



Effects of replacing forage sorghum silage with corn silage on performance, nutrient digestibility, feeding behavior and some blood parameters in dairy cows

Hamed Gholami^{1✉} | Taghi Ghoorchi² | Abdolkhaki Toghdory³

1. Corresponding Author, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hamed_gholami_s98@gu.ac.ir
2. Department of Animal and Poultry nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: ghoorchi@gu.ac.ir
3. Department of Animal and Poultry nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: toghdory@gu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 18 February 2025
Received in revised form
2 December 2025
Accepted 4 December 2025
Published online 20 January 2026

Keywords:

Chemical composition of silage
Milk composition
Milk fatty acids

ABSTRACT

Objective: Sorghum (*Sorghum bicolor*) is a forage crop grown in arid and semi-arid regions that can be used to produce green, dry and silage fodder. It is valued for high tillering, broad nutritional value, high yield and high-water use efficiency. Iran is a dry land in the world. It is not possible to grow forage throughout the year in this country. Therefore, more efficient water use and tolerating harsh climate are needed. Sorghum is one of the major silo forage crops. The aim of this study was to investigate the effects of replacing corn silage with sorghum silage on digestibility, production performance, blood parameters, and feeding behaviors of Holstein dairy cows in mid-lactation.

Method: Eight lactating cows with average milk production of 34.5 ± 3 kg/day and average lactation days of (120 ± 22) were assigned in a Latin square experimental design with 4 treatments and 8 replications (repeated in 4 21-day periods). The experimental treatments were zero (control), 33, 66, and 100 percent replacement of Single Cross 704 corn silage with Speedfeed sorghum silage. Cows were milked three times a day and the amount of milk produced for each cow at each milking was recorded.

Results: Dry matter percent of the silage in this experiment was reported to be slightly higher for sorghum silage than corn silage (20.20% for forage corn silage and 20.55% for forage sorghum silage), crude protein was (10.76% for corn silage and 8.17% for sorghum silage and the pH was approximately four. There was no significant difference in dry matter intake between treatments; milk production in the control treatment (100% corn silage) was significantly higher than the other treatments ($P < 0.05$), but milk production efficiency (kilograms of milk produced per kilogram of dry matter consumed) was similar, milk fat percentage and fat to protein ratio were higher in the treatment with 100% sorghum silage than in the other treatments ($P < 0.05$), and crude protein digestibility, dry matter digestibility and NDF decreased with the replacement of corn silage with sorghum silage ($P < 0.05$). Use of speed-feed sorghum silage increased ($P < 0.05$) the levels of beneficial unsaturated fatty acids ($\omega 6/\omega 3$ and C16:0).

Conclusion: Overall, there was a reduction in milk production and an increase in milk fat with 100% sorghum replacement, making sweet sorghum a promising forage option for dairy farms where corn is difficult to grow due to water shortages (a characteristic of hot and dry areas).

Cite this article: Gholami, H., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2026). Effects of replacing forage sorghum silage with corn silage on performance, nutrient digestibility, feeding behavior and some blood parameters in dairy cows. *Journal of Animal Production*, 27 (4), 407-421. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.389479.623834>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.389479.623834>

Publisher: University of Tehran Press.



اثرات جایگزینی سیلاژ ذرت علوفه‌ای با سیلاژ سورگوم بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، رفتار تغذیه‌ای و برخی فراسنجه‌های خونی در گاوهای شیرده

حامد غلامی^{۱*} | تقی قورچی^۲ | عبدالحکیم توغدوری^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه تغذیه دام‌وپایور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hamed_gholami_s98@gu.ac.ir
 ۲. گروه تغذیه دام‌وپایور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: ghoorchit@gau.ac.ir
 ۳. گروه تغذیه دام‌وپایور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: toghdory@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۳ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰	هدف: گیاه سورگوم (<i>Sorghum bicolor</i>) از گیاهان علوفه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده است و برای تهیه علوفه سبز، خشک و سیلاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیاه سورگوم به‌جهت قدرت پهنه‌زنی فراوان، ارزش غذایی گسترده، عملکرد بالا و راندمان بالای مصرف آب حائز اهمیت است. ایران سرزمینی خشک در جهان است. در این کشور نمی‌توان در تمام فصول علوفه کشت کرد. بنابراین نیاز به گیاهانی وجود دارد که بتوانند از آب به‌طور مؤثرتری استفاده کنند و با آب‌وهوای نامساعد مقابله کنند. یکی از مهم‌ترین علوفه برای سیلو کردن، سورگوم است. هدف از این پژوهش، بررسی اثرات جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم بر قابلیت هضم، عملکرد تولیدی، فراسنجه‌های خونی و رفتارهای تغذیه‌ای گاوهای هلستاین شیرده در اواسط دوره شیردهی بود. روش پژوهش: تعداد هشت راس گاو شیرده با میانگین تولید شیر $34/5 \pm 3$ کیلوگرم در روز و میانگین روزهای شیردهی 120 ± 22 در قالب طرح آزمایشی مربع لاتین با چهار تیمار و هشت تکرار (تکرار شده در چهار دوره ۲۱ روزه) اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل جایگزینی صفر (شاهد)، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد جایگزین سیلاژ ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ با سیلاژ سورگوم رقم اسپیدفید بود. گاوها سه بار در روز دوشیده شدند و میزان شیر تولیدشده برای هر گاو در هر دوشش ثبت شد. یافته‌ها: میزان درصد ماده خشک سیلاژ سورگوم این پژوهش اندکی بالاتر از ماده خشک سیلاژ ذرت شد، ۲۰/۴۰ برای سیلاژ ذرت علوفه‌ای و ۲۰/۵۵ برای سیلاژ سورگوم علوفه‌ای بود. مقدار پروتئین خام سیلاژ ذرت (۱۰/۷۶) و سیلاژ سورگوم (۸/۱۷) بود و pH هر سیلاژ حدود چهار شد. مصرف ماده‌خشک بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. تولید شیر در تیمار شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد سیلاژ ذرت) به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ($P < 0.05$). اما بازده تولید شیر (کیلوگرم شیر تولیدی به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی) جیره‌های آزمایشی مشابه بود. درصد چربی شیر و نسبت چربی به پروتئین در تیمار حاوی ۱۰۰ درصد سیلاژ سورگوم بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). قابلیت هضم پروتئین خام، قابلیت هضم ماده خشک و دیواره سلولی (NDF) با جایگزین سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم کاهش یافت ($P < 0.05$). استفاده از سیلاژ سورگوم اسپیدفید، باعث افزایش در معنی‌داری ($P < 0.05$) در میزان اسیدهای چرب غیراشباع مفید (C16:0 و ۱۸:۳) شد. بیش‌ترین زمان خوردن و نشخوار کردن مربوط به تیمار شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد سیلاژ ذرت) بود و کم‌ترین زمان مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد سیلاژ سورگوم بود ($P < 0.05$). نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد که مقدار تولید شیر با ۱۰۰ درصد جایگزینی سورگوم کاهش یافت، اما چربی شیر افزایش داشت. با توجه به این که گیاه سورگوم شیرین با مناطق گرم و خشک سازگار است این علوفه می‌تواند یک انتخاب عالی برای مزارع گاوهای شیری در مناطقی باشد که کشت ذرت به‌دلیل کمبود آب مشکل است.

کلیدواژه‌ها:

ترکیب شیمیایی سیلاژ
اسیدهای چرب شیر
ترکیبات شیر

استناد: غلامی، حامد؛ قورچی، تقی و توغدوری، عبدالحکیم (۱۴۰۴). اثرات جایگزینی سیلاژ ذرت علوفه‌ای با سیلاژ سورگوم بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، رفتار تغذیه‌ای و برخی فراسنجه‌های خونی در گاوهای شیرده. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۷ (۴)، ۴۰۷-۴۲۱.
 DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.389479.623834>



۱. مقدمه

گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) از گیاهان علوفه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده است و برای تهیه علوفه سبز، خشک و فرایند سیلاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیاه سورگوم به جهت قدرت پنجه‌زنی فراوان، ارزش غذایی گسترده، عملکرد بالا و راندمان بالای مصرف آب حائز اهمیت است. اصولاً در گذشته گیاه سورگوم در مناطقی کشت می‌شد که برای کشت ذرت مناسب نبود، اما در حال حاضر با فراهمی سورگوم علوفه‌ای هیبرید که شهرت به نام سورگوم علوفه‌ای گرفته است در شرایط مطلوب، عملکردی همانند ذرت می‌دهد. در تأمین گیاهان علوفه‌ای به‌جز عملکرد ماده خشک، عامل مهم دیگری از جمله کیفیت علوفه حائز اهمیت بوده است که تابعی از شرایط محیطی و ژنتیکی است (Rattunde et al., 2001). هرچند ذرت علوفه‌ای محصولی با ارزش است اما تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع آبی، توسعه و تداوم کشت آن را با چالش‌های جدی مواجه ساخته است. تغییرات جهانی در آب‌وهوا (به‌عنوان مثال، سطوح پایین بارندگی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک) نیاز به علوفه‌های سازگار با شرایط خشک‌تر را در مقایسه با علوفه‌های معمولی (مانند ذرت، منبع اصلی علوفه برای گاوهای شیری) نشان می‌دهد. علاوه بر تهیه سیلاژ از علوفه سورگوم بسیاری از مواد ضدتغذیه‌ای مانند پلی‌فنول‌ها که احتمال تداخل در محیط شکمبه را دارد غیرفعال شده یا به مواد دیگری تبدیل می‌شود.

سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) یک علوفه جایگزین است زیرا از آب به‌طور مؤثرتری نسبت به ذرت استفاده می‌کند و عملکرد زیست‌توده بیش‌تری دارد (Sajjad et al., 2018). امروزه عمده سیلاژ مورد استفاده در صنعت دامپروری کشور ذرت علوفه‌ای سیلو شده است که با آب شیرین کشت می‌شود. با توجه به تداوم خشکسالی‌ها و محدودیت منابع آبی در ایران، به‌نظر می‌رسد جایگزینی ذرت با سورگوم در الگوی کشت و در نتیجه جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم، می‌تواند نقشی مؤثر در حفظ منابع آبی ایفا کند.

آزمایش‌های انجام شده بر روی گاوهای شیرده ثابت کرده است که جایگزینی کامل سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم که به‌طور مناسب با منابع نشاسته تکمیل شده باشد، بر تولید شیر یا ترکیب شیر تأثیری ندارد (Katani et al., 2017; Colombini et al., 2012). برخی از انواع سورگوم حاوی ترکیبات فنلی هستند که می‌تواند با اثرات نامطلوب به‌عنوان عوامل ضد تغذیه‌ای همراه باشد و باعث کاهش ماده خشک مصرفی و تولید شیر و کاهش هضم پروتئین شود (Oliveira et al., 2007). با این وجود، برخی از واریته‌های جدیدتر سورگوم با وجود سطوح پایین یا متوسط فنولیک مشخص می‌شوند و این فرصتی برای بهینه‌سازی عرضه مواد مغذی برای تولید نشخوارکنندگان است (Zhang et al., 2015). در آزمایشی که Colombini et al. (2012) انجام دادند، سیلاژ ذرت را با سیلاژ سورگوم (به مقدار روزانه ۲۳ کیلوگرم برای هر گاو) در جیره غذایی گاوهای شیرده مورد مقایسه قرار دادند. میانگین مصرف ماده خشک روزانه جیره‌های حاوی سیلاژ ذرت و سورگوم به‌ترتیب ۲۴/۴ و ۲۵/۴ کیلوگرم و تولید شیر تصحیح‌شده (چهار درصد چربی) به‌ترتیب ۳۳/۴ و ۳۳/۹ کیلوگرم بود که تفاوت معنی‌داری بین جیره‌ها مشاهده نشد.

هدایتی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) سیلاژ ذرت را با نسبت‌های یک سوم، دو سوم و ۱۰۰ درصد با سیلاژ سورگوم شیرین در جیره غذایی گاوهای شیرده جایگزین نموده و گزارش دادند که سطوح مختلف جایگزینی اثری بر قابلیت هضم جیره‌ها، مصرف ماده خشک، میزان تولید و ترکیب شیر نداشت. Bernard & Thao (2015) در آزمایشی بر روی ۴۸ راس گاو شیرده هلشتاین اثر جایگزینی کامل سیلاژ ذرت را با سیلاژ سورگوم مورد بررسی قرار دادند. نسبت هر یک از سیلاژها در جیره غذایی معادل ۶۷/۴۱ درصد از کل ماده خشک جیره تنظیم شد. کسری نشاسته سیلاژ سورگوم با افزودن بلغور ذرت جبران شد. میزان ماده خشک مصرفی و عملکرد تولید شیر تحت تأثیر جیره‌های غذایی قرار نگرفت، اما نیتروژن اوره‌ای شیر با مصرف سیلاژ سورگوم افزایش نشان داد. Khosravi و همکاران (2018) سیلاژ سورگوم را با سیلاژ ذرت (هر یک به میزان ۲۵ درصد کل ماده خشک جیره غذایی) در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین مقایسه کردند و گزارش دادند که ماده خشک مصرفی و شیر تصحیح‌شده تولیدی تحت تأثیر نوع سیلاژ در جیره غذایی قرار نگرفت.

افزون بر این، نتایج پژوهش‌ها (Bernard & Theo, 2015) نشان می‌دهد که استفاده از سیلاژ سورگوم نه تنها عملکرد تولیدی دام را حفظ می‌کند، بلکه در برخی شاخص‌های کیفی شیر نیز بهبودهایی ایجاد می‌نماید. پژوهش‌های بسیار کمی به‌ویژه در ایران درخصوص جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم شده است. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی اثرات جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم در جیره غذایی بر قابلیت هضم مواد مغذی، تولید شیر، ترکیبات آن، پروفایل اسیدهای چرب شیر و متابولیت‌های خون گاوهای شیرده بود.

۲. روش پژوهش

۲.۱. انتخاب دام، تیمارها و وضعیت جیره‌ها

این پژوهش در استان سمنان، شهرستان شاهرود در روستای میقان در مجتمع گاوداری کوهپایه در پاییز سال ۱۴۰۲ انجام گرفت. هشت راس گاو هلشتاین با میانگین تولید شیر (± 22) ۳۴/۵ کیلوگرم در روز انتخاب شدند. دام‌ها دارای میانگین وزن (± 30) ۶۰۰ کیلوگرم و نمره وضعیت بدنی (± 0.2) ۳ و میانگین روزهای شیردهی (± 22) ۱۲۰ و سه دوره شیرواری بودند. تیمارها در قالب طرح آزمایش مربع لاتین با هشت تکرار و در چهار دوره موردبررسی قرار گرفتند. هر دوره ۲۱ روز بود، که شامل دو هفته جهت عادت‌دهی و یک هفته نمونه برداری و ثبت رکوردها می‌شد. تیمارها شامل چهار جیره اصلی بود که در آن‌ها سیلاژ سورگوم با نسبت‌های صفر (شاهد)، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد جایگزین سیلاژ ذرت شد. رقم سیلاژهای مورد استفاده برای سورگوم، اسپیدفید و برای ذرت، سینگل کراس ۷۰۴ بود. جیره‌ها براساس NRC (2001) تنظیم گردید. اطلاعات مربوط به جیره غذایی و ترکیبات مغذی آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین ساخت TMR موردنظر توسط فیدرمیکسر هفت مترمکعبی سیلوکینگ آلمان انجام شده و در دو مرحله صبح و عصر خوراک‌دهی انجام می‌گرفت.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایش (برحسب درصد ماده خشک)

مواد خوراکی	سورگوم (درصد)			
	صفر	۳۳	۶۶	۱۰۰
ذرت آسیاب‌شده	۲۴/۵	۲۴/۵	۲۴/۵	۲۴/۵
جو آسیاب‌شده	۱۶/۱	۱۶/۱	۱۶/۱	۱۶/۱
کنجاله سویا	۱۲/۶	۱۲/۶	۱۲/۶	۱۲/۶
پودر گوشت	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲
تخم پنبه	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵
سپوس	۵/۶	۵/۶	۵/۶	۵/۶
مکمل ^۱	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲/۱
جوش شیرین	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱
نمک	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
یونجه	۱۰/۸	۱۰/۸	۱۰/۸	۱۰/۸
سیلاژ ذرت	۱۴/۲	۹/۳	۴/۸	۰/۰
سیلاژ سورگوم	۰/۰	۴/۸	۹/۳	۱۴/۲
کاه	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴
تفاله چغندر	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷
ترکیبات شیمیایی				
انرژی خالص شیردهی (مگا کالری/کیلوگرم ماده خشک)	۱/۷	۱/۶۹	۱/۶۹	۱/۶۸
پروتئین خام (درصد)	۱۶/۰۹	۱۶/۲۱	۱۶/۲۴	۱۶/۴۷
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۳۱/۰۵	۳۱/۲۸	۳۱/۰۵	۳۰/۸۲
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۱۸/۱۵	۱۸/۹۶	۱۸/۷۸	۱۸/۵۸
کلسیم (درصد)	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۳
فسفر (درصد)	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴

۱. مکمل ویتامین و معدنی شامل ویتامین A ۷۸۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین D3 ۲۱۶۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E ۷۲۰۰ واحد بین‌المللی، پتاسیم ۱/۱۰۰ میلی‌گرم، مس ۲۴۵ میلی‌گرم، کبالت ۷/۷ میلی‌گرم، ید ۹ میلی‌گرم، سلنیوم ۴/۸ میلی‌گرم، کلسیم ۱۵۵/۰۰۰ میلی‌گرم، فسفر ۴/۳۰۰ میلی‌گرم، سدیم ۹۰/۰۰۰ میلی‌گرم، منگنز ۷۴۰ میلی‌گرم، منیزیم ۱۲/۰۰۰ میلی‌گرم، روی ۹۸۷ میلی‌گرم، مونسین ۲۰/۰۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم می‌باشد.

۲.۲. مصرف خوراک و قابلیت هضم جیره غذایی

مقدار جیره توزیع شده به صورت جداگانه برای هر گاو آزمایشی و باقیمانده خوراک روزانه برای تخمین مصرف خوراک ثبت شد. نمونه‌های خوراک و باقیمانده خوراک تیمارهای مختلف در هر دوره جمع‌آوری شد و برای تجزیه و تحلیل ترکیب شیمیایی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد و نگهداری شد. برای تعیین قابلیت هضم، نمونه‌های مدفوع از رکتوم هر گاو حدود چهار ساعت قبل از تغذیه (نمونه‌گیری صبحگاهی) و چهار ساعت پس از تغذیه (نمونه‌گیری بعد از ظهر) در روزهای ۱۴ تا ۱۷ هر دوره جمع‌آوری و ترکیب شدند. نمونه‌های جیره‌ها، باقیمانده خوراک و مدفوع در آن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد با وزن ثابت برای تعیین غلظت ماده خشک مصرفی خشک و سپس آسیاب شدند تا از الک یک میلی‌متری عبور کنند (standard model 4, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA). پس از آسیاب کردن نمونه‌های مدفوع، یک نمونه واحد برای هر گاو در تیمار تهیه شد و برای تجزیه و تحلیل بعدی ذخیره شد. محتوای خاکستر نامحلول مواد شوینده اسیدی جیره‌ها و مدفوع به عنوان یک نشانگر داخلی برای تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کل دستگاه استفاده شد (McGeough et al., 2010).

۳.۲. رفتار تغذیه‌ای

در روز ۱۴ و ۱۵ دوره آزمایش رفتار تغذیه‌ای به صورت ثبت فعالیت برای طول مدت ۲۴ ساعت با دوربین اندازه‌گیری شد. زمان صرف شده برای فعالیت‌های خوردن، استراحت و نشو و نما کردن برای تمام دام‌ها در طی ساعات شبانه روز ثبت گردید (Araujo et al., 2008).

۴.۲. تولید شیر، ترکیب و مشخصات اسیدهای چرب

گاو‌ها سه بار در روز دوشیده شدند و میزان شیر تولید شده برای هر گاو در هر دوشش ثبت شد. در هفته آخر هر دوره، از هر گاو در هر دوشش برای کل هفته، نمونه شیر گرفته شد. نمونه‌های کل هفته برای هر حیوان در تیمار جمع‌آوری شدند و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد برای تجزیه و تحلیل چربی، پروتئین، نیتروژن اوره‌ای و لاکتوز نگهداری شدند و یک نمونه فرعی در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد برای تعیین ترکیب اسیدهای چرب ذخیره شد. تجزیه و تحلیل اسیدهای چرب با یک کروماتوگرافی گازی (CA, Palo Alto, Hewlett Packard, HP 5890A Series II) مجهز به یک ستون موئین ۱۰۰ متری CP-Sil 88 (i.d., 0.25 mm; film Thickness, 0.20 μ m; Chrompack, Middelburg, the Netherlands) و یک آشکارساز یونیزاسیون شعله انجام شد (Farnworth et al., 2007). پروفایل اسیدهای چرب شیر در آزمایشگاه مبنا واقع شهرستان کرج انجام شد.

۵.۲. نمونه‌گیری و آنالیز خون

نمونه خون سه ساعت پس از مصرف خوراک صبح و از ورید دمی در روز ۲۰ از هر دوره آزمایش با استفاده از لوله‌های حاوی فعال‌کننده لخته (MediPlus, Sunphoria Co. Ltd., Taiwan) گرفته شد. نمونه‌ها در دمای اتاق لخته شدند و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در یخچال قرار گرفتند. لوله‌ها ظرف شش ساعت پس از جمع‌آوری سانتریفیوژ شدند و سرم آن‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا تجزیه و تحلیل منجمد شد. غلظت گلوکز، تری‌گلیسیرید، کلسترول، نیتروژن اوره‌ای، پروتئین تام، LDL و HDL با استفاده از کیت‌های سنجش تجاری شرکت پارس‌آزمون تشخیصی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Genova; Jenway, Barloworld Scientific Ltd., Dunmow, Essex, UK) اندازه‌گیری شد.

۲.۶. تجزیه آماری

داده‌های حاصل با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۳) برای مدل (۱) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند. اثرات سطوح مختلف تیمار و دوره به‌عنوان اثرات ثابت، مربع و گاو درون مربع به‌عنوان اثرات تصادفی و دوره به‌عنوان اندازه‌گیری تکرار شونده در نظر گرفته شد.

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + C_{j(i)} + P_{k(i)} + T_t + e_{ijkl} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این مدل، μ ، میانگین؛ S_i ، اثر تصادفی مربع ($i=2$)؛ $C_{j(i)}$ ، اثر تصادفی گاو درون مربع ($j=8$)، T_t ، اثر تیمار ($T=4$)، $P_{k(i)}$ ، اثر دوره درون مربع ($K=4$) و e_{ijkl} ، اثر تصادفی خطای باقیمانده است.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳.۱. ترکیب شیمیایی سیلاژهای مورد آزمایش

ترکیب شیمیایی و pH سیلاژ ذرت علوفه‌ای و سیلاژ سورگوم در جدول (۲) آورده شده است. میزان درصد ماده خشک سیلاژ سورگوم این آزمایش اندکی بالاتر از ماده خشک سیلاژ ذرت گزارش شد، ۲۰/۲۰ برای سیلاژ ذرت علوفه‌ای و ۲۰/۵۵ برای سیلاژ سورگوم علوفه‌ای بود. مقدار پروتئین خام سیلاژ ذرت (۱۰/۷۶) و سیلاژ سورگوم (۸/۱۷) بود و pH هر سیلاژ حدود چهار شد.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی سیلاژ ذرت علوفه‌ای و سیلاژ سورگوم (درصد)^۱

ترکیب شیمیایی	سیلاژ ذرت	سیلاژ سورگوم
ماده خشک	۲۰/۲۰	۲۰/۵۵
ماده آلی	۸۸/۸۱	۸۹/۳۵
پروتئین	۱۰/۷۶	۸/۱۷
چربی	۲/۰۲	۲/۴
NDF	۵۵/۷۳	۵۷/۱۴
pH	۴/۱۱	۴/۰۳

۱. مقدار تانن موجود در سیلاژ سورگوم ۰/۰۱ تا ۰/۰۳ درصد ماده خشک گزارش شده است (شعبان و همکاران، ۱۳۹۲).

مطابق با نتایج پژوهش حاضر نیز هدایتی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که میزان ماده خشک سیلاژ سورگوم بالاتر از سیلاژ ذرت بوده است. اگرچه در اغلب پژوهش‌های دیگر ماده خشک سیلاژ ذرت بالاتر از سیلاژ سورگوم بود (Miron et al., 2007; Oliver et al., 2004). میزان درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ماده آلی و چربی در سیلاژ سورگوم بالاتر از سیلاژ ذرت به‌ترتیب ۵۷/۱۴، ۸۹/۳۵ و ۲/۴ برای سیلاژ سورگوم و ۵۵/۷۳، ۸۸/۸۱ و ۲/۰۲ برای سیلاژ ذرت بود. مطابق با نتایج ما Dan و همکاران (2008) نیز گزارش کردند که الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژ سورگوم نسبت به سیلاژ ذرت در سطح بالاتری قرار داشت. میزان پروتئین خام بر حسب ماده خشک و همینطور pH در پژوهش حاضر، برای سیلاژ ذرت نسبت به سیلاژ سورگوم بیش‌تر بود. میزان محتوای پروتئین در هر دو سیلاژ موردآزمایش بیش از حداقل مقدار لازم (۸ درصد در ماده خشک گزارش شده توسط Zhao et al., 2009) برای فراهمی آمونیاک شکمبه‌ای جهت رشد میکروارگانیسم‌های شکمبه‌ای بود. مخالف با نتایج ما Colombini و همکاران (2012) میزان پروتئین برای سیلاژ سورگوم را بالاتر از سیلاژ ذرت گزارش کردند. میزان pH توصیه شده برای یک سیلاژ دارای تخمیر میکروبی مناسب و قابل قبول بین ۴/۵ تا ۴/۵/۳ گزارش شده است (Paviz et al., 2011) که میزان pH هر دوسیلاژ مورد مطالعه ما نیز در همین محدوده قرارداشت.

