



Effects of Grain Type and Glucogenic Additive on Dry Matter Intake, Nutrient Digestibility, Milk Production, Milk Composition, and Rumen Parameters in Holstein Cows during the Transition Period

Hosein Kazemi¹ , Mehdi Dehghan banadaky² ✉, Hamed Khalilvandi-Behrouzgar³ , Mehdi Ganjkanlou⁴ 

1. Department of animal science, Faculty of agriculture and natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: Hosseinkazmi75@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of animal science, Faculty of agriculture and natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: dehghanb@ut.ac.ir
3. Department of animal science, Faculty of agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: h.khalilvandi@urmia.ac.ir
4. Department of animal science, Faculty of agriculture and natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: ganjkanlou@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Twenty-four dry Holstein cows were used in a 2×2 factorial arrangement with four dietary treatments during the transition period (21 days before calving and 21 days after calving). The two factors were grain type (barley vs. corn) and the inclusion of a glucogenic additive. The treatments were as follows: 1) Barley-based diet without glucogenic additive, 2) Barley-based diet with glucogenic additive, 3) Corn-based diet without glucogenic additive, 4) Corn-based diet with glucogenic additive. The prepartum and postpartum diets differed in composition. Milk yield was not affected by dietary treatments, nor were milk composition parameters (protein and fat content). However, dry matter intake (DMI) postpartum tended to increase in cows fed the barley-based diet without the glucogenic additive. Nutrient digestibility (dry matter, organic matter, crude protein, non-fibrous carbohydrates, neutral detergent fiber, and fat) did not differ significantly among treatments. Similarly, ruminal parameters postpartum were not significantly influenced by dietary treatments, except for ruminal pH, which was lower in cows fed barley-based diets compared to those fed corn-based diets ($p < 0.05$). Ruminal ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) concentration was not affected by the treatments.
Article history: Received: 14 December 2025 Received in revised form: 6 June 2026 Accepted: 6 June 2026 Published online: Autumn 2026	
Keywords: <i>Grain Type, Glucogenic Supplement, Digestibility, Holstein Cows, Transition Period.</i>	

Cite this article: Kazemi, H., Dehghan – Banadaky, M., Khalilvandi- Behrouzgar, H. & Ganjkanlou, M. (2026). Effects of Grain Type and Glucogenic Additive on Dry Matter Intake, Nutrient Digestibility, Milk Production, Milk Composition, and Rumen Parameters in Holstein Cows during the Transition Period. *Iranian Journal of Animal Science*, 57 (3), 473-491. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.405836.654104>



© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.405836.654104>

Extended Abstract

Introduction

Intensive genetic selection in dairy cows has raised milk yields but also increased nutritional challenges, especially during the transition period (21 days before and after calving). This phase involves hormonal transformations, reduced feed intake, and high energy demands, often causing negative energy balance and metabolic disorders such as ketosis, fatty liver, and mastitis. To reduce negative energy balance, research has focused on boosting glucogenic precursors, like propionate from starch and intestinal glucose absorption. Grain type matters, barley ferments faster than corn, potentially lowering intake due to higher propionate, though effects vary with diet composition. Glycerol has also been considered as a glucogenic supplement. Glycerol is absorbed or fermented to propionate, with safe dietary levels up to 10.8%. Optimizing nutrition of transitional dairy cows is key to reducing metabolic disorders and enhancing productivity. Further research is needed to balance starch sources and glucogenic additives for better metabolic health.

Material and Methods

Twenty-four multiparous Holstein cows (parity of 2.4 ± 0.4 ; BW of 647 ± 52 kg; mean $\pm$ SD) were used in a 2×2 factorial design, evaluating two factors: **grain type** (barley vs. corn) and **glucogenic additive** (GlycoPersia®: glycerol, monopropylene glycol, and Krebs cycle intermediates on a corn cob carrier) inclusion. The trial spanned 21 days pre- to 21 days post-calving. The experimental treatments were: 1) Barley-based without additive, 2) Barley-based with additive, 3) Corn-based without additive, 4) Corn-based with additive. Feed samples were collected weekly for dry matter determination. Daily milk yield was recorded, with weekly samples were analyzed for fat, protein, and lactose analysis. Rumen fluid was collected on day 21 postpartum, and analyzed for pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, and VFA parameters. Daily feed intake was recorded by weighing feed refusals each morning before fresh feed provision. The data were analyzed using SAS statistical software (version 9.4) by mixed procedure. The significant differences were analyzed by Tukey test at a 0.05%.

Results and discussion

In pre-calving experiments, glucogenic additives and starch sources had no significant effect on dry matter or nutrient intake. Conflicting results across studies may stem from grain type and additive differences affecting propionate production. Post-calving, grain type tended to affect dry matter intake, with barley-based diets showing the highest intake. This contradicts theories on propionate's negative intake effects. Some attribute higher intake to glycerol fermentation increasing butyric acid, enhancing rumen epithelium development and nutrient absorption. Discrepancies may relate to dosage, basal diet, glycerol form (liquid/solid), and purity. One study found no milk production difference between cracked wheat and ground corn in postpartum diets. Possible explanations include forage filler effects, fermentability differences, and delayed energy supply from starch. Corn provides more post-ruminal glucose, reduces propionate, and supplies more energy for milk production—yet results were inconsistent. Glucogenic additives can increase glucose for lactose and milk synthesis, but during the transition period, glucose is prioritized for immunity and tissues over the mammary gland, possibly explaining the lack of milk yield response.

In early lactation, high energy demand and low intake cause tissue mobilization, elevated NEFA, ketosis risk, and metabolic disorders. Glycerol can supply glucose, improve energy balance, and enhance health and milk yield. No significant differences were observed in digestibility of dry matter, organic matter, NDF, or starch. Finer grinding increases microbial access and ruminal fermentation but reduces intestinal passage. Variable digestibility effects of glucogenic additives may reflect differences in glycerol level, basal diet, and purity. More research is needed on optimal glycerol use across basal diets. Rumen pH is closely linked to rumination. Reduced rumination from grain substitution may lower pH. Glycerol largely escapes rumen fermentation (~75%), which may explain its lack of effect on volatile fatty acids.

Conclusions

This study evaluated grain type (corn vs. barley) and glucogenic additives during transition period in Holstein dairy cows. Results showed no significant effects on milk production, composition, prepartum DMI, rumen parameters, or nutrient digestibility. However, postpartum DMI was significantly higher with barley-based diets. The glucogenic additive showed no negative impacts. Findings suggest both grains can be used in transition diets, with barley potentially supporting better postpartum intake. Further research should investigate effects on health and reproductive indices.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Access to data is available via Hosseinkazemi75@ut.ac.ir.

Acknowledgements

The study was approved by the Ethics Committee of Tehran University of Agricultural Sciences and Natural Resources. The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

اثرات نوع غله و افزودنی گلوکوزنیک بر خوراک مصرفی، گوارش پذیری، عملکرد شیر و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در گاوهای هلستاین طی دوره انتقال

حسین کاظمی^۱ | مهدی دهقان بنادکی^۲ | حامد خلیلوندی بهروزیار^۳ | مهدی گنج خانلو^۴

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Hosseinkazmi75@ut.ac.ir

۲. گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: dehghanb@ut.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشگاه ارومیه. رایانامه: h.khalilvandi@urmia.ac.ir

۴. گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: ganjkhanelou@ut.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیرات نوع دانه غله و افزودنی گلیکوژنیک بر عملکردهای تولید شیر، فراسنجه‌های گوارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های شکمبه گاوهای شیریه هلستاین دوره انتقال بود. در این مطالعه، از ۲۴ رأس گاو شیریه دوره انتقال ($BW = 647 \pm 52$) در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل 2×2 استفاده گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: (۱) جیره بر پایه جو بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۲) جیره بر پایه جو با افزودنی گلوکوزنیک، (۳) جیره بر پایه ذرت بدون افزودنی گلوکوزنیک، و (۴) جیره بر پایه ذرت با افزودنی گلوکوزنیک. جیره‌های قبل از زایش و بعد از زایش متفاوت بود. تولید و ترکیبات شیر از قبیل پروتئین و چربی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. ماده خشک مصرفی بعد از زایش در گاوهایی که جیره بر پایه جو بدون افزودنی گلوکوزنیک دریافت کرده بودند تمایل به افزایش داشت ($P = 0.07$). گوارش‌پذیری مواد مغذی (ماده خشک، ماده آلی، پروتئین، کربوهیدرات غیر الیافی، الیاف شونده خنثی و چربی) تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشت. فراسنجه‌های شکمبه‌ای بعد از زایش تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی گاوهای مصرف‌کننده جو pH شکمبه‌ای پایین‌تری نسبت به گاوهایی که ذرت دریافت کردند، داشتند. غلظت نیترژن آمونیاکی شکمبه نیز تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. در شرایط مختلف نهاده‌ها می‌توان از حداکثر ظرفیت جایگزینی غلات در دوره انتقال استفاده کرد بدون تأثیرات منفی و همچنین می‌توان از افزودنی گلوکوزنیک بدون تأثیرات منفی در دوره انتقال برای بهبود وضعیت متابولیکی و تولید مثلی استفاده کرد.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۶ تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۵ کلیدواژه‌ها: نوع غله، افزودنی گلوکوزنیک، قابلیت هضم، گاو هلستاین، دوره انتقال.

استناد: کاظمی، حسین؛ دهقان بنادکی، مهدی؛ خلیلوندی، حامد و گنج خانلو، مهدی (۱۴۰۵). اثرات نوع غله و افزودنی گلوکوزنیک بر خوراک مصرفی، گوارش‌پذیری، عملکرد شیر و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در گاوهای هلستاین طی دوره انتقال. نشریه علوم دامی ایران، ۵۲ (۳)، ۴۹۱-۴۷۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.405836.654104>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.405836.654104>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

نیازهای تغذیه‌ای به سرعت در هفته‌های آخر آبستنی و با افزایش تولید شیر پس از زایمان افزایش می‌یابد، که منجر به کمبود انرژی می‌شود. این شرایط باعث بروز اختلالات متابولیکی، کاهش تولید شیر، عملکرد ضعیف تولیدمثلی و افزایش خطر حذف زود هنگام گاوها می‌گردد (Mikula et al., 2020). مختارزاده و همکاران (۱۴۰۳) نیز در گله‌های صنعتی ایران گزارش کردند که علل حذف عمدتاً مربوط به مشکلات تولیدمثلی و سقط جنین، ناهنجاری‌های متابولیکی و گوارشی است. دوره انتقال (۳ هفته قبل و بعد از زایش) در گاو شیری به عنوان دوره بسیار حساسی شناخته می‌شود، که نقش تعیین کننده‌ای در سلامتی، تولید و عملکرد گاوهای شیرده دارد (Cardoso et al., 2020). در این دوره انتقال به دلیل استرس و شرایط فیزیولوژیکی، گاو شیری دچار تغییرات هورمونی، افزایش نیاز رشد جنین، استرس زایش، جابه‌جایی گاوها، جایگاه زایش، تغییرات میکروارگانیزمی و بافتی شکمبه، فاکتورهای التهابی و در نهایت کاهش ماده خشک مصرفی می‌گردد (Mezzetti et al., 2019). در این دوره، کاهش ماده خشک مصرفی از یک طرف و از طرف دیگر شروع تولید شیر نیاز به تأمین انرژی را افزایش داده که منجر به تعادل منفی انرژی و لیز بافت چربی بدن می‌شود (Gross et al., 2011). این شرایط با کاهش عملکرد سیستم ایمنی و یک دوره مقاومت به انسولین برای حمایت از تولید شیر همراه می‌شود (Herd, 2000). با توجه به علاقه به افزایش در دسترس بودن گلوکز و کاهش تحرک NEFA از بافت چربی در طول دوره انتقال برای تسهیل سازگاری متابولیکی گاوها با شیردهی و کمک به به حداقل رساندن بروز اختلالات متابولیکی مرتبط با انرژی، محققان بر روی استراتژی‌هایی برای افزایش عرضه مواد مغذی گلوکوزنیک تمرکز کرده‌اند (Grummer, 1995; Overton and Waldron, 2004). تأمین انرژی مورد نیاز گاوهای شیری در این دوره معمولاً با افزایش محتوای کربوهیدرات غیر فیبری در جیره در دوره قبل از زایش یا با تجویز مکمل‌های گلوکوزنیک انجام می‌شود (NRC, 2001; Overton and Waldron, 2004). با این حال، اطلاعات کافی در مورد اثرات تغذیه سطوح بالاتر پیش‌سازهای گلوکوزنیک به جای دانه‌های غلات (ذرت و جو) به منظور تأمین یک منبع انرژی جایگزین در گاوهای شیری دوره انتقالی ناشناخته است. بنابراین، فرضیه ما بر این بود که با جایگزینی دانه‌های غلات با پیش‌ساز گلوکز میزان قابلیت دسترسی پروبیونات افزایش یافته و از این طریق با بهبود وضعیت انرژی سبب افزایش عملکرد شیردهی گاوهای شیری هلشتاین در اوایل شیردهی خواهد شد. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات مختلف دانه‌های غلات (جو در مقایسه با ذرت) و جایگزینی آن‌ها با یک منبع پیش‌ساز گلوکز بر عملکردهای تولید شیر، گوارش‌پذیری مواد مغذی، و فراسنجه‌های شکمبه‌ای گاوهای شیری هلشتاین دوره انتقال بود.

پیشینه پژوهش

در حال حاضر، روش دقیقی برای افزایش غلظت گلوکز خون به عنوان عاملی که باعث اکسیداسیون کامل NEFA می‌شود، مشخص نشده است. این موضوع به طور گسترده‌ای در مطالعات مربوط به افزودنی‌های گلوکوزنیک مورد بررسی قرار گرفته است. سوال اصلی این است که کدام پیش‌ساز گلوکز بهتر عمل می‌کند: پروبیونات تولید شده در شکمبه (از پیش‌سازها یا نشاسته) یا هضم نشاسته در روده کوچک و تبدیل آن به گلوکز، این مسئله هم از نظر علمی و هم از نظر عملی اهمیت زیادی دارد (Mikula et al., 2020). Van soest و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که گاوهایی که گلیسرول را برای ۲۱ روز قبل از زایمان دریافت می‌کردند، ۰/۸ کیلوگرم در روز ماده خشک بیشتری مصرف می‌کردند، اما گاوهایی که گلیسرول را برای ۲۱ روز پس از زایمان دریافت می‌کردند، ۰/۵ کیلوگرم در روز کمتر ماده خشک مصرف می‌کردند. گلیسرول ممکن است به طور غیر فعال از شکمبه جذب شده و جهت سنتز تری گلیسرید یا گلوکز مورد استفاده قرار گیرد (Werner et al., 2014) و یا توسط میکروب‌های شکمبه به پروبیونات و بوتیرات تخمیر شود (Reymond et al., 1994). در مطالعه‌ای که توسط Carvalho و همکاران در سال ۲۰۱۱ به عمل آمد، با گنجاندن گلیسرول تا ۱۰/۸ درصد ماده خشک جیره به این نتیجه رسیدند که گلیسرول می‌تواند بدون اینکه تأثیرات منفی بر عملکرد داشته باشد، به عنوان یک جایگزین مناسب غلات در جیره دوره انتقال گاوهای شیری مورد استفاده قرار بگیرد. علاوه بر این، گلیسرول ممکن است پتانسیل بهبود متابولیسم، بازده تبدیل خوراک و کاهش علائم کتوز را از خود نشان دهد (Kupczynski et al., 2012).

اسید پروبیونیک یکی از محصولات اصلی تخمیر میکروبی نشاسته موجود در دانه‌های غلات در شکمبه است. با این حال، نشاسته موجود در دانه‌های غلات مختلف، قابلیت تجزیه‌پذیری متفاوتی توسط میکروب‌های شکمبه دارد (Humer et al., 2018).

نوع غله بر گوارش‌پذیری نشاسته تأثیر می‌گذارد و توانایی تجزیه شکمبه‌ای آن به ترتیب جو دوسر، گندم، جو، ذرت و سورگوم از زیاد تا کم است (Oba and Kammes, 2023). محققان در ایلینویز نشان دادند که جو غلطک خورده با بخار در مقایسه با ذرت آسیاب شده بیشتر در شکمبه قابل تخمیر است و گاوهایی که با دانه جو تغذیه شده بودند، ماده خشک مصرفی را بیش از ۳ کیلوگرم در روز کاهش دادند (Oba and Kammes, 2023). در مطالعه‌ای که توسط Silveira و همکاران (۲۰۰۷) به عمل آمد نشان داده شد که تغذیه گاوهای هلشتاین در دوره ۹۰ روز شیردهی با دانه جو غلطک خورده با بخار در مقایسه با گروه دریافت‌کننده ذرت ریز آسیاب شده منجر به کاهش ماده خشک مصرفی، تولید شیر، پروتئین شیر، و لاکتوز شیر می‌شود. از آنجایی که در مطالعه مذکور، تغذیه جو با غلظت نشاسته و میزان تجزیه پذیری کمتر آن در شکمبه در مقایسه با دانه جو با غلظت نشاسته و میزان تجزیه پذیری بالاتر، مصرف ماده خشک کمتری را نشان دادند، نویسندگان به این نتیجه رسیدند که کاهش تجزیه پذیری جی در شکمبه ممکن است راهکاری مناسبی جهت بهبود عملکرد گاوهای شیری شیرده نباشد. با این حال، اثرات نوع دانه بر ماده خشک مصرفی یکسان نبوده است، و این اختلافات را می‌توان به تفاوت میزان غله در جیره، غلظت نشاسته جیره و فیبر مؤثر فیزیکی در بین مطالعات نسبت داد (Oba and Kammes-Main, 2022). برای مثال، Grings و همکاران (۱۹۹۲) و Doepel و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که نوع دانه در مطالعات خود بر ماده خشک مصرفی تأثیری نداشته است، با این حال نویسندگان مذکور در مطالعات خود از جیره‌هایی با نشاسته کم (زیر ۲۲ درصد) در تغذیه گاوهای شیری استفاده کردند.

روش نگهداری (ذرت با رطوبت بالا در مقایسه با ذرت خشک آسیاب شده) تأثیرات پایداری بر مصرف ماده خشک دارد (Oba and Kammes-Main, 2022). گاوهای تغذیه شده با ذرت با رطوبت بالا، گوارش‌پذیری نشاسته بیشتری در کل دستگاه گوارش (Krause et al., 2002; Krause and Combs, 2003) یا در شکمبه (Oba and Allen, 2003b; Allen and Ying, 2021b) نشان دادند و همه این محققان مصرف ماده خشک کمتری را برای گاوهای تغذیه شده با ذرت با رطوبت بالا گزارش کردند. با این حال، شایان ذکر است که Oba و Allen (۲۰۰۳) اثر متقابلی بین محتوای نشاسته جیره و روش نگهداری دانه ذرت گزارش کردند، که در آن ذرت با رطوبت بالا تنها در گاوهای تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته بالا (۳۲٪)، منجر به کاهش ماده خشک مصرفی شد (۲۰/۸ در مقایسه با ۲۲/۵ کیلوگرم در روز)، با این حال، چنین نتیجه‌ای در جیره حاوی نشاسته پایین (۲۱٪) مشاهده نشد. در مطالعه Oba و Allen (۲۰۰۳)، تغذیه با ذرت حاوی رطوبت بالا در مقایسه با ذرت خشک آسیاب شده، نرخ هضم بالاتری برای جیره با نشاسته بالا (۲۸/۲ در مقایسه با ۱۴/۶٪ در ساعت) در مقایسه با نوع کم نشاسته (۱۶/۸ در مقایسه با ۱۲/۲٪ در ساعت) به دست آمد که با مقادیر مصرف ماده خشک همخوانی دارد.

روش شناسی پژوهش

محل انجام آزمایش و تیمارهای آزمایشی

پژوهش حاضر در ایستگاه آموزش-پژوهشی گروه علوم دامی، متعلق به دانشگاه تهران طی تابستان و پاییز سال ۱۴۰۲ انجام شد. مواد خوراکی مورد نیاز در سه دسته شامل غلات (جو و ذرت)، محصولات فرعی (کنجاله سویا و پودر چربی و...) و مواد خشبی (سیلاژ ذرت، یونجه و کاه گندم) است. افزودنی گلوکوزنیک با نام تجاری گلاپکوپرشیا (شامل ۳۰ درصد گلیسرول، ۶ درصد پروپیونات کلسیم، ۴ درصد کلسیم فومارات و ۶۰ بلال ذرت به صورت بازنشانی شده بر بستر بلال ذرت با قابلیت رهایش پیوسته در شکمبه، محصول شرکت تعاونی دانش بنیان کیمیا دانش الوند) به صورت روزانه برای هر راس در خوراک TMR ساخته شده به خوبی مخلوط می‌شد.

در آزمایش حاضر از ۲۴ راس گاو هلشتاین با میانگین شکم زایش ۲/۴ و ۲۱ روز مانده به زایش، میانگین وزن بدن 647 ± 52 کیلوگرم استفاده شده است. گاوها در قالب طرح کاملاً تصادفی در یک آزمایش فاکتوریل 2×2 با دو عامل نوع غله و افزودنی گلوکوزنیک مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش به مدت ۲۱ روز قبل از زایش و ۲۱ روز بعد از زایش بوده و دو هفته گاوها به جایگاه عادت‌دهی شدند و در طول آزمایش متناسب با شاخص‌هایی که مد نظر بوده است، نمونه‌برداری انجام گرفته است. جیره‌ها به طور انفرادی، کاملاً مخلوط و در حد اشتها عرضه شده به صورتیکه باقیمانده خوراک به میزان ۵ درصد خوراک بوده است. گاوها

دسترسی آزاد به آب داشته‌اند. جیره‌ها به صورت TMR و دو بار در روز در ساعت ۸ صبح و ۴ بعد از ظهر در اختیار گاوها قرار گرفته است. شیردوشی گاوها بعد از زایش سه بار در روز در ساعات ۱۱، ۱۸ و ۱ انجام شده است.

ترکیبات شیمیایی

در آزمایش حاضر از هشت جیره آزمایشی که چهار جیره مربوط به گاوهای انتظار زایش بوده و چهار جیره مربوط به گاوها بعد از زایش بوده است. جیره‌ها با استفاده از نرم افزار جیره نویسی NASEM (۲۰۲۱) نوشته شده است. جیره‌های آزمایشی شامل (۱) جیره بر پایه جو بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۲) جیره بر پایه جو با افزودنی گلوکوزنیک، (۳) جیره بر پایه ذرت بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۴) جیره بر پایه ذرت با افزودنی گلوکوزنیک که در جداول ۱ و ۲ به آورده شده است.

جدول ۱. مواد خوراکی و آنالیز شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره قبل از زایش (بر اساس درصد در ماده خشک)

Table 1. Feed Ingredients and Chemical Analysis of the Experimental Diets During the Prepartum Period (as a Percentage of Dry Matter)

جیره بر پایه ذرت		جیره بر پایه جو		
بدون گلوکوزنیک	با گلوکوزنیک	بدون گلوکوزنیک	با گلوکوزنیک	
16.20	16.20	16.20	16.20	یونجه
34.50	34.50	34.50	34.50	ذرت سیلو شده
6.55	6.55	6.55	6.55	کاه گندم
2.29	4.25	21.19	21.19	جو
19.23	19.22	2.23	4.15	ذرت
8.06	8.06	6.39	6.39	کنجاله سویا
2.19	2.18	2.18	2.18	تخم پنبه
5.27	5.26	5.25	5.25	سپوس گندم
0.23	0.23	0.23	0.23	کربنات کلسیم
0.23	0.23	0.23	0.23	دی کلسیم فسفات
0.95	0.95	0.95	0.95	سولفات منیزیم
0.95	0.95	0.95	0.95	آمونیم کلراید
0.79	0.79	0.79	0.79	ویتامین و مواد معدنی
1.88	-	1.88	-	افزودنی گلوکوزنیک ^۱
0.30	0.30	0.30	0.30	توکسین بایندر ^۲
0.70	0.70	0.70	0.70	بنتونیت
				خصوصیات تغذیه‌ای جیره
1.65	1.64	1.63	1.62	انرژی خالص شیردهی (مگا کالری در کیلوگرم)
14.10	14.30	14.10	14.30	پروتئین خام (درصد ماده خشک)
32.80	32.90	34.40	34.40	الیاف شوینده خنثی (درصد ماده خشک)
39.45	39.45	38.41	38.33	کربوهیدرات غیرالیافی
28.00	29.00	26.70	27.90	نشاسته (درصد ماده خشک)
3.13	3.13	2.85	2.81	چربی (درصد ماده خشک)
0.65	0.62	0.66	0.62	کلسیم (درصد ماده خشک)
0.38	0.38	0.39	0.39	فسفر (درصد ماده خشک)
-94	-92	-103	-98	تفاوت کاتیون و آنیون (میلی اکی والان در کیلو ^۱)

^۱ افزودنی گلوکوزنیک گلاکوپرشیا (محصول شرکت کیمیا دانش الوند)

^۲ مقادیر مربوط به نرم افزار NASEM (۲۰۲۱) می‌باشد.

^۳ مکمل توکسین بایندر مگنوتوکس (محصول شرکت ویوان)

جدول ۲. مواد خوراکی و آنالیز شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره بعد از زایش (بر اساس درصد در ماده خشک)
Table 2. Feed Ingredients and Chemical Analysis of the Experimental Diets During the Postpartum Period (as a Percentage of Dry Matter)

جیره بر پایه ذرت		جیره بر پایه جو		
بدون گلوکوزنیک	با گلوکوزنیک	بدون گلوکوزنیک	با گلوکوزنیک	
21.30	21.30	21.30	21.30	یونجه
21.40	21.40	21.30	21.30	ذرت سیلو شده
3.65	3.65	3.65	3.65	تقاله چغندر قند
2.58	4.30	27.00	27.00	جو
25.30	25.30	2.52	4.20	ذرت
15.60	15.60	14.23	14.23	کنجاله سویا
2.66	2.66	2.65	2.65	تخم پنبه
1.38	1.38	1.40	1.40	پودر چربی کلسمی
0.30	0.30	0.30	0.30	کربنات کلسیم
0.30	0.30	0.30	0.30	دی کلسیم فسفات
1.07	1.07	1.07	1.07	ویتامین و مواد معدنی
1.65	-	1.65	-	افزودنی گلوکوزنیک ^۱
0.12	0.12	0.12	0.12	نمک
1.16	1.16	1.16	1.16	جوش شیرین
0.30	0.30	0.30	0.30	اکسید منیزیم
0.20	0.20	0.20	0.20	توکسین بایندر
0.80	0.80	0.80	0.80	بنتونیت
خصوصیات تغذیه‌ای جیره				
1.80	1.80	1.76	1.76	انرژی خالص شیردهی (مگا کالری در کیلوگرم)
15.70	15.90	16.00	16.10	پروتئین خام (درصد در ماده خشک)
25.60	25.60	27.60	27.60	الیاف شوینده خنثی (درصد ماده خشک)
40.90	40.90	38.90	38.96	کربوهیدرات غیر الیافی (درصد در ماده خشک)
27.30	28.10	25.00	26.10	نشاسته (درصد در ماده خشک)
4.15	4.15	3.71	3.71	چربی (درصد ماده خشک)
0.92	0.89	0.93	0.89	کلسیم (درصد ماده خشک)
0.40	0.40	0.40	0.41	فسفر (درصد ماده خشک)
314	317	303	307	تفاوت کاتیون و آنیون (میلی اکی والان در کیلوگرم)

^۱ افزودنی گلوکوزنیک گلاکوپرشیا (محصول شرکت کیمیا دانش الوند)

^۲ مقادیر مربوط به نرم افزار NASEM (۲۰۲۱) می‌باشد.

نمونه‌برداری از خوراک به صورت هفتگی برای اندازه‌گیری ماده خشک خوراک و برای اندازه‌گیری گوارش‌پذیری ظاهری خوراک پس از گذشت حداقل ۱۴ روز از مصرف خوراک قبل و بعد از زایش در طی ۵ روز متوالی و همزمان برداشت مدفوع از رکتوم در طی این روزها انجام شده است. تمامی نمونه‌های جمع‌آوری شده تا قبل از آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه داشته شده است. برای آنالیز تمامی نمونه‌ها از فریزر خارج گردیده و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای ۴۸ ساعت خشک شده است. نمونه‌های آسیاب شده برای الیاف شوینده خنثی، الیاف شوینده اسیدی، خاکستر (۵۵۰ درجه سانتی‌گراد برای ۸ ساعت) آنالیز شده است. برای اندازه‌گیری الیاف شوینده خنثی از آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت نیز استفاده شده است و نمونه‌های باقیمانده خوراک فقط برای الیاف شوینده خنثی به منظور بدست آوردن مقدار مصرف آن آنالیز شد. پروتئین خام و عصاره اتری با روش‌های ذکر شده در AOAC سال ۲۰۰۲ و به وسیله میکروکلدال (Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Sweden) و سوکسله تعیین شده است.

اندازه‌گیری تولید شیر و ترکیبات شیر

شیر تولیدی به صورت انفرادی و روزانه ثبت گردیده و نمونه شیر به صورت هفتگی گرفته شده و به آزمایشگاه وحدت اصفهان جهت آنالیز پروتئین، چربی و لاکتوز ارسال گردیده است. تولید روزانه میزان چربی، پروتئین و لاکتوز با ضرب تولید شیر روزانه در غلظت‌های آنها بدست آمده است (MilkoScan FT; Foss Analytical). تولید شیر روزانه با فرمول ۱-۲ برای محاسبه شیر تصحیح شده برای انرژی (ECM) استفاده شده است (NRC, 2001). میزان بازده تولید شیر روزانه با استفاده از نسبت شیر تولیدی به DMI به دست آمده است.

رابطه ۱ (کیلوگرم پروتئین $\times ۷/۰۴$) + (کیلوگرم تولید چربی $\times ۱۲/۹۶$) + (کیلوگرم تولید شیر $\times ۰/۳۲۴۶$) = شیر تصحیح شده بر

اساس انرژی

رابطه ۲ (کیلوگرم تولید چربی $\times ۱۶/۷$) + (کیلوگرم تولید شیر $\times ۰/۴۱۴۸$) = شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵

درصد چربی

اندازه‌گیری pH، غلظت آمونیاک و اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای

حدود ۴ ساعت پس از مصرف خوراک و در روز ۲۱ بعد از زایش، نمونه‌های مایع شکمبه با استفاده از پمپ خلاء گرفته شده است و بلافاصله با pH متر قابل حمل کالیبره شده مقدار pH نمونه به دست آمده اندازه‌گیری شد. سپس، مایع شکمبه با استفاده از پارچه کتان صاف شده و با اسید سولفوریک مخلوط شده برای آنالیز مقدار نیتروژن آمونیاکی و پروفایل اسیدهای چرب فرار در دمای منفی ۲۰ درجه‌سانتی‌گراد نگهداری شده است. برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه از کروماتوگرافی گازی (GC) با ستون شیشه‌ای (۱/۶۵ متر $\times ۴/۶$ میلی متر) فیلپس به روش اتنسیستن و بارتلی (۱۹۷۱) استفاده شده است. میزان تزریق نمونه‌ها به ستون یک میکرولیتر بوده است. دمای محل تزریق ۹ و محل تشخیص ۲۳۰ درجه‌سانتی‌گراد بوده است. دمای اولیه ستون برابر با ۱۰۰ درجه‌سانتی‌گراد بوده است که پس از آن به میزان ۵ درجه‌سانتی‌گراد در دقیقه تا دمای ۱۳۰ درجه‌سانتی‌گراد افزایش یافته است و به مدت یک دقیقه در این دما باقی‌مانده است. در نهایت دمای ستون به میزان ۹ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا دمای ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و این دما به مدت ۱۰ دقیقه به منظور خارج شدن کلیه پیک‌ها و اطمینان از تمیز شدن ستون حفظ شده است. برای تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با روش نورسنجی با استفاده از روش تغییر یافته برودریک و کانگ (۱۹۸۰) استفاده شده است. غلظت‌های مختلف محلول استاندارد با استفاده از محلول ۱۰ میلی‌مولار آمونیاک (۰/۶۶۰۷ گرم سولفات آمونیوم خشک در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال) تهیه شده و در نهایت جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۶۳۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV-Vizible Recording Spectrophotometer, UV-2100) مجهز به دستگاه مکش اتوماتیک (Sipper 260, Shimadzu) خوانده شده است.

مصرف روزانه خوراک و تعیین گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی جیره‌ها

خوراک مصرفی هر گاو روزانه ثبت شده است. به این صورت که باقی‌مانده خوراک هر روز در صبح روز بعد، جمع‌آوری و توزین شده و سپس غذای تازه داخل آخورها ریخته شده است. برای تعیین گوارش‌پذیری ظاهری جیره‌ها از روش خاکستر نامحلول در اسید (AIA) به عنوان نشانگر داخلی و غیرقابل هضم برای تعیین میزان گوارش‌پذیری ظاهری در کل دستگاه گوارش استفاده شده است. نمونه‌های مدفوع در ۵ روز متوالی جمع‌آوری و سپس ماده خشک آنها اندازه گرفته شده باهم و برای آنالیز آزمایشگاهی در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده است. برای تعیین خاکستر نامحلول در اسید، از ۲/۵ گرم نمونه خشک استفاده گردید. برای این کار، نمونه به مدت ۱۲ ساعت در کوره با دمای ۴۵۰ سانتی‌گراد گذاشته شده و سپس خاکستر به داخل بشر ریخته شده و ۵۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به آن اضافه شده است. مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه روی هیتز جوشانده شده و سپس محتویات بشر از کاغذ صافی بدون خاکستر عبور داده شده و با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب داغ ۹۰ درجه‌سانتی‌گراد جهت اسیدزدایی شست‌وشو شده است. باقی‌مانده مواد روی کاغذ صافی به همراه کاغذ صافی به بوتله‌چینی که قبلاً توزین شده است، منتقل شده و به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه‌سانتی‌گراد دوباره در کوره گذاشته شده و پس از خنک شدن توزین گردید. در نهایت خاکستر نامحلول در اسید نمونه با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شده است.

رابطه ۳ $۱۰۰ \times (\text{وزن نمونه خشک شده} / \text{وزن خاکستر پس مانده}) = \text{خاکستر نامحلول در اسید (کیلوگرم)}$

پس از تعیین خاکستر نامحلول در اسید نمونه‌های جیره و مدفوع، گوارش‌پذیری ظاهری هر ماده مغذی برای هر گاو با استفاده از رابطه ۴ بر حسب درصد محاسبه شده است.

$$\text{ظاهری ماده مغذی} = \left(\frac{\text{درصد ماده مغذی در مدفوع}}{\text{درصد ماده مغذی در خوراک}} \times 100 \right) - 100 = \text{گوارش پذیری} (\%)$$

طرح و آنالیز آماری مورد استفاده

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با آرایش فاکتوریل با دو عامل گلوکوژنیک و نوع غله و ۶ تکرار در هر تیمار آزمایشی اجرا شد. برای آنالیز داده‌های آزمایشی از نرم افزار SAS، نسخه ۹/۴ (SAS Institute Inc., Cary, NC) و رویهٔ MIXED استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها برای داده‌های تکرار شونده و داده‌هایی که یکبار اندازه‌گیری شده‌اند، با استفاده از حداقل مربعات میانگین و آزمون توکی در سطح ۵٪ انجام شد. مدل آماری طرح برای داده‌هایی که یکبار در طول انجام طرح تکرار شده بودند به صورت زیر است:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$$

که در آن μ = اثر میانگین، Y_{ijk} = اثر متقابل سطح i ام عامل a و سطح j ام عامل b ، b_j = اثر سطح J ام عامل (نوع نشاسته)، a_i = اثر سطح i ام فاکتور a (افزودنی گلائیکوپرشیا)، e_{ijk} = اثر اشتباه آزمایشی است.

برای صفاتی که در طول آزمایش به صورت تکرار شده اندازه‌گیری شدند از مدل زیر استفاده شد:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + T_f + (abT)_{ijf} + e_{ijfk}$$

T مربوط به اثر زمان (روز نمونه‌گیری) است.

یافته‌های پژوهش

ماده خشک مصرفی

همانطور که در جدول ۳ آورده شده است نوع غله و افزودنی گلوکوژنیک تاثیر معنی‌داری بر روی ماده خشک مصرفی قبل از زایش نداشته است. پروتئین خام مصرفی، الیاف شوینده خنثی مصرفی، نشاسته مصرفی، کربوهیدرات غیرالیافی مصرفی و انرژی خالص شیردهی مصرفی در قبل از زایش تفاوت معنی‌دار نبوده است. چربی مصرفی تحت تاثیر نوع غله بوده است و برای جیره‌هایی که بر پایه ذرت بوده‌اند مقادیر بیشتری است. ماده خشک مصرفی بعد از زایش تحت تاثیر غله تمایل به افزایش داشته و میزان مصرف ماده خشک برای غله جو نسبت به غله ذرت بیشتر بوده است و افزودنی گلوکوژنیک تاثیر معنی‌داری بر روی مصرف ماده خشک نداشته است. اثرات بر روی ماده خشک مصرفی بر روی پروتئین خام مصرفی و الیاف شوینده خنثی نیز مشاهده شده است و مقادیر بالاتری برای غله جو مشاهده شده است. اثرات متقابل نوع غله و افزودنی گلوکوژنیک تفاوت معنی‌داری بر روی ماده خشک مصرفی و اجزای خوراک مصرفی نداشته است.

جدول ۳. تاثیر تیمارهای آزمایشی بر روی میزان مصرف ماده خشک و اجزای خوراک.

Table 3. Effects of the Experimental Treatments on Dry Matter Intake and Feed Components.

P-Value ^۲				تیمار ^۱			
A*G	G	A	SEM ^۳	۴	۳	۲	۱
قبل از زایش (کیلوگرم در روز)							
0.25	0.73	0.79	0.44	13.39	12.72	12.75	13.12
0.25	0.73	0.79	0.06	1.91	1.81	1.82	1.87
0.23	0.66	0.002	0.01	0.41	0.39	0.35	0.36
0.24	0.72	0.17	0.12	3.88	3.69	3.55	3.66
0.26	0.75	0.36	0.15	4.40	4.18	4.37	4.50
0.24	0.72	0.27	0.17	5.28	5.02	4.88	5.03
0.25	0.72	0.42	0.71	22.10	20.99	20.66	21.26
بعد از زایش (کیلوگرم در روز)							
0.67	0.24	0.05	0.50	14.36	14.76	15.21	16.04
0.67	0.24	0.02	0.08	2.28	2.34	2.44	2.58
0.73	0.25	0.23	0.02	0.59	0.61	0.56	0.59
0.71	0.25	0.92	0.13	4.02	4.15	3.97	4.18
0.64	0.24	<0.0001	0.13	3.67	3.67	4.19	4.42
0.69	0.25	0.56	0.20	5.87	6.03	5.91	6.24
0.68	0.24	0.18	0.89	25.86	16.56	26.77	28.24

۱. جیره‌های آزمایشی شامل (۱) جیره بر پایه جو بدون افزودنی گلوکوژنیک، (۲) جیره بر پایه جو با افزودنی گلوکوژنیک، (۳) جیره بر پایه ذرت بدون افزودنی گلوکوژنیک،

(۴) جیره بر پایه ذرت با افزودنی گلوکوژنیک.

۲. میانگین اشتباه استاندارد

۳. اثرات هر فاکتور و برهمکنش فاکتورها (A: اثر غله، G: اثر گلوکوژنیک، A*G: اثر برهمکنش غله و گلوکوژنیک)

عملکرد

نتایج مربوط به تولید شیر و ترکیبات شیر در جدول ۴ آورده شده است. میزان تولید شیر و ترکیبات آن تحت تاثیر نوع غله و افزودنی گلوکوزنیک قرار نگرفته است.

جدول ۴. تاثیر جیره‌های آزمایشی بر روی تولید شیر، و ترکیبات شیر

Table 4. Effects of the Experimental Diets on Milk Production and Milk Composition

P-Value ^۱				تیمار ^۲				
A*G	G	A	SEM ^۳	۴	۳	۲	۱	
0.29	0.56	0.62	1.61	27.22	29.99	29.85	29.01	تولید شیر (Kg/d)
0.63	0.86	0.89	0.36	4.11	4.00	3.98	4.23	چربی شیر (%)
0.32	0.23	0.61	0.11	3.38	3.11	3.20	3.17	پروتئین شیر (%)
0.63	0.86	0.89	0.10	1.19	1.16	1.15	1.22	چربی (Kg/d)
0.52	0.11	0.37	0.03	1.00	0.93	0.95	0.92	پروتئین (Kg/d)
0.92	0.71	0.76	1.76	32.31	31.83	31.69	32.56	شیر تصحیح شده بر اساس انرژی (Kg)
0.92	0.71	0.76	1.77	31.32	31.83	31.69	32.56	شیر تصحیح شده بر اساس ۴ درصد چربی (Kg)
0.69	0.89	0.70	0.05	0.54	0.51	0.54	0.56	ضریب تبدیل

۱. جیره‌های آزمایشی شامل (۱) جیره بر پایه جو بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۲) جیره بر پایه جو با افزودنی گلوکوزنیک، (۳) جیره بر پایه ذرت بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۴) جیره بر پایه ذرت با افزودنی گلوکوزنیک.

۲. میانگین اشتباه استاندارد

۳. اثرات هر فاکتور و برهمکنش فاکتورها (A: اثر غله، G: اثر گلوکوزنیک، A*G: اثر برهمکنش غله و گلوکوزنیک)

گوارش‌پذیری

نتایج مربوط به گوارش‌پذیری برای گاوها قبل از زایش و بعد از زایش در جدول ۵ آورده شده است. در گاوهای دوره قبل از زایش گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی، الیاف شوینده خنثی و کربوهیدرات غیر الیافی تحت تاثیر نوع غله، افزودنی گلوکوزنیک و اثرات متقابل آن‌ها نبود؛ با این حال، گوارش‌پذیری پروتئین خام و چربی خام در گروه دریافت کننده افزودنی گلوکوزنیک تمایل به افزایش داشت. برای گاوها در دوره بعد از زایش گوارش‌پذیری ماده خشک و اجزای آن تحت تأثیر نوع غله، افزودنی گلوکوزنیک و اثرات متقابل آن نبود.

جدول ۵. تاثیر جیره‌های آزمایشی بر روی قابلیت هضم ماده خشک خوراک و سایر اجزای خوراک.

Table 5. Effects of the Experimental Diets on the Digestibility of Dietary Dry Matter and Other Feed Components

P-Value ^۱				تیمار ^۲				
A*G	G	A	SEM ^۳	۴	۳	۲	۱	
0.40	0.17	0.35	2.90	67.64	61.01	67.96	66.33	گوارش‌پذیری خوراک (قبل از زایش)
								ماده خشک
0.61	0.12	0.40	2.85	71.04	64.82	72.04	68.80	ماده آلی
0.15	0.09	0.14	2.64	73.29	64.46	73.35	72.61	پروتئین خام
0.70	0.22	0.54	4.55	54.34	46.76	55.41	51.36	الیاف شوینده خنثی
0.45	0.06	0.82	2.19	77.83	71.77	76.64	73.97	چربی خام
0.16	0.76	0.97	2.37	80.76	77.95	77.14	81.42	کربوهیدرات غیر الیافی
0.80	0.90	0.93	4.42	72.28	72.97	73.06	72.48	گوارش‌پذیری خوراک (بعد از زایش)
								ماده خشک
0.84	0.87	0.98	4.41	74.21	75.81	75.23	75.01	ماده آلی
0.97	0.73	0.94	4.11	74.88	76.42	74.71	75.01	پروتئین خام
0.76	0.72	0.98	6.66	53.78	58.24	55.74	56.07	الیاف شوینده خنثی
0.14	0.99	0.51	3.06	80.96	85.77	83.70	78.89	چربی خام
0.83	0.80	0.93	3.60	83.91	82.91	73.73	83.98	کربوهیدرات غیر الیافی

۱. جیره‌های آزمایشی شامل (۱) جیره بر پایه جو بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۲) جیره بر پایه جو با افزودنی گلوکوزنیک، (۳) جیره بر پایه ذرت بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۴) جیره بر پایه ذرت با افزودنی گلوکوزنیک.

۲. میانگین اشتباه استاندارد

۳. اثرات هر فاکتور و برهمکنش فاکتورها (A: اثر غله، G: اثر گلوکوزنیک، A*G: اثر برهمکنش غله و گلوکوزنیک)

فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای

شاخص‌های شکمبه‌ای در جدول ۶ آورده شده است. pH مایع شکمبه تحت تاثیر نوع غله قرار گرفت، که در این میان و برای غله جو کمتر از ذرت بود. سایر فراسنجه‌های شکمبه‌ای نظیر نیتروژن آمونیاکی شکمبه‌ای و اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای تحت تاثیر نوع غله، افزودنی گلوکوزنیک و اثرات متقابل آن‌ها قرار نگرفت.

جدول ۵. تاثیرات جیره‌های آزمایشی بر روی pH و فراسنجه‌های شکمبه‌ای.

Table 5. Effects of the Experimental Diets on Rumen pH and Rumen Parameters.

P-Value ^۱				تیمار ^۲				فراسنجه
A*G	G	A	SEM ^۳	۴	۳	۲	۱	
0.37	0.96	0.04	0.163	6.80	6.95	6.57	6.56	pH مایع شکمبه
0.52	0.94	0.13	1.334	9.20	9.99	7.82	6.82	نیتروژن آمونیاکی شکمبه‌ای (mg/dl)
								اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای (درصد)
0.76	0.76	0.53	1.54	74.18	73.16	71.63	72.62	اسید استیک
0.87	0.92	0.93	1.45	20.38	20.76	20.75	20.65	اسید پروپیونیک
0.80	0.73	0.47	0.48	3.10	3.05	3.62	3.31	اسید بوتیریک
0.86	0.36	0.55	0.20	1.87	2.04	1.97	2.21	اسید ایزو بوتیریک
0.99	0.22	0.59	0.21	0.77	0.48	0.90	0.60	اسید والریک
0.58	0.28	0.40	0.29	0.67	0.48	1.11	0.58	اسید ایزوالریک
								اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای (mM)
0.46	0.15	0.60	9.85	74.06	81.53	61.57	83.66	اسید استیک
0.77	0.57	0.85	3.97	20.55	21.61	18.67	22.06	اسید پروپیونیک
0.78	0.18	0.99	0.35	1.76	2.16	1.67	2.26	اسید ایزوبوتیریک
0.82	0.56	0.68	0.76	3.10	3.38	3.25	3.86	اسید بوتیریک
0.80	0.93	0.22	0.15	0.61	0.56	0.77	0.80	اسید ایزو والریک
0.67	0.53	0.41	0.07	0.60	0.58	0.70	0.61	اسید والریک
0.53	0.22	0.70	14.03	100.72	109.86	86.61	113.29	کل اسیدهای چرب فرار

۱. جیره‌های آزمایشی شامل (۱) جیره بر پایه جو بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۲) جیره بر پایه جو با افزودنی گلوکوزنیک، (۳) جیره بر پایه ذرت بدون افزودنی گلوکوزنیک، (۴) جیره بر پایه ذرت با افزودنی گلوکوزنیک.

۲. میانگین اشتباه استاندارد

۳. اثرات هر فاکتور و برهمکنش فاکتورها (A: اثر غله، G: اثر گلوکوزنیک، A*G: اثر برهمکنش غله و گلوکوزنیک)

بحث

ماده خشک مصرفی

در آزمایش حاضر استفاده از مواد گلوکوزنیک و منابع نشاسته‌ای پیش از زایش تأثیر معنی‌داری بر روی ماده خشک مصرفی و سایر اجزای مواد مغذی مصرفی مشاهده نشده است، که ناهمسو با برخی آزمایش‌ها (Silveira et al., 2007؛ Anil and Forbes, 2009؛ Albornoze et al., 2019؛ Oba and Kammes, 2023) و همسو با برخی از مطالعات می‌باشد (Albornoze et al., 2024؛ Grings et al., 1992؛ Doepel et al., 2009؛ Garnsworthy). همکاران (۲۰۰۹) تأثیر محل هضم نشاسته را بر روی هورمون‌های متابولیکی گاوها بررسی کردند و مشاهده کردند محل هضم نشاسته نیز بر روی ماده خشک مصرفی تأثیر معنی‌داری نداشته است که با نتایج به دست آمده همسو است. نتایج متضاد در مطالعات مختلف ممکن به دلیل نوع غله و افزودنی گلوکوزنیک که منجر به تولید مقادیر متفاوتی از اسید پروپیونیک می‌کند، باشد. در مطالعه به عمل آمده توسط Herrera-Saldana و همکاران (۱۹۹۰) و Yang و همکاران (۱۹۹۷) تغذیه گاوهای شیری با جو با نرخ بالای تخمیر شکمبه‌ای نشاسته در مقایسه با ذرت، منجر به کاهش ماده خشک مصرفی گردید و نویسندگان مذکور عنوان کردند که این امکان وجود دارد که جیره‌های حاوی جو بالا مسبب ماده خشک مصرفی در گاوهای شیری باشد. همچنین، Milkula و همکاران (۲۰۱۱) منابع متفاوتی از غله به لحاظ تخمیر شکمبه‌ای (تریتیکاله و ذرت) در دوره انتقال بررسی کردند و عدم تفاوت معنی‌داری بر روی ماده خشک مصرفی را مشاهده نمودند. پس از زایش تأثیر نوع غله بر روی ماده خشک مصرفی تمایل به معنی‌داری داشته‌ترین میزان مربوط به جیره بر پایه جو بوده است که با مطالعاتی که نظریه تأثیر منفی اسید پروپیونیک بر ماده خشک مصرفی را مطرح می‌کنند، ناهمسو بوده است. Albornoze و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی اثر نوع غله (دانه ذرت با رطوبت بالا و دانه ذرت ریز آسیاب شده، هر کدام به میزان ۲۲ و ۲۸٪) بر روی گاوهای تازه‌زا، تفاوت معنی‌داری در ماده خشک مصرفی مشاهده نکردند.

در مطالعه حاضر، افزودنی گلوکوزنیک تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی دوره انتقال نداشت. در توافق با یافته‌های ما، Carvalho و همکاران (۲۰۱۱) نیز با جایگزینی گلیسرول با ذرت پر رطوبت تفاوتی در ماده خشک مصرفی مشاهده نکردند. همچنین، در مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی مشاهده گردید (Bodarski et al., 2005؛ Chang et al., 2007). با اینحال، در مطالعات انجام شده توسط Van Soest و همکاران (۲۰۲۳) و Ogborn و همکاران (۲۰۰۴)، استفاده از گلیسرول در دوره قبل از زایش سبب افزایش ماده خشک مصرفی گردید که با نتایج به دست آمده ناهمسو بوده است. برخی از پژوهشگران دلیل افزایش ماده خشک مصرفی را اینطور بیان نمودند که تخمیر گلیسرول در شکمبه موجب افزایش غلظت اسید بوتیریک در شکمبه شده که در اپیتلیوم شکمبه جذب و استفاده می‌شود و از این طریق رشد و توسعه دیواره را بهبود بخشیده که در نهایت سبب افزایش جذب مواد مغذی گردد (Boyd et al., 2013؛ Van Soest et al., 2023؛ Dirksen et al., 1985؛ Schroder and Sudekum, 1999). از طرفی هم، Defarine و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه خود اثر کاهشی گلیسرول بر روی ماده خشک مصرفی گزارش کردند. این نتایج نشان می‌دهد جایگزینی گلیسرول با منابع غلات می‌تواند اثرات متفاوتی را بر ماده خشک مصرفی داشته باشد. دلیل این تناقضات بین مطالعات به عمل آمده می‌تواند به عواملی نظیر میزان مصرف، تفاوت در جیره پایه، روش استفاده (مایع یا جامد) و خلوص گلیسرول نسبت داده شود (Van Soest et al., 2023).

عملکرد

Mirzaei-Alamouti و همکاران (۲۰۲۳) نوع غله و سطح نشاسته را در دوره انتقال گاوهای شیرده بررسی کردند و تفاوت معنی‌داری به لحاظ تولید شیر بین جیره‌های آزمایشی گزارش نکردند که با نتایج مطالعه حاضر همسو است. از سوی دیگر، در آزمایشی جداگانه، Albornoze و همکاران (۲۰۲۴) نوع نشاسته غلات (گندم شکسته در مقایسه با ذرت آسیاب شده) در جیره گاوهای بعد از زایش بررسی کردند و تأثیری بر تولید شیر مشاهده نکردند و دلایل احتمالی مشاهدات را مرتبط با اثر پرکنندگی علوفه تفاوت در قابلیت تخمیر منبع نشاسته‌ای و میزان تأخیر در تأمین انرژی حاصل از تخمیر نشاسته گزارش کردند. در مطالعه‌ای که توسط Albornoze و همکاران (۲۰۱۸) منابع نشاسته با تخمیر شکمبه‌ای متفاوت بررسی شد تولید شیر در گروهی که تخمیر پایین‌تری داشته‌اند بیشتر بود که با نتایج به دست آمده ناهمسو بوده است. ذرت به عنوان یک غله با تخمیر شکمبه‌ای متعادل نسبت به گندم و جو می‌تواند گلوکز پس شکمبه‌ای بیشتری تأمین کند و میزان تولید پروپیونات حاصل از تخمیر و اثرات منفی آن بر ماده خشک مصرفی را کاهش دهد و انرژی بیشتری برای تولید شیر فراهم آورد در حالیکه با نتایج به دست آمده ناهمسو بوده است (Albornoze و همکاران، ۲۰۲۴). در توافق با یافته‌های ما، Ferraretto و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه متاآنالیز خود که در مورد مقایسه انواع منابع غلات بر تولید شیر و ترکیبات شیر بود، تفاوت معنی‌داری را به لحاظ تولید و ترکیبات شیر مشاهده نکردند. بدیهی است که استفاده از افزودنی گلوکوزنیک در جیره می‌تواند موجب افزایش قابلیت دسترسی گلوکز برای سنتز لاکتوز و در نهایت سنتز شیر شود. اما، از آنجایی که در دوره انتقال یک وضعیت رقابتی بین سیستم ایمنی و تولید شیر جهت تأمین انرژی برای هر کدام از مسیرها وجود دارد، اولویت استفاده از گلوکز برای سیستم ایمنی و بافت‌های بدنی بوده تا بافت پستانی و تولید شیر، که می‌تواند موجب عدم تأثیر معنی‌دار بر روی شیر تولیدی در این دوره باشد (Habel et al., 2020).

به طور کلی، استفاده از گلیسرول در جیره گاوهای دوره انتقال منجر به اثرات متفاوتی بر تولید شیر در زمان پس از زایش شده است. به عنوان مثال، چندین مطالعه نشان داده‌اند که مکمل گلیسرول با بهبود تعادل انرژی در گاوهای تازه‌زا منجر به افزایش تولید شیر می‌شود (van soest et al., 2023؛ Lomander et al., 2012؛ Bodarski et al., 2005). در حالیکه برخی مطالعات اثر کاهش تولید شیر را گزارش کردند (Paiva et al., 2016؛ Boyd et al., 2013). Ezequiel et al., 2015؛ Khalili et al., 1997؛ Carvalho et al., 2011؛ Kafilzade et al., 2016). در دوره اوایل پس از زایش گاوها به دلیل نیاز انرژی بالا و پایین بودن میزان مصرف خوراک، شروع به تجزیه بافتی کرده و NEFA خون را افزایش می‌دهد که می‌تواند منجر به کتوز و اختلالات متابولیکی شود. در چنین شرایطی، گلیسرول به دلیل توانایی آن در تأمین گلوکز می‌تواند به جبران کمبود انرژی کمک کرده و تعادل انرژی را بهبود بخشد، که نتیجه آن افزایش سلامت گاو و افزایش تولید شیر خواهد بود (Puvaca et al., 2024). Ezequiel و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از گلیسرول کاهش درصد چربی شیر را مشاهده کردند که این افت چربی را مرتبط با افزایش نسبت پروپیونات به استات به دلیل تخمیر گلیسرول دانسته‌اند.

گوارش‌پذیری

Ferraretto و همکاران (۲۰۱۳) مشاهدات همسو داشته و تفاوت معنی‌داری در گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی، الیاف شوینده خنثی و نشاسته گزارش نکردند. Ferraretto و همکاران (۲۰۱۳) سه نوع غله (جو، ذرت و گندم) را بررسی کردند که با وجود تفاوت معنی‌دار در هضم شکمبه‌ای نشاسته (به ترتیب ۷۰/۶، ۵۴/۱ و ۷۸/۹) گوارش‌پذیری در کل دستگاه گوارش تفاوت معنی‌دار نداشته است (به ترتیب ۹۲/۸، ۹۲/۶ و ۹۳/۹). Firkins و همکاران (۲۰۰۱) نیز مشاهدات همسو در تأثیر نوع غله بر گوارش‌پذیری خوراک داشتند و نتایج به دست آمده را به نوع فرآوری غلات مرتبط دانسته‌اند. به طور کلی، بر اساس اظهار نظر Huntington (۱۹۹۷)، هرچه اندازه ذرات در نتیجه آسیاب کردن ریزتر باشد، احتمال تخریب پوشش پروتئینی غلات بالاتر و میزان سطح قابل دسترس برای میکروب‌های شکمبه افزایش یافته که در نهایت سبب نرخ تخمیر بالاتر در شکمبه و میزان عبور به روده کم می‌شود. Albornoze و همکاران (۲۰۲۴) گوارش‌پذیری نشاسته ذرت و گندم را در ۷ ساعت اولیه به ترتیب ۵۸/۸ و ۶۵/۸ گزارش کردند. Reynolds و همکاران (۲۰۰۱) اثرات جو و ذرت را بررسی کرده و مشاهده کردند که با جایگزینی جو به جای ذرت (۹۰ درصد جایگزینی) گوارش‌پذیری نشاسته در کل دستگاه گوارش کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش اندازه ذرات ذرت (۰/۷، ۱/۸ و ۳/۷ میلی‌متر) میزان گوارش‌پذیری به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که نشان دهنده تأثیر اندازه ذرات ذرت در نتایج به دست آمده است. Gao و همکاران (۲۰۱۶) تفاوت ۵ درصدی در ۷ ساعت تخمیر شکمبه‌ای ذرت با تغییر اندازه ذرات (بالاتر و پایین‌تر از ۷۵۰ میکرون) گزارش کردند، در حالیکه برای جو تفاوت خیلی بالاتر بوده و ۲۱/۶ درصد افزایش تخمیر شکمبه‌ای در ۷ ساعت برای اندازه کوچک‌تر گزارش شده است. Khorasani و همکاران (۲۰۰۱) جایگزینی جو و ذرت را در گاوهای شیرده پرتولید بررسی کردند و تأثیر معنی‌داری بر روی گوارش‌پذیری ماده خشک ماده آلی، الیاف حاصل از شوینده خنثی، الیاف حاصل از شوینده اسیدی و سلولز گزارش نکردند، که با نتایج به دست آمده همسو می‌باشد؛ با اینحال، گوارش‌پذیری پروتئین خام با جایگزینی ذرت به جای جو کاهش پیدا کرد که در تضاد با یافته‌های ما است. Demirci و همکاران (۲۰۲۴) تخمیر سه نوع غله (ذرت، جو و گندم) را بررسی کردند و گزارش کردند که میزان تخمیر گندم و جو در ساعات اولیه بیشتر از ذرت بوده و در ۱۲ ساعت غله جو به طور کامل تخمیر می‌شود، ولی گوارش‌پذیری در کل دستگاه گوارش را بررسی نکردند.

در مطالعه حاضر، افزودنی گلوکوژنیک اثر معنی‌داری بر روی گوارش‌پذیری بخش‌های مختلف خوراک نداشته تنها بر روی گوارش‌پذیری چربی قبل از زایش متمایل به افزایش بوده است که نتایج همسو با برخی آزمایشات (Kafilzade et al., 2016; Schroder and Sudekum, 1999; Chibisa et al., 2008; Boyd et al., 2012) و ناهمسو با نتایج (Paiva et al., 2016; Saleem et al., 2018; Matras et al., 2012; Dankin et al., 2008; Dankin et al., 2010; Zacaroni et al., 2022) بوده است که اثر افزایش گوارش‌پذیری را برای ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و ماده آلی گزارش کردند. اثرات متناقض افزودنی گلوکوژنیک بر روی گوارش‌پذیری خوراک مواد مغذی می‌تواند به تأثیرات متفاوت این افزودنی بر فعالیت میکروب‌های شکمبه و تأمین انرژی باشد؛ با اینحال، نتایج به دست آمده می‌تواند تحت تأثیر سطح گلیسرول، نوع جیره پایه و خلوص گلیسرول باشد. از این رو، برای دستیابی به نحوه استفاده بهینه گلیسرول نیاز به تحقیقات بیشتر و توجه ویژه به جیره‌های پایه در آزمایشات می‌باشد (Kholif et al., 2019).

فراسنجه‌های شکمبه‌ای

pH شکمبه به میزان زیادی تحت تأثیر رفتار نشخوار در گاوها می‌باشد (Albornoze et al., 2024). Albornoze و همکاران (۲۰۲۴) با جایگزینی گندم به جای ذرت کاهش pH شکمبه‌ای را مشاهده کرده و عنوان کردند که این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش مدت زمان نشخوار ناشی از جایگزینی این منابع غلات باشد. در توافق با یافته‌های ما، Chen و همکاران (۲۰۲۴) اثر معنی‌داری از نوع نشاسته (سریع تجزیه پذیر در مقایسه با کند تجزیه) بر روی pH شکمبه گزارش نکردند. هم چنین، Demirci و همکاران (۲۰۲۴) اثرات غلات مختلف (گندم، جو و ذرت) را بررسی کردند و تأثیر معنی‌داری بر روی pH شکمبه گاوها در ساعات مختلف پس از خوراک‌دهی مشاهده نکردند. در مطالعه Demirci و همکاران (۲۰۲۴) مقادیر pH شکمبه در تمام گروه‌ها در ابتدای آزمایش در سطح خنثی (۷/۰۰ تا ۷/۰۹) باقی ماند، در ساعت ۶ پس از تغذیه به کمترین مقدار خود رسید (۶/۴۸ تا ۶/۱۰) رسید، سپس روند صعودی به خود گرفت به طوری که در ساعت ۱۰ پس از تغذیه تقریباً به مقادیر اولیه (۶/۸۴ تا ۶/۸۶) نزدیک شد. در مطالعات دیگر، مقادیر pH شکمبه در گاوهایی که با جیره‌های مبتنی بر ذرت تغذیه شده بودند، در ساعت‌های ۲ و ۴ پس از تغذیه به طور عددی بالاتر از دو گروه دیگر بود که نشان‌دهنده تخمیر کندتر نشاسته در شکمبه این گروه است، ولی تفاوت معنی‌داری نبود (Oetzel, 2004; Khafipour et al., 2009; Morgante et al., 2009; Danscher et al., 2015).

افزودنی گلوکوژنیک نیز تأثیر معنی‌داری بر روی pH شکمبه نداشته است که همسو با نتایج برخی مطالعات (Boyd et al., 2012; Khalili et al., 2022; Zacaroni et al., 2017; Paiva et al., 2017; Kristensen et al., 2007; Defarine et al., 2004; Wang et al., 2009; al., 1997; Shin et al., 2012; Ariko et al., 2015; Carvalho et al., 2012) می‌باشد. به صورت کلی، استفاده از گلیسرول تأثیرات متفاوتی بر شاخص pH شکمبه‌ای داشته است؛ به طوری که، برخی مطالعات کاهش pH شکمبه (van Cleef et al., 2018) و برخی نیز افزایش در مقادیر را گزارش کرده‌اند (Mach et al., 2009; Kijora et al., 1998). دلایل احتمالی تفاوت در نتایج می‌تواند مربوط به مقدار افزودنی که از ۲۵۲ گرم در روز تا ۴۵۰ گرم در روز متغیر بوده و عامل دوم مربوط به روش استفاده است. به این صورت که در برخی مطالعات به صورت مخلوط در TMR بوده و برخی به صورت مایع خوراندن شده است که تأثیر افزودنی به صورت مایع بیشتر بوده است (Kholif, 2019).

نیترژن آمونیاکی شکمبه‌ای نیز تحت تأثیر افزودنی گلوکوژنیک، نوع غله و اثر متقابل آن‌ها قرار نگرفته است. اثر نوع غله همسو با Khorasani و همکاران (۲۰۰۱) بوده است، در حالی که Chen و همکاران (۲۰۲۴) با جایگزینی گندم به جای ذرت کاهش میزان آمونیاک شکمبه‌ای را گزارش کردند و دلیل آن را کاهش کمبود کربوهیدرات قابل تخمیر در شکمبه برای تولید پروتئین میکروبی دانسته‌اند. اثر افزودنی گلوکوژنیک بر آمونیاک شکمبه‌ای تولید پروتئین میکروبی در مطالعات مختلف متغیر بوده است (Kholif et al., 2019). Arico و همکاران (۲۰۱۵) اثر افزایشی را گزارش کردند، در حالی که آزمایشات دیگر اثر کاهشی را گزارش کرده‌اند (Defarine et al., 2004; Wang et al., 2009; Shin et al., 2012; Boyd et al., 2012; Paiva et al., 2016). دلایل احتمالی نتایج متناقض می‌تواند ترکیب جیره پایه، ماده خشک مصرفی و میزان افزودنی گلوکوژنیک باشد.

نسبت اