر علوفه‌ای در جیره باعث کاهش مصرف ماده خشک روزانه، مدت‌زمان خوردن، مدت‌زمان نشخوار و بزاق تولیدی روزانه در گاوهای شیری در مقایسه با سیلاژ ذرت شد (P<۰/۰۱). در مقابل مدت‌زمان استراحت در گاوهای شیری تغذیه‌شده با چغندر علوفه‌ای بالاتر بود (P<۰/۰۱).

در راستای عملکرد هرچه بهتر گاوهای شیری، تأمین نیاز دام با هدف بهبود فرآیند خوردن و نشخوار از نکات کلیدی برای موفقیت در پرورش می‌باشد. کاهش مصرف خوراک در تحقیق حاضر در زمان جایگزینی سیلاژ چغندر علوفه‌ای با سیلاژ ذرت می‌تواند به دلیل کاهش خوش‌خوراکی و همچنین مصرف بالاتر کاه بوده باشد. نتایج تحقیقات Roshanzamir و همکاران (۲۰۲٤) در زمان جایگزینی سیلاژ بخش هوایی چغندر علوفه‌ای با سایر بخش‌های علوفه‌ای نشان داد که استفاده از چغندر علوفه‌ای به دلیل کاهش خوش‌خوراکی جیره، عملکرد مصرف خوراک را کاهش داده بود. علاوه بر این، تحقیقات انجام‌شده بر روی بره‌های پرواری هم‌راستا با نتایج حاضر نشان داد که به دلیل استفاده مقدار بالاتر کاه در جیره چغندر علوفه‌ای در مقایسه با جیره شاهد مصرف خوراک روند کاهشی را از خود نشان داده بود (Fazaeli و همکاران، ۲۰۲۳). بالاتر بودن مدت‌زمان نشخوار و خوردن در گاوهای شیری در طرح حاضر هم‌راستا با تغییرات موجود در بخش علوفه‌ای جیره می‌باشد (جدول ۱ و ۲). در ارتباط با ویژگی‌های خوراک، عوامل زیادی بر مصرف علوفه در نشخوارکنندگان اثرگذار می‌باشد. محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی، شکل فیزیکی جیره و قابلیت هضم یک جیره می‌تواند باعث تغییر در زمان خوردن و نشخوار در نشخوارکنندگان شود (McDonald و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش زمان خوردن و نشخوار در تحقیق حاضر برای سیلاژ ذرت هم‌راستا با افزایش مصرف ماده خشک روزانه و میزان کمتر اندازه ذرات باقی‌مانده در الک ۱۹ میلی‌متر بود. نتایج تحقیقات نشان داد که بین زمان خوردن و نشخوار با میزان مصرف ماده خشک روزانه همبستگی مثبت وجود دارد (De Mol و همکاران، ۲۰۱٦). از طرف دیگر نتایج مطالعات نشان داده است که یک همبستگی متوسط منفی بین مقدار ذرات باقی‌مانده در الک ۱۹ میلی‌متر و مقدار ماده خشک مصرفی روزانه وجود دارد که این نتایج با نتایج کاهش مصرف خوراک در تیمار چغندر علوفه‌ای هم‌راستا بود (White و همکاران، ۲۰۱۷). مدت‌زمانی که دام‌های آزمایشی در تحقیق حاضر صرف خوردن و نشخوار کردند به ترتیب بین ٤۳۲ تا ٤۵۸ و ٤۱۵ تا ٤۳۲ دقیقه در روز متفاوت بود. علاوه بر این، افزایش زمان خوردن، زمان نشخوار و تولید بزاق و در مقابل کاهش زمان استراحت در مطالعه حاضر با نتایج مربوط به فیبر مؤثر فیزیکی جیره هم‌راستا بود. کاهش عمل خوردن و نشخوار و افزایش زمان استراحت در زمان استفاده از چغندر علوفه‌ای و درنتیجه کاهش تولید بزاق در تحقیقات دیگر نیز گزارش‌شده بود (Pacheco و همکاران، ۲۰۲۰). در تحقیق گذشته میانگین زمان غذا خوردن و نشخوار در گاوهای شیری بسته به نوع جیره به ترتیب به‌طور متوسط ۲۸٤ (۱٤۱ تا ۵۰۷ دقیقه در روز) و ٤۳٦ (۲۳٦ تا ٦۱۰ دقیقه در روز)

گزارش‌شده بود که از این نظر زمان ثبت‌شده برای گاوهای شیری در دامنه استاندارد قرار داشت (White و همکاران، ۲۰۱۷). کمتر بودن میزان بزاق تولیدی روزانه به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی در تیمار سیلاژ ذرت به دلیل مصرف بالاتر ماده خشک در این تیمار بود، هرچند که مقدار کل بزاق تولیدی روزانه در تیمار سیلاژ ذرت بالاتر بود.

**جدول ٤- اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بر رفتار جویدن در گاوهای شیری**

Table 4. The effects of replacing corn silage with fodder beet silage on chewing behavior in dairy cow

| سطح معنی‌داری P-value | اشتباه معیار میانگین SEM[1] | تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | | موارد Items |
|---|---|---|---|---|
| | | سیلاژ چغندر علوفه‌ای Fodder beet silage | شاهد Control | |
| < 0.01 | 0.391 | 21.10[b] | 23.80[a] | مصرف ماده خشک (کیلوگرم/روز) Dry matter intake (kg/d) |
| < 0.01 | 5.64 | 432[b] | 458[a] | مدت زمان خوردن (دقیقه/روز) Eating time (min/d) |
| < 0.01 | 4.18 | 415[b] | 432[a] | مدت زمان نشخوار (دقیقه/روز) Rumination time (min/d) |
| < 0.01 | 7.11 | 593[a] | 550[b] | مدت زمان استراحت (دقیقه/روز) Resting time (min/d) |
| < 0.01 | 0.713 | 40.20[a] | 37.50[b] | شاخص جویدن (دقیقه/کیلوگرم ماده خشک) Chewing index (min/kg DM) |
| < 0.01 | 0.856 | 258[b] | 263[a] | بزاق تولیدی روزانه (لیتر/روز) Daily saliva production (L/d) |
| < 0.01 | 0.189 | 12.30[a] | 11.10[b] | بزاق تولیدی روزانه (لیتر/کیلوگرم ماده خشک) Daily saliva production (L/kg DM) |

* میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

* The averages shown in different Latin letters in each colum, have a significant difference at the 5 % level.

**فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه:** نتایج به‌دست‌آمده از اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه گاوهای شیری در جدول ۵ گزارش‌شده است. استفاده از چغندر علوفه‌ای در جیره گاوهای شیری باعث کاهش pH، نیتروژن آمونیاکی، استیک اسید، نسبت استیک اسید به پروپیونیک اسید و جمعیت پروتوزوآ در شکمبه شد (P<۰/۰۱)، در حالی‌که میزان کل اسیدهای چرب فرار (P<۰/۰۵) و پروپیونیک اسید (P<۰/۰۱) در شکمبه گاوهای شیری در زمان استفاده از چغندر علوفه‌ای در مقایسه با سیلاژ ذرت بالاتر بود.

مقدار pH شکمبه در زمان استفاده از چغندر علوفه‌ای کمتر از سیلاژ ذرت بود، اما مقادیر به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر در دامنه مناسب برای فعالیت میکروب‌های شکمبه قرار داشت (۵/۷ تا ۷/۰، Dehority، ۲۰۰۳). کاهش pH شکمبه در زمان استفاده از چغندر علوفه‌ای با توجه به مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی کمتر گیاه (جدول ۱)، رفتار جویدن و تولید بزاق کمتر (جدول ٤) قابل تفسیر است. هم‌راستا با نتایج حاضر، در یک مطالعه آزمایشگاهی، افزایش سطح چغندر علوفه‌ای در جیره به دلیل کاهش الیاف جیره باعث کاهش pH شکمبه شده بود (Fleming و همکاران، ۲۰۲۰). غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه (۱۷/۹ تا ۲۱/۵ میلی‌گرم در دسی لیتر) بیش‌تر از حداقل سطح موردنیاز برای رشد میکروبی بهینه در شکمبه بود (۵/۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر؛ Sinclair و همکاران، ۱۹۹۳). افزایش میزان نیتروژن آمونیاکی در جیره سیلاژ ذرت هم‌راستا با تغییرات موجود در جمعیت پروتوزوآیی شکمبه بود، زیرا پروتوزوآ شکمبه از طریق لیز کردن باکتری‌های

شکمبه و تجزیه پروتئین جیره مقدار نیتروژن آمونیاکی در شکمبه را افزایش می‌دهد (Jouany و Ushida، ۱۹۹۹؛ Belanche و همکاران، ۲۰۱۲).

افزایش کل اسیدهای چرب فرار در شکمبه در زمان استفاده از چغندر علوفه‌ای می‌تواند به‌دلیل مقدار بالای کربوهیدرات محلول در آب، مقدار بالاتر کربوهیدرات غیر الیافی و میزان کمتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای این گیاه در مقایسه با سیلاژ ذرت قابل تفسیر باشد. نتایج تحقیقات نشان داده است که افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در زمان استفاده از مقادیر بالای چغندر علوفه‌ای هم‌راستا با کاهش مصرف الیاف ممکن است باعث افزایش تجمع اسیدهای چرب فرار در شکمبه و درنتیجه کاهش pH شوند و از این طریق سلامت دام را به خطر بیندازد (Dalley و همکاران، ۲۰۱۷). افزایش تولید اسیدهای چرب فرار در تحقیق حاضر با نتایج حاصل از میزان نشخوار و همچنین مقدار pH شکمبه هم‌راستا بود. مطالعات گذشته نشان دادند که افزایش تجمع اسیدهای چرب فرار ممکن است از طریق کاهش عمل نشخوار، کاهش تحرک شکمبه و کاهش تولید بزاق باعث بروز اسیدوز در گاو شیری شود که در ادامه باعث به خطر انداختن سلامت دام به دلیل تورم سم، آبسه کبدی، کاهش pH خون و در شرایط خیلی حاد باعث مرگ حیوان شود (Kleen و همکاران، ۲۰۰۳). در مطالعه دیگر، میزان کل اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر در نتیجه جایگزینی چغندر علوفه‌ای با یک خانواده از گراس در گاو شیری روند کاهشی را از خود نشان داده بود که از این نظر با نتایج حاصل متفاوت بود (Pacheco و همکاران، ۲۰۲۰؛ Hammond و همکاران، ۲۰۲۲).

کاهش تولید استات و جمعیت پروتوزوآ و افزایش مقدار پروپیونات در زمان استفاده از چغندر علوفه‌ای با نتایج آنالیز ترکیبات علوفه‌های آزمایشی (جدول ۲) و نتایج دیگر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه همخوانی داشت. غلظت پروپیونات در شکمبه به‌عنوان یک رقیب برای جذب یون هیدروژن با پروتوزوآ بوده و افزایش تولید پروپیونات هم‌راستا با نتایج کاهشی جمعیت پروتوزوآ در شکمبه بود (Patra و همکاران، ۲۰۱۷). کاهش تولید استات و افزایش تولید پروپیونات در شکمبه گاوهای شیری تغذیه‌شده با چغندر علوفه‌ای در تحقیقات دیگر نیز گزارش‌شده بود (Pacheco و همکاران، ۲۰۲۰). از دلایل دیگر کاهش این نسبت‌ها می‌توان به تغییر کاهشی pH شکمبه در نتیجه استفاده از چغندر علوفه‌ای و در نتیجه آن کاهش فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده الیاف اشاره کرد (Stewart، ۱۹۷۷).

**جدول ۵- اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ چغندر علوفه‌ای بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه در گاوهای شیری**

Table 5. The effects of replacing corn silage with fodder beet silage on rumen fermentation parameters in dairy cow

| سطح معنی‌داری P-value | اشتباه معیار میانگین SEM[1] | تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | | موارد Items |
|---|---|---|---|---|
| | | سیلاژ چغندر علوفه‌ای Fodder beet silage | شاهد Control | |
| < 0.01 | 0.045 | 6.05[b] | 6.20[a] | pH شکمبه Ruminal pH |
| < 0.01 | 1.11 | 17.90[b] | 21.50[a] | نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم/دسی لیتر) Ammonia-N (mg/dL) |
| < 0.05 | 0.86 | 89.10[a] | 86.60[b] | اسیدهای چرب فرار کل (میلی‌مول/لیتر) Total volatile fatty acids (mmol/L) |
| | | | | نسبت اسیدهای چرب فرار (درصد) Volatile fatty acids ratio (%) |
| < 0.01 | 0.64 | 58.90[b] | 62.70[a] | استیک اسید Acetic acid |

| سطح معنی‌داری P-value | اشتباه معیار میانگین SEM[1] | تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | | موارد Items |
|---|---|---|---|---|
| | | سیلاژ چغندر علوفه‌ای Fodder beet silage | شاهد Control | |
| < 0.01 | 0.53 | 28.90[a] | 24.80[b] | پروپیونیک اسید Propionic acid |
| 0.376 | 0.09 | 0.318 | 0.310 | ایزو-بوتیریک اسید Iso-butyric acid |
| 0.880 | 0.789 | 11.60 | 11.90 | بوتیریک اسید Butyric acid |
| 0.293 | 0.045 | 0.115 | 0.127 | ایزو-والریک اسید Iso-valeric acid |
| 0.169 | 0.019 | 0.167 | 0.163 | والریک اسید Valeric acid |
| < 0.01 | 0.067 | 2.04[b] | 2.53[a] | استیک اسید/ پروپیونیک اسید Acetic acid/ propionic acid |
| | | | | پروتوزوآ ($log_{10}$/هر گرم ماده هضم شده) Protozoa ($log_{10}$/g digesta) |
| < 0.01 | 0.008 | 5.22[b] | 5.26[a] | پروتوزوآ کل Total protozoa |
| < 0.01 | 0.007 | 5.19[b] | 5.22[a] | انتودینیوم *Entodiniinae* |
| 0.15 | 0.029 | 3.70 | 3.74 | دیپلودینیوم *Diplodiniinae* |
| < 0.01 | 0.033 | 3.53[b] | 3.62[a] | ایزوتریشیا *Isotrichidae* |

* میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

* The averages shown in different Latin letters in each colum, have a significant difference at the 5 % level.

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که اگرچه جایگزینی ۲۵ درصد از بخش علوفه‌ای جیره با سیلاژ چغندر علوفه‌ای، رفتار نشخوار و جویدن در گاوهای شیری را کاهش داد، اما تأثیر منفی بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه نداشت و pH شکمبه در محدوده مطلوب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها حفظ شد. علاوه بر این، استفاده از چغندر علوفه‌ای منجر به افزایش غلظت پروپیونات، کاهش نسبت استات به پروپیونات و کاهش جمعیت پروتوزوآهای شکمبه گردید. این تغییرات می‌تواند به کاهش تولید متان، به‌عنوان یک گاز آلاینده محیط‌زیست و بهبود بازده تولید در گاو شیری منجر شود. در مجموع، مطابق نتایج حاصل می‌توان جایگزینی ۲۵ درصد از بخش علوفه‌ای جیره گاوهای شیری با تولید متوسط را با سیلاژ چغندر علوفه‌ای به دامداران جهت رفع مشکل کمبود خوراک توصیه نمود. انجام مطالعات بیشتر در مقیاس بزرگ‌تر و بررسی سطوح مختلف جایگزینی با سیلاژ ذرت پیشنهاد می‌شود.

## سپاسگزاری

این تحقیق در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور و در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه واقع در شهرستان بابل انجام شد. بدین‌وسیله از همکاران محترم بخش اداری، زراعی و دامپروری ایستگاه تحقیقاتی و همچنین مسئولان بخش آزمایشگاه مؤسسه که در اجرای هرچه بهتر این پروژه همکاری داشتند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

## منابع


Aleixo, J.A., Daza, J., Keim, J.P., Castillo, I., & Pulido, R.G. (2022). Effects of sugar beet silage, high-moisture corn, and corn silage feed supplementation on the performance of dairy cows with restricted daily access to pasture. *Animals*, 12(19): 2672. https://doi.org/10.3390/ani12192672.

AOAC. (2012). Official method of analysis, 19th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

Bailey, C.B., & Balch, C.C. (1961). Saliva secretion and its relation to feeding in cattle: 2.* The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest. *British Journal of Nutrition*, 15(3): 383-402. https://doi.org/ 10.1079/BJN19610048.

Beauchemin, K.A. (2018). Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(6): 4762-4784. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13706.

Belanche, A., de la Fuente, G., Moorby, J.M., & Newbold, C.J. (2012). Bacterial protein degradation by different rumen protozoal groups. *Journal of Animal Science*, 90 (12):4495-4504. https://doi. Org/10.2527/jas.2012-5118.

Bueno, A.V.I., Lazzari, G., Jobim, C.C., & Daniel, J.L.P. (2020). Ensiling Total Mixed Ration for Ruminants: A Review. *Journal of Agronomy*, 10: 1-18.

Dalley, D.E., Malcolm, B.J., Chakwizira, E., & de Ruiter, J.M. (2017). Range of quality characteristics of New Zealand forages and implications for reducing the nitrogen leaching risk from grazing dairy cows. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 60(3): 319-332. https://doi.org/10.1080/00288233.2017.1345762.

Dalley, D., Waugh, D., Griffin, A., Higham, C., de Ruiter, J., & Malcolm, B. (2020). Productivity and environmental implications of fodder beet and maize silage as supplements to pasture for late lactation dairy cows. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 63(1): 145-164. https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1675717.

De Mol, R.M., Goselink, R.M.A., Van Riel, J.W., Knijn, H.M., & Van Knegsel, A.T.M. (2016). The relation between eating time and feed intake of dairy cows. In Precision dairy farming 2016 (pp. 387-392). Wageningen Academic. https://doi.org/10.3920/9789086868292_065.

Dehority, B.A. (2003). "*Rumen microbiology*," Nottingham University Press Nottingham, UK.

Endres, M.I. & Espejo, L.A. (2010). Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in free-stall herds. *Journal of Dairy Science*, 93 (2):822-829. https://doi.org/ 10.3168/jds.2008-2007.

Fazaeli, H., Sadeghishoa, M., Aghashahi, A., & Aliverdinasab, R. (2023). The nutritional value of complete silage feed based on fodder beet root and corn forage in Shal sheep. *Journal of Ruminant Research*, 134, 97-116. (In Persian).

Fleming, A.E., Beck, M.R., Bryant, R.H., Dalley, D., Edwards, G., & Gregorini, P. (2020). *In vitro* fermentation of fodder beet root increases cumulative gas production of methane and carbon dioxide. *Livestock Science*, 241: 104225. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104225.

Galyean, M.L. (2010). *Laboratory procedures in animal nutrition research*. Lubbock, TX: Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University; p. 189.

Hammond, K.J., Sandoval, E., McKenzie, C.M., Lees, S., Pacheco, D., & McCoard, S.A. (2022). The effect of a fodder beet versus rye-grass grazing regime during mid-to-late gestation twin-bearing ewes on dam and progeny performance and lamb survival. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 65(2-3): 145-162. https://doi.org/10.1080/00288233.2021.1879175.

Humer, E., Petri, R.M., Aschenbach, J.R., Bradford, B.J., Penner, G.B., Tafaj, M., Südekum, K.H., & Zebeli, Q. (2018). Invited review: Practical feeding management recommendations

to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101 (2):872–888. https: // doi .org/ 10 .3168/ jds .2017 -13191.

Jouany, J.P., & Ushida, K. (1999). The role of protozoa in feed digestion-Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12 (1): 113-128. https://doi.org/10.5713/ajas.1999.113.

Karimi, A.H., Solhjoo, A., Abarghuei, M.J., Amiri Ghanatsaman, Z., & Bazrafshan, M. (2021). The effect of using different levels fodder beet silage on performance and carcass characteristics of Gray Shirazi fattening lambs. *Research on Animal Production*, 12 (33): 74-81. https://doi.org/ 10.52547/rap.12.33.74. (In Persian).

Khamisabadi, H., Sadeghishoa, M., Eftekhari, M., Papi, N., Khorami, SH., Nikbakhti, M., Ashkvari, A., & Vali, A.A. (2025). Analysis impact of feeding fodder beet silage comparing to triticale silage on productivity and economic evaluation in lactating cow. Final Report of Research Project. Animal Science Research Institute of Iran. Registered number:128-13-13-004-0003-03002-030075, Publishing. (In Persian)

Khodaverdi, R., Fathi Nasri, M.H., Fazaeli, H., & Farhangfar, S.H. (2024). Evaluation of silage characteristics and nutritive value of total mixed ration silage based on fodder beet and its feeding effect on performance of Afshar male lambs. *Journal of Animal Production*, 26(2): 151-165. https://doi.org/10.22059/jap.2024.367029.623765. (In Persian).

Khosravi, M., Rouzbehan, Y., Rezaei, M., & Rezaei, J. (2018). Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(12):10953-10961.

Kleen, J.L., Hooijer, G.A., Rehage, J., & Noordhuizen, J.P.T.M. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 50(8): 406-414. https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2003.00569.x.

Lammers, B.P., Buckmaster, D.R., & Heinrichs, A.J. (1996). A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 79(5): 922-928. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1.

Maekawa, M., Beauchemin, K.A., & Christensen, D.A. (2002). Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(5): 1165-1175. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74179-9.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. (2002). *Animal nutrion*. Pearson education limited, Essex, UK. 6th edition.

Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80 (7): 1463-1481. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2.

National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements for Dairy Cattle, 7th ed. National Academic Press, Washington, DC, US.

Nyløy, E., Prestløkken, E., Eknæs, M., Eikanger, K.S., Heldal Hagen, L., & Kidane, A. (2023). Inclusion of red macroalgae (*Asparagopsis taxiformis*) in dairy cow diets modulates feed intake, chewing activity and estimated saliva secretion. *Animals*, 13(3): 489. https://doi.org/10.3390/ani13030489.

Olomonchi, E.A.O., Garipoğlu, A.V., Ocak, N., Kamalak, A. (2022). Nutritional values and *in vitro* fermentation parameters of some fodder species found intwo rangeland areas in the Republic of Benin. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 46(1): 88-94. https://doi.org/ 10.3906/vet-2101-69

Pacheco, D., Muetzel, S., Lewis, S., Dalley, D., Bryant, M., & Waghorn, G.C. (2020). Rumen digesta and products of fermentation in cows fed varying proportions of fodder beet (*Beta vulgaris*) with fresh pasture or silage or straw. *Animal Production Science*, 60(4): 524-534. https://doi.org/10.1071/AN18002.

Patra, A., Park, T., Kim, M., & Yu, Z. (2017). Rumen methanogens and mitigation of methane emission by anti-methanogenic compounds and substances. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8 (13): 1-18. https://doi. org/ 10.1186/s40104-017-0145-9.

Roshanzamir, H., Rouzbehan, Y., Aghashahi, A., & Rezaei, J. (2024). Effects of feeding different dietary rates of mixed fodder beet tops-wheat straw silage on the performance of Holstein lactating cows. *Journal of Animal Science*, 102, skae179. https://doi.org/10.1093/jas/skae179

Saberi, A.R., & Okati, M. (2020). Study of physiological and morphological responses of corn new hybrids under alternate drip irrigation condition in Golestan Province.Final report of research project seed and plant improvement institute.62 pages. (In Persian).

Saberi, A., & Hosseini, M.O.S.T.A.F.A. (2024). Investigation and comparison of yield, morphological characteristics and productivity between two fodder beet (*Beta vulgaris L.*) in Golestan province. *Applied Field Crops Research*, 36(1): 1-20. https://doi.org/10.22092/aj.2024.359387.1613.

SAS. (2002). *Statistical Analysis Systems/SAS*, STAT User's guide Statistics. Version 9.1. Cary, Institute: USA.

Shadi, H., Rouzbehan, Y., Rezaei, J., & Fazaeli, H. (2020). Yield, chemical composition, fermentation characteristics, *in vitro* ruminal variables, and degradability of ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) cultivars compared with corn (*Zea mays*) silage. *Translational Animal Science*, 4(4), txaa180. https://doi.org/10.1093/tas/txaa180.

Shakeri, P., Fazaeli, H., Aghashahi, A.R., & Shakeri, A.A. (2022). Effects of using ensiled total mixed ration based on fodder beet on performance, digestibility and blood parameters in fattening zell lambs. *Journal of Ruminant Research*, 9(4): 97-108. https://doi.org/10.22069/ejrr.2022. 19726.1823. (In Persian).

Sinclair, L.A., Garnsworth, P.C., Newbold, J.R., & Buttery, P.J. (1993). Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Agricultural Science*, 120 (2): 251-263. https://doi. org/10.1017/s002185960007430x.

Stewart, C.S. (1977). Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *Applied and Environmental Microbiology*, 33(3): 497-502.

Tayyab, U., Wilkinson, R.G., Reynolds, C.K., & Sinclair, L.A. (2018). Particle size distribution of forages and mixed rations, and their relationship with ration variability and performance of UK dairy herds. *Livestock Science*, 217:108-115. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.09.018.

Van Soest, P.J., Robertson, J.D. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber. Neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.

Waghorn, G.C., Collier, K., Bryant, M., & Dalley, D.E. (2018b). Feeding fodder beet (*Beta vulgaris L.*) with either barley straw or pasture silage to non-lactating dairy cows. *New Zealand Veterinary Journal*, 66(4): 178-185. https://doi.org/10.1080/00480169.2018.1465484.

Waghorn, G.C., Law, N., Bryant, M., Pacheco, D., & Dalley, D. (2018a). Digestion and nitrogen excretion by Holstein–Friesian cows in late lactation offered ryegrass-based pasture supplemented with fodder beet. *Animal Production Science*, 59(7): 1261-1270. https://doi.org/10.1071/AN18018.

White, R.R., Hall, M.B., Firkins, J.L., & Kononoff, P.J. (2017). Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. *Journal of Dairy Science*, 100(12): 9551-9568. https://doi.org/10.3168/jds.2017-12765.

Zebeli, Q., Aschenbach, J.R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B.N., & Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95 (3): 1041–1056. https:// doi .org/ 10 .3168/ jds .2011 -4421.

Zebeli, Q., Tafaj, M., Steingass, H., Metzler, B., & Drochner, W. (2006). Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 89 (2): 651–668. https:// doi .org/ 10 .3168/ jds .S0022 -0302(06)72129 -4.