۲.۳. مصرف خوراک و تولید و ترکیبات شیر

نتایج مربوط به اثر جیره‌های آزمایشی بر مصرف خوراک، تولید شیر و ترکیبات شیر در جدول (۳) نشان داده شده است. میزان مصرف ماده خشک در پژوهش حاضر در بین گاوهای مصرف‌کننده جیره سیلاژ ذرت در مقایسه با سیلاژ سورگوم بالاتر بود اگرچه این افزایش در سطح معنی‌داری قرار نداشت. نتایج نشان داد افزایش سطح سورگوم در جیره تمایل به کاهش ماده‌خشک مصرفی داشته است که با کاهش هم‌زمان قابلیت هضم منجر به کاهش در تولید شیر شده است.

جدول ۳. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم بر مصرف خوراک و تولید و ترکیبات شیر

P-Value	SEM	تیمار			فراسنجه
		سیلاژ ذرت + ۱۰۰ درصد سیلاژ سورگوم	سیلاژ ذرت + ۶۶ درصد سیلاژ سورگوم	سیلاژ ذرت + ۳۳ درصد سیلاژ سورگوم	
۰/۰۸۹۱	۰/۵۱۳	۲۲/۶۰	۲۲/۸۵	۲۳/۲۰	۲۲/۷۱
۰/۰۰۰۱	۴/۲۰۸	۳۲/۷۵ ^c	۳۴/۳۱ ^{bc}	۳۵/۴۳ ^b	۳۸/۸۱ ^a
۰/۰۰۰۱	۲/۳۵۱	۳۰/۳۴ ^b	۲۸/۱۳ ^c	۲۹/۹۵ ^b	۳۳/۰۴ ^a
۰/۳۴۸	۰/۰۶۴	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۲
۰/۶۳۲	۰/۱۱۱۶	۷/۹۱	۷/۹۸	۷/۹۴	۷/۸۶
۰/۰۰۰۸	۰/۰۳۹	۳/۵۱ ^a	۲/۸۰ ^b	۲/۹۷ ^b	۳/۰۱ ^b
۰/۸۶۳۸	۰/۰۴۲	۳/۱۰	۳/۰۹	۳/۱۰	۳/۰۶
۰/۰۰۶۰	۰/۰۹۸	۱/۱۳۵ ^a	۰/۹۱۰ ^b	۰/۹۶۰ ^b	۰/۹۹۵ ^b
۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۵	۱۴/۵۰ ^b	۱۴/۲۳ ^b	۱۴/۵۰ ^b	۱۵/۱۴ ^a
۰/۰۹۵۱	۰/۰۱۷	۴/۷۲	۵/۱۵	۵/۰۲	۴/۸۹
۰/۲۶۴	۰/۳۱۵	۱/۳۴	۱/۲۳	۱/۲۹	۱/۳۹

a-c تفاوت ارقام بر هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

این نتایج با یافته‌های هدایتی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت داشت. آن‌ها بیان کردند که جایگزینی سیلاژ سورگوم با ذرت بر مصرف ماده خشک تأثیری نداشت. همچنین همسو با نتایج حاضر، Harper و همکاران (2017)، Khosravi و همکاران (2018) نیز گزارش کردند که مصرف ماده‌خشک در گاوهای تغذیه‌شده با سیلاژ سورگوم در مقایسه با سیلاژ ذرت، هیچ تفاوتی از نظر آماری نداشت. میزان مصرف ماده‌خشک برای سیلاژ ذرت در مقایسه با سیلاژ سورگوم (که قابلیت هضم دیواره سلولی کم‌تری دارند) بالاتر بوده است. هرچند مصرف خوراک به عوامل متعددی از قبیل سرعت عبور مواد از شکمبه نیز بستگی دارد.

در مطالعاتی برخلاف نتایج آزمایش ما، میزان مصرف ماده خشک در گاوهای دریافت‌کننده انواع سیلاژ سورگوم در مقایسه با سیلاژ ذرت علوفه‌ای بالاتر بوده است (Aydin et al., 1999; Grant et al., 1995). همچنین Ran و همکاران (2023) گزارش کردند که با افزایش سیلاژ سورگوم در جیره مصرف ماده خشک به‌طور خطی کاهش پیدا کرد. تفاوت نتایج مربوط به مصرف ماده خشک در بین مطالعات ممکن است با غلظت NDF جیره‌های مقایسه‌شده و درجه مربوط به پرشدن شکمبه توضیح داده شود. Allen (2000) هنگام مقایسه جیره با غلظت‌های مشابه NDF، جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم هیچ تأثیری بر ماده خشک مصرفی گاوهای شیری نداشت (Bernard & Tao, 2015; Khosravi et al., 2018). کاهش اندازه ذرات هم‌چنین می‌تواند با افزایش سرعت عبور و کاهش پرشدن شکمبه، ماده خشک مصرفی را افزایش دهد، حتی زمانی که به گاوها با جیره‌های حاوی NDF مشابه تغذیه می‌شوند (Colombini et al., 2012). اگرچه در پژوهش حاضر اندازه ذرات خوراک اندازه‌گیری نشد اما به‌نظر می‌رسد، خوراندن جیره با اندازه ذرات کوچک‌تر، زمانی که سیلاژ سورگوم در جیره گاوهای شیری جایگزین سیلاژ ذرت می‌شود تا حدی اثرات منفی بر ماده خشک مصرفی را کاهش دهد.

جایگزینی سیلاژ سورگوم به جای سیلاژ ذرت، تولید شیر را کاهش داد ($P < 0.05$; جدول ۳). در حالی که درصد چربی شیر و نسبت چربی به پروتئین افزایش و نیتروژن اوره‌ای شیر کاهش یافت ($P < 0.05$)، اما دیگر ترکیبات شیر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. این نتایج موافق با یافته‌های Aydin و همکاران (۱۹۹۹) است. آن‌ها گزارش کردند که در اغلب مقایسات بین سیلاژ سورگوم و ذرت، تولید شیر در سیلاژ ذرت بیش‌تر از سیلاژ سورگوم است. آن‌ها همچنین دلیل این اختلاف را قابلیت هضم کم‌تر دیواره سلولی در سیلاژ سورگوم عنوان کردند. در یک مطالعه Sanchez-Duarte و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که استفاده از سیلاژ سورگوم به جای سیلاژ ذرت باعث افزایش غلظت چربی شیر و کاهش غلظت پروتئین شیر شد. Yang و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که نوع سیلو ذرت در مقابل سیلوی سورگوم بر غلظت پروتئین شیر یا لاکتوز تأثیری ندارد. Ran و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که چربی شیر تحت تأثیر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم قرار نگرفت، اما در مطالعاتی دیگر موافق با نتایج ما، گاوهایی که با سیلاژ سورگوم تغذیه شده بودند، غلظت چربی شیر بیش‌تری نسبت به گاوهایی که با سیلاژ ذرت تغذیه شده بودند، داشتند (Harper et al., 2017; Yang et al., 2019). در مطالعه Song و همکاران (۲۰۰۹) تولید شیر در گاوهایی که دو رقم سیلاژ سورگوم شیرین مصرف کرده بودند حتی بیش‌تر از جیره‌های حاوی سیلاژ ذرت بود. همچنین Miron و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که تولید شیر گاوهای مصرف‌کننده سیلاژ ذرت بیش‌تر از برخی ارقام سورگوم بود، اما اختلافی در مصرف ماده خشک مشاهده نشد. همچنین استفاده از سیلاژ سورگوم در پژوهش Bernard & Thao (۲۰۱۵) مشابه با نتایج ما تأثیر معنی‌داری بر بازدهی تولید شیر، پروتئین شیر و شیر تصحیح‌شده براساس چهار درصد چربی نداشت، اگرچه میزان چربی و به‌مین‌طور لاکتوز شیر گاوهای تغذیه شده با سیلاژ سورگوم بالاتر بود.

همسو با نتایج این مطالعه، Colombini و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که اثر استفاده از سیلاژ سورگوم در مقایسه با سیلاژ ذرت موجب کاهش تولید شیر شد، اگرچه استفاده از سیلاژ سورگوم هیچ تأثیر معنی‌داری بر ترکیبات شیر از جمله پروتئین، چربی و لاکتوز نداشت. در توافق با یافته‌های ما، در پژوهش، Lee و همکاران (۲۰۱۹) با جایگزینی سیلاژ سورگوم با سیلاژ ذرت درصد چربی شیر و کل چربی شیر افزایش یافت که ممکن است به دلیل بالاتر بودن الیاف نامحلول در شوینده‌خنی و کاهش جویدن (جدول ۷) در سیلاژ سورگوم بوده باشد. هضم فیبر باعث افزایش تولید اسید استیک و اسید بوتیریک در شکمبه، پیش‌سازهای اصلی چربی شیر می‌شود. در آزمایش حاضر میزان نیتروژن اوره‌ای شیر در بین گاوهای تغذیه شده با سیلاژ سورگوم در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با سیلاژ ذرت به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. در مطالعه، Colombini و همکاران (۲۰۱۵) و همچنین Dan و همکاران (۲۰۰۸) میزان عددی نیتروژن اوره‌ای شیر در گاوهای دریافت‌کننده سیلاژ سورگوم در مقایسه با گاوهای دریافت‌کننده سیلاژ ذرت بالاتر بود، اگرچه این میزان افزایش، در سطح معنی‌داری قرار نداشت. میزان نیتروژن اوره‌ای شیر تحت تأثیر فاکتورهای بسیاری قابل تغییر و تفسیر است در بین فاکتورها، میزان پروتئین خام جیره و همچنین انرژی قابل تخمیر جیره از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر تغییر نیتروژن اوره‌ای شیر می‌باشند. Broderick و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که پایین بودن میزان پروتئین جیره و همین‌طور بالاتر بودن میزان کربوهیدرات سریع‌الهضم، معمولاً باعث کاهش میزان نیتروژن اوره‌ای در شیر می‌شود. در مطالعه حاضر، اگرچه میزان درصد پروتئین شیر در هر چهار گروه گاو و بین جیره آزمایشی تفاوتی نداشته، اما به‌صورت عددی، میزان پروتئین شیر گاوهای دریافت‌کننده سیلاژ سورگوم بالاتر بوده است. میزان پروتئین شیر گاوهای شیری دارای یک همبستگی مثبتی با میزان دریافت انرژی از خوراک دارد (Emri et al., 1978).

۳.۳. قابلیت هضم مواد مغذی

قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی، چربی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی در جیره‌های آزمایشی در جدول (۴) نشان داده شده است. جایگزینی سیلاژ سورگوم با سیلاژ ذرت تا ۶۶ درصد قابلیت هضم ماده خشک در مقایسه با تیمار شاهد را تحت تأثیر قرار نداد، اما جایگزینی کامل سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم منجر به کاهش قابلیت هضم ماده خشک در مقایسه به تیمار شاهد شد ($P < 0.05$).

جدول ۴. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم بر قابلیت هضم خوراک (درصد)

P-Value	SEM	تیمار			شاهد	فراسنجه
		سیلاژ ذرت + ۱۰۰ درصد سیلاژ سورگوم	سیلاژ ذرت + ۶۶ درصد سیلاژ سورگوم	سیلاژ ذرت + ۳۳ درصد سیلاژ سورگوم		
۰/۰۰۱۶	۱/۶۹	۴۸/۵۹ ^b	۵۵/۸۱ ^a	۵۶/۲۳ ^a	۵۸/۷۰ ^a	ماده خشک
۰/۰۰۰۱	۱/۵۴	۳۷/۱۵ ^c	۵۱/۶۸ ^c	۶۴/۶۱ ^a	۵۸/۲۳ ^b	پروتئین
۰/۰۰۸۸	۰/۱۹	۸۶/۴۵	۸۷/۰۶	۸۶/۵۹	۸۶/۸۶	ماده آلی
۰/۰۰۲۰	۲/۱۰	۶۲/۷۱ ^{ab}	۶۳/۸۳ ^a	۵۸/۳۵ ^{ab}	۵۴/۸۴ ^b	چربی
۰/۰۰۰۱	۱/۷۲	۶۶/۰۸ ^c	۶۷/۲۱ ^b	۶۷/۳۴ ^b	۶۸/۰۹ ^a	NDF

a-c: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه معنی دار است ($P < 0.05$).

جیره دارای سیلاژ سورگوم کم‌ترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک را داشت. هدایتی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) سیلاژ سورگوم شیرین را در درصدهای مختلف جایگزین سیلاژ ذرت کردند و آن‌ها بیان کردند که قابلیت هضم ماده خشک جیره حاوی سیلاژ ذرت (تیمار شاهد) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر جیره‌ها بود. ظاهراً این تفاوت در قابلیت هضم ماده خشک به عوامل ذاتی و ترکیبات شیمیایی علوفه سیلاژ سورگوم شیرین مانند لیگنین نامحلول در اسید آن بر می‌گردد (Miron et al., 2007; Oliver et al., 2004).

در مطالعه حاضر مشخص شد که بین قابلیت هضم پروتئین خام اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تیمار حاوی ۳۳ درصد سیلاژ سورگوم کم‌ترین قابلیت هضم پروتئین را داشت. این نتایج با نتایج هدایتی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) متناقض که گزارش کردند با افزایش درصد جایگزینی سیلاژ ذرت قابلیت هضم پروتئین کاهش می‌یابد. Zhao و همکاران (2009) گزارش کردند که با جایگزینی سیلاژ سورگوم به‌جای سیلاژ ذرت در جیره گاوهای شیری هیچ تفاوتی در قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در بین تیمارها وجود نداشت که دلیل آن می‌تواند به سطح جایگزینی، نوع رقم سورگوم و دوره شیردهی اشاره کرد. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره‌های حاوی سیلاژ سورگوم به‌طور معنی‌داری از جیره شاهد کم‌تر شد و روندی مشابه با قابلیت هضم ماده خشک داشت. قابلیت هضم چربی در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و مقدار چربی در تیمار شاهد به لحاظ آماری از تیمارهای دریافت‌کننده سورگوم کم‌تر بود ($P < 0.05$). بیش‌ترین مقدار چربی مربوط به تیمار دریافت‌کننده ۶۶ درصد سورگوم بود. در مجموع مقدار چربی با افزایش سیلاژ سورگوم در جیره افزایش پیدا کرد که با برخی از یافته‌ها در مورد سیلاژ سورگوم مطابقت دارد. Zhao و همکاران (2009)، محتوای بالای NDF در جیره غذایی با قابلیت هضم مواد مغذی همبستگی منفی دارد. از آنجایی که دام‌ها از جیره‌هایی با NDF بالا استفاده می‌کنند، باید مصرف خوراک خود را افزایش دهند تا نیازهای تغذیه‌ای خود را برآورده کنند. در مطالعه‌ای توسط Yang و همکاران (2019) هیچ تفاوتی در قابلیت هضم جیره سیلوی ذرت و سورگوم مشاهده نشد. اختلاف بین مطالعات ممکن است از واریته‌های مختلف سورگوم مورد استفاده در مطالعات ناشی شود.

۴.۳. اسیدهای چرب شیر

براساس نتایج این پژوهش، استفاده از سیلاژ سورگوم در تغذیه گاو شیری به لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری بر میزان کل اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه نداشت، اگرچه میزان اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه در شیر گاوهای دریافت‌کننده ی سورگوم بالاتر و در سطح معنی‌داری قرار داشت (جدول ۵).

جدول ۵. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم بر ترکیب اسید چرب شیر

P-Value	SEM	تیمار			شاهد	فراسنجه
		سیلاژ ذرت + ۳۳ درصد	سیلاژ ذرت + ۶۶ درصد	سیلاژ ذرت + ۱۰۰ درصد		
		سیلاژ سورگوم	سیلاژ سورگوم	سیلاژ سورگوم		
۰/۱۷۰۰	۰/۰۷۲	۲/۶۱	۲/۷۳	۲/۶۵	۲/۶۰	C10:0
۰/۴۸۹۴	۰/۱۳۹	۲/۹۸	۳/۰۷	۲/۹۱	۲/۹۸	C12:0
۰/۳۶۴۸	۰/۰۷۶	۱۱/۲۰	۱۱/۱۳	۱۱/۱۵	۱۱/۴۸	C14:0
۰/۰۰۴۵	۰/۱۲۵	۳۶/۳۰ ^c	۳۷/۶۵ ^b	۳۸/۴۸ ^a	۳۶/۱۲ ^c	C16:0
۰/۰۰۰۳	۰/۷۲۲	۱/۷۴ ^b	۲/۰۹ ^b	۱/۹۳ ^b	۲/۶۱ ^a	C16:1
۰/۱۴۴۵	۰/۴۱۰	۸/۵۶	۸/۹۹	۱۰/۷۸	۱۰/۰۲	C18:0
۰/۲۴۷۸	۰/۱۰۲	۲۴/۱۰	۲۴/۵۶	۲۳/۹۸	۲۵/۶۷	C18:1
۰/۱۳۵۹	۰/۰۱۲	۱/۸۹	۱/۷۳	۱/۵۴	۱/۸۸	C18:2
۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۲۰۳ ^b	۰/۱۸۱ ^b	۰/۱۶۸ ^b	۰/۲۳۳ ^a	C18:3
۰/۹۴۹۶	۰/۰۱۱	۰/۱۴	۰/۱۳۱	۰/۱۳۵	۰/۱۳	C20:0
۰/۰۰۰۱	۰/۱۷۱	۰/۲۱۸ ^b	۰/۲۱۷ ^b	۰/۲۱۷ ^b	۰/۲۴۰ ^a	C20:4
۰/۰۰۰۱	۰/۳۲۵	۱/۴۱ ^{ab}	۱/۴۴ ^{ab}	۱/۵۱ ^a	۱/۲۵ ^b	¹ ω6/ω3
۰/۲۳۶۹	۰/۷۵۲	۶۱/۷۹	۶۳/۷۰	۶۶/۱۱	۶۳/۲۳	² Total SFA
۰/۰۸۲۱	۰/۲۳۵	۲۵/۸۴	۲۶/۶۵	۲۵/۹۱	۲۸/۲۸	³ Total MUFA
۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۵	۲/۳۱ ^a	۲/۱۲۸ ^a	۱/۹۲۵ ^b	۲/۴۴۳ ^a	⁴ Total PUFA

۱. محاسبه نرخ کل اسیدهای چرب امگا ۶ بر کل اسیدهای چرب امگا ۳: ۲. میزان کل اسیدهای چرب اشباع‌شده: ۳. میزان کل اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه: ۴. میزان کل اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه.
a-c تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

هم‌چنین استفاده از سیلاژ سورگوم در مقایسه با سیلاژ ذرت تأثیر معنی‌داری بر ترکیب کل اسیدهای چرب شیر به‌جز C16:0، C18:3، C16:1 و C20:4 نداشت. مشابه با نتایج ما، Harper و همکاران (2017) نیز گزارش کردند که استفاده از سیلاژ سورگوم به‌جای سیلاژ ذرت هیچ تأثیر معنی‌داری به لحاظ آماری بر میزان کل اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه نداشت. هم‌چنین در پژوهشی دیگر، Katani و همکاران (2017) اثر استفاده از سیلاژ سورگوم در مقایسه با سیلاژ ذرت بر کیفیت اجزای اسیدهای چرب شیر گاوها بررسی شد که میزان اسیدهای چرب اشباع و هم‌چنین میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه تحت تأثیر قرار نگرفت، اگرچه مخالف با نتایج ما، میزان اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه برای گاوهای دریافت‌کننده جیره سیلاژ ذرت علوفه‌ای بالاتر بود. در پژوهش حاضر، استفاده از سیلاژ سورگوم، باعث افزایش در سطح معنی‌داری در میزان اسیدهای چرب غیراشباع مفید (C16:0 و C6/ω3) شد. هم‌چنین آراشیدونیک اسید C20:4 که اسید چربی اصلی در تولید پروستانوئیدها می‌باشد در شیر گاوهای دریافت‌کننده جیره شاهد بالاتر از جیره سیلاژ سورگوم بود ($P < 0.05$).

در پژوهشی مشخص شد که کاهش نرخ ω6/ω3 یک فاکتوری برای ارزیابی وضعیت سلامت محصولات دام‌های شیری دارد (Cabido et al., 2009)، که در این پژوهش نرخ ω6/ω3 نیز بین دو گروه گاو دریافت‌کننده سیلاژ سورگوم و سیلاژ ذرت یکسان بود. هم‌چنین در آزمایش حاضر، میزان اسیدهای چرب امگا ۳ در شیر گاوهای تغذیه‌شده با سیلاژ سورگوم علوفه‌ای در

مقایسه با سیلاژ ذرت تفاوت معنی‌داری به لحاظ آماری داشت. در توجیه این تفاوت می‌توان تحلیل کرد که افزایش ترکیبات فعال گیاهی، به‌ویژه تانن‌ها، در سیلاژ سورگوم نسبت به سیلاژ ذرت، باعث کاهش بیوهیدروژناسیون شکمبه می‌شود (Mapiye et al., 2011) و در نتیجه باعث افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع می‌شود. طی فرایند بیوهیدروژناسیون در شکمبه دام‌های نشخوارکننده اسیدهای چرب غیر اشباع و به‌ویژه اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دو گانه (لینولئیک و لینولنیک) به شکل اشباع (اسید استئاریک) تبدیل می‌شوند (Khorsand et al., 2020). تانن به‌عنوان یک ترکیب پلی‌فنولی می‌تواند اثر محدودکننده بر بیوهیدروژناسیون چربی‌ها توسط جمعیت میکروبی شکمبه داشته باشد و افزودن تانن به جیره غذایی روشی سودمند برای تغییر پروفیل اسیدهای چرب شیر شناخته شده است (Petty et al., 2015). سیلاژ علوفه سورگوم حاوی تانن می‌باشد (Khosravi et al., 2018) که می‌تواند در فرایند هضم چربی و بیوهیدروژناسیون میکروبی اسیدهای چرب در شکمبه مؤثر باشد. بنابراین، محافظت اسیدهای چرب غیر اشباع از بیوهیدروژناسیون سبب شده است تا نسبت آن‌ها در شیر در حد بالاتری حفظ شود. شعبان و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که مقدار تانن سورگوم با سیلاژ آن کاهش می‌یابد مقدار تانن متراکم بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۳ درصد ماده خشک گزارش کردند.

۳.۵. متابولیت‌های خون

همان‌گونه که در جدول (۶) مشاهده می‌شود متابولیت‌های خونی از قبیل گلوکز، کلسترول، پروتئین کل، تری‌گلیسیرید و HDL خون تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0.05$).

جدول ۶. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم بر فراسنجه‌های خونی (میلی‌گرم در دسی لیتر)

دامنه پارامترهای شیمیایی در گاو شیرده ^۱	P-Value	SEM	تیمار			فراسنجه
			سیلاژ ذرت + ۱۰۰ درصد سیلاژ سورگوم	سیلاژ ذرت + ۶۶ درصد سیلاژ سورگوم	سیلاژ ذرت + ۳۳ درصد سیلاژ سورگوم	
۷۵-۴۵	۰/۰۰۰۱	۰/۳۱۶	۲۵/۷۵ ^b	۲۱/۶۲ ^b	۳۴/۷۵ ^a	۳۴/۰۰ ^a
۲۷-۶	۰/۳۲۰۸	۷/۹۳۵	۱۷/۶۶	۱۸/۰۲	۱۷/۱۸	۱۷/۷۶
۲۲-۶۵	۰/۰۰۰۱	۱/۱۲۰	۲۸/۵۰ ^a	۲۱۵/۸۷ ^b	۲۲۵/۵۰ ^b	۳۳۲/۵۰ ^b
۱۴-۰	۰/۰۰۰۱	۰/۶۹۵	۶۲/۲۵ ^a	۴۴/۷۵ ^b	۴۴/۱۲ ^b	۴۷/۷۵ ^b
	۰/۰۰۰۱	۱۸/۲۷۲	۳۷/۲۵ ^b	۳۹/۳۷ ^b	۳۷/۰۰ ^b	۴۲/۸۷ ^a
	۰/۰۶۱۱	۰/۰۴۸	۱۳۰/۶۲	۱۲۵/۱۲	۱۵۳/۳۷	۱۱۵/۳۷
	۰/۰۸۵۱	۰/۰۶۱	۷/۶۷	۷/۷۹	۸/۰۶	۸/۳۸

a-c: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

منبع: (Jakson & Cockcroft, 2002)

گلوکز، تری‌گلیسیرید، ازت اورده‌ای و کلسترول در سرم همه گاوهای آزمایش‌شده در محدوده نرمال نبود. نتایج ما هم‌چنین نشان می‌دهد که تغذیه با سیلاژ سورگوم تا سطح ۶۶ درصد در جیره گاو می‌تواند محتوای تری‌گلیسیرید سرم را کاهش دهد. نیازهای بالای غده پستانی برای استفاده از لیپیدها ممکن است با افزایش اسیدهای چرب آزاد که با کاهش سطح، تری‌گلیسیرید همراه است، برآورده شود. مقدار پروتئین کل در نمونه‌های پلاسما، شاخصی از وضعیت کلی پروتئینی در گاوهای شیری می‌باشد (Topps et al., 1984) و در آزمایش حاضر، تأثیر نگرفتن این فاکتور از جیره‌های آزمایشی، نشان‌دهنده وضعیت طبیعی پروتئینی گاوهای آزمایشی است. هنگامی که سلامت حیوانات و متابولیسم پروتئین مختل می‌شود، به‌صورت کاهش محتوای پروتئین کل سرم آشکار می‌شود (Soleman et al., 2010). میزان نیتروژن اورده‌ای خون یکی از فاکتورهای کلیدی در جهت ارزیابی وضعیت پروتئینی جیره و عملکرد شکمبه‌ای نشخوارکنندگان در پاسخ به هم‌زمانی انرژی قابل دسترس و میزان پروتئین

قابل هضم در شکمبه می‌باشد (Hess et al., 2000). پروتئین قابل هضم در جیره نشخوارکنندگان یا به‌وسیله میکرواروگانسیم‌های شکمبه مورد تجزیه واقع می‌شود و یا از شکمبه عبور و به روده کوچک می‌رسد، جایی که به اسیدهای آمینه و پپیدهای کوچک تبدیل می‌شود و در نهایت در روده جذب می‌شود، نیتروژنی که از تجزیه خوراک در شکمبه آزاد می‌شود برای تولید پروتئین میکروبی استفاده می‌شود، بیش‌ترین میزان تولید پروتئین میکروبی و در نتیجه بهترین عملکرد دام زمانی حاصل می‌شود که نرخ انرژی قابل دسترس به پروتئین در شکمبه در حالت بهینه باشد که نیتروژن اورهای خون یکی از شاخص‌های ارزیابی این حالت بهینه می‌باشد (Hammond, 1977). در پژوهش حاضر، قرارگرفتن میزان نیتروژن اورهای در نرخ نرمال برای گاوهای شیری (Nozad et al., 2012) و همین‌طور غیرمعنی‌داری این فاکتور در بین تیمارهای آزمایشی، حاکی از یک روند طبیعی از متابولیسم پروتئین و هم‌زمانی آن با آزادسازی انرژی قابل دسترس در هر چهار گروه از گاوهای آزمایشی دارد.

۳.۶. فعالیت جویدن و نشخوارکردن

همان‌طور که در جدول (۷) نشان داده شده است فعالیت‌های خوردن، نشخوارکردن و استراحت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0.05$). برخلاف انتظار ما، بیش‌ترین زمان خوردن و نشخوارکردن مربوط به تیمار شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد سیلاژ ذرت) بود و کم‌ترین زمان مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد سیلاژ سورگوم بود.

جدول ۷. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ سورگوم بر فعالیت جویدن و نشخوارکردن (دقیقه در روز)

P-Value	SEM	تیمار			شاهد	فراسنجه
		سیلاژ ۱۰۰ درصد سورگوم	سیلاژ ذرت + ۶۶ درصد سیلاژ سورگوم	سیلاژ ذرت + ۳۳ درصد سیلاژ سورگوم		
۰/۰۱۰۹	۰/۸۳۸	۳۳۲/۶۳ ^b	۳۳۳/۸۷ ^{ab}	۳۳۴/۷۷ ^{ab}	۳۳۵/۳۷ ^a	جویدن
۰/۰۰۰۱	۰/۸۵	۴۹۳/۱۳ ^d	۵۱۷/۳۷ ^c	۵۲۵/۳۷ ^b	۵۵۳/۱۳ ^a	نشخوار
۰/۰۰۰۱	۰/۸۸۰	۶۱۴/۲۵ ^a	۵۸۸/۷۵ ^b	۵۷۹/۸۵ ^c	۵۵۱/۵۰ ^d	استراحت

a-c: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

برخلاف نتایج پژوهش حاضر، هدایتی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که زمان صرف‌شده برای مصرف خوراک در گاوها با جایگزین‌شدن سیلاژ سورگوم به‌جای سیلاژ ذرت تحت تأثیر قرار نگرفت، اما زمان نشخوارکردن در تیمار ۱۰۰ درصد جایگزینی به‌طور معنی‌داری از تیمار شاهد زمان بیش‌تری طی کرده بود. آن‌ها بیان کردند که میزان نشخوارکردن وابسته به اندازه ذرات اولیه، محتوای الیاف جیره و قابلیت هضم آن است و قابلیت هضم پایین‌تر سیلاژ سورگوم شیرین، شاید دلیلی بر این اختلاف بوده است. از آنجایی که هرچه فعالیت جویدن و نشخوار بیش‌تر باشد، زمان استراحت کم‌تری برای دام باقی می‌ماند، به‌نظر می‌رسد سطح آسایش در تیمارهای مصرف‌کننده سیلاژ سورگوم بیش‌تر بوده است.

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی نتایج نشان داد که مقدار تولید شیر با ۱۰۰ درصد جایگزینی سورگوم کاهش یافت، اما چربی شیر افزایش داشت. با توجه به این که گیاه سورگوم شیرین با مناطق گرم و خشک سازگار است این علوفه می‌تواند یک انتخاب عالی برای مزارع گاوهای شیری در مناطقی باشد که کشت ذرت به‌دلیل کمبود آب مشکل است.

۵. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

۶. مشارکت نویسندگان

حامد غلامی: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تهیه پیش‌نویس مقاله؛

تقی قورچی: استاد راهنمای رساله، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله؛

عبدالحمید توغدری: استاد مشاور رساله، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، آنالیز آماری داده‌ها.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. حامی مالی

مقاله حاضر در قالب رساله دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان می‌باشد.

۹. تشکر و قدردانی

از مدیریت مجتمع گاوداری کوهپایه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱۰. منابع

- هدایتی‌پور، احمد؛ خوروش، محمد؛ قربانی، غلامرضا؛ المدرس، عباس و عبادی، محمدرضا (۱۳۹۱). مقایسه خصوصیات شیمیایی و تجزیه‌پذیری انواع علوفه و سیلاژ سورگوم با ذرت در شرایط آزمایشگاهی و روش کیسه‌های نایلونی. نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ایران، ۴، ۴۶-۵۰.
- شعبان، ولی محمد؛ باشتنی، مسلم؛ فتحی نسری، محمدحسن و نعیمی‌پور، حسین (۱۳۹۲). تعیین ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری سورگوم سیلوشده در دو مرحله از رشد با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی. تحقیقات تولیدات دامی، ۲ (۲)، ۵۵-۶۵.

References

- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal Dairy Science*, 83, 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2).
- Araujo, I.E., Oliveira-Maia, A.J., Sotnikova, T.D., Gainetdinov, R.R., Caron, M.G., Nicolelis, M.A., & Simon, S.A. (2008). Food reward in the absence of taste receptor signaling. *Neuron*, 57(6), 930-941. [doi: 10.1016/j.neuron.2008.01.032](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.01.032).
- Aydin, G., Grant, R.J., & O'Rear, J. (1999). Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 2127-2135. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75456-1
- Bernard, J. K., & Tao, S. (2015). Short communication: Production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. *Journal Dairy Science*, 98, 8994-9000. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9716>.
- Broderick, G. A., & Clayton, M. K. (1997). A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 80, 2964-2971. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76262-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3)

- Cabido, C., Galán, P., López, P., & Martín, J. (2009). Conspicuousness-dependent antipredatory behavior may counteract coloration differences in Iberian rock lizards. *Behavioral Ecology*, 20(2), 362-370. [Doi:10.1093/beheco/arn152](https://doi.org/10.1093/beheco/arn152)
- Colombini, S., Galassi, G., Crovetto, G. M., & Rapetti, L. (2012). Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal Dairy Science*, 95, 4457-4467. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4444>.
- Dan, Y., Zhang, S., Zhong, H., Yi, H., & Sainz, M.B. (2008). Novel compounds that enhance Agrobacterium-mediated plant transformation by mitigating oxidative stress. *Plant Cell Rreports*, 34(2), 291-309. [doi: 10.1007/s00299-014-1707-3](https://doi.org/10.1007/s00299-014-1707-3). Epub 2014 Nov 28.
- Emri, J., Gyóri, B., & Szilágyi, L. (1978). Preparation and study of hydrolytically stable cyanohydro (pyrrolyl-1) borates and chiral boron containing amine-cyano (pyrrolyl-1) borane complexes. *Journal of Organometallic Chemistry*, 152(1), 13-20. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(00\)81265-6](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(00)81265-6).
- Farnworth, E. R., Chouinard, Y. P., Jacques, H., Venkatramanan, S., Maf, A. A., Defnoun, S., & Jones, P. J. (2007). The effect of drinking milk containing conjugated linoleic acid on fecal microbiological profile, enzymatic activity, and fecal characteristics in humans. *Journal Nutrition*, 6, 15. [doi:10.1186/1475-2891-6-15](https://doi.org/10.1186/1475-2891-6-15)
- Grant, R.J., & Albright, J.L. (1995). Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *Journal Animal Science*, 73, 2791-2803. [doi: 10.2527/1995.7392791x](https://doi.org/10.2527/1995.7392791x).
- Hammond, A.C. (1997). Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle. In *Proc Florida Ruminant Nutrition Symposium*. University of Florida, Gainesville (pp. 43-52).
- Harper, M. T., Giallongo, J. Oh, F., Lopes, J. C., Roth, G. W., & Hristov, A. N. (2017). Using brown midrib 6 dwarf forage sorghum silage and fall-grown oat silage in lactating dairy cow rations. *Journal Dairy Science*, 100, 5250-5265. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12552>.
- Hedayatipour, A., Khorush, M., Ghorbani, G., Al-Modares, A., & Ebadi, M. (2012). Comparison of chemical properties and degradability of different types of sorghum and corn silage forages and silages under laboratory conditions and the nylon bag method. *Journal of Iranian Animal Science Research*, 4, 46-50. (In Persion).
- Hess, H.D., Lascano, C.E., & Flórez, H. (2000). Blood and milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of cattle under tropical conditions. *Institute of Animal Sciences, Animal Nutrition*, ETH.
- Jakson, P.G.G., & Cockcroft, P.D. (2002). *Clinical Examination of Farm Animals*. Blackwell Science Ltd. [DOI:10.1002/9780470752425](https://doi.org/10.1002/9780470752425).
- Katani, R., Cote, R., Kudva, I.T., DebRoy, C., Arthur, T.M., & Kapur, V. (2017). Comparative genomics of two super-shedder isolates of *Escherichia coli* O157:H7. *PLoSOne*, 12(8), p.e0182940. [doi: 10.1371/journal.pone.0182940](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182940)
- Khorsand, H., Ghalamkari, H.R., Sanei, A., Rezaei, R., & Akbari, A. (2020). The effect of reducing ration protein level using commercial premixes on the performance and blood parameters of Holstein dairy cows. *Journal Research on Animal Production*, 11(27), 27-34.
- 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 Dairy Science*, 101, 10953-10961. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14350>.
- Lee, S., Zargar, O., Reiser, C., Li, Q., Muliana, A., Finlayson, S.A., Gomez, F.E., & Pharr, M. (2019). Time-dependent mechanical behavior of sweet sorghum stems. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 106, 103731.
- Mapiye, C., Chimonyo, M., Dzama, K., Hugo, A., Strydom, P.E., & Muchenje, V. (2011). Fatty acid composition of beef from Nguni steers supplemented with Acacia karroo leaf-meal. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 523-528. [Doi:10.1016/j.jfca.2011.01.018](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.018)
- McGeough, E. J., O'Kiely, P., & Kenny, D. A. (2010). A note on the evaluation of the acid-insoluble ash technique as a method of determining apparent diet digestibility in beef cattle. *Irish Journal of Agriculture and Food Research*, 49, 159-164.
- Miron, J., Zuckerman, E., Adin, G., Solomon, R., Shoshani, E., Nikbachat, M., Yosef, E., Zenou, A., Weinberg, Z. G., Chen, Y., Halachmi, I., & Ben-Ghedalia, D. (2007). Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Journal Animal Feed Science Technology*, 139, 23-39. <https://doi.org/10.1016/JournalAnimalFeed Science.2007.01.011>.

- Nozad, S., Ramin, A.G., Moghadam, G., Asri-Rezaei, S., Babapour, A., & Ramin, S. (2012). Relationship between blood urea, protein, creatinine, triglycerides and macro-mineral concentrations with the quality and quantity of milk in dairy Holstein cows. *Journal in Veterinary Research Forum* (Vol. 3, No. 1, p. 55). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academies Press.
- Oliver, A. L., Grant, R. J., Pedersen, J. F., & O'Rear, J. (2004). Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows *Journal Dairy Science*, 87, 637-644. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73206-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73206-3).
- Oliveira, L.B.D., Pires, A.J.V., Carvalho, G.G.P.D., Ribeiro, L.S.O., Almeida, V.V.D., & Peixoto, C.A.D.M. (2007). Losses and nutritional value of corn, Sudan sorghum, forage sorghum and sunflower silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 61-67. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>.
- Paviz, M.M., Ghoorchi, T., & Ghanbari, F. (2011). Effects of molasses and bacterial inoculants on chemical composition and aerobic stability of sorghum silage. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(4), 385-390. DOI: 10.3923/ajava.2011.385.390
- Petty, J.W., Titman, S., Keown, A.J., Martin, P., Martin, J.D., & Burrow, M. (2015). *Financial Management: Principles and Applications*. Pearson Higher Education AU
- Ran, T., Tang, S. X., Yu, X., Hou, P. Z., Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., & Wu, D.Q. (2023). Diets varying in ratio of sweet sorghum silage to corn silage for lactating dairy cows: Feed intake, milk production, blood biochemistry, ruminal fermentation, and ruminal microbial community. *Journal Dairy Science*, 104, 12600-1261. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20408>.
- Rattunde, H.F.W., Zerbini, E., Chandra, S., & Flower, D.J. (2001). Stover quality of dual-purpose sorghums: genetic and environmental sources of variation. *Field Crops Research*, 71(1), 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00136-8)
- Sajjad, A. M., Pirzada, R.H., Intazar Ali, I.A., Ali, M.S., Tahir, M.J., Samman Asif, S.A., & Sarfraz Ahmad, S.A. (2018). Identification and expression analysis of a homologue of PR-1 gene in Sorghum bicolor. *International Journal of Agriculture and Biology*, 20(2), DOI: 10.17957/IJAB/15.0639
- Sanchez-Duarte, J. I., Kalscheur, K. F., Garcia, A. D., & Contreras-Govea, F. E. (2019). Short communication: Meta-analysis of dairy cows fed conventional sorghum or corn silages compared with brown midrib sorghum silage. *Journal Dairy Science*, 102, 419-425. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14552>.
- Shaban, V. M., Bashtani, M., Fathi Nasry, M. H., & Naimipour, H. (2013). Determination of the chemical composition and degradability of sorghum silage at two growth stages, using nylon bags method. *Anima Production Research*, 2(2), 55-65.
- Soleman, S., Yip, P., Leasure, J.L., & Moon, L. (2010). Sustained sensorimotor impairments after endothelin-1 induced focal cerebral ischemia (stroke) in aged rats. *Experimental Neurology*, 222(1), 13-24. DOI: 10.1016/j.expneurol.2009.11.007
- Song, J., Fan li niu, Y., Fu, Z., Liu, Z., Li, S., & Ni, J. (2009). Comparison of productivity and feeding characteristics of two sweet sorghum cultivars. *Journal Pratacultural Science*, 4, 21-28.
- Topps, J.H., & Thompson, J.K. 1984. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. MAFF Reference Book 260. HMSO, London.
- Yang, Y., Ferreira, G., Corl, B. A., & Campbell, B. T. (2019). Production performance, nutrient digestibility, and milk fatty acid profile of lactating dairy cows fed corn silage- or sorghum silage-based diets with and without xylanase supplementation. *Journal Dairy Science*, 102, 2266-2274. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15801>.
- Zhang, S. J., Chaudhry, A. S., Osman, A., Shi, C. Q., Edwards, G. R., Dewhurst, R. J., & Cheng, L. (2015). Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. *Journal Animal Feed Science Technology*, 206, 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.006>.
- Zhao, Y. L., Dolat, A., Steinberger, Y., Wang, X., Osman, A., & Xie, G. H. (2009). Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. *Journal of Field Crop Science*, 111, 55-64. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.10.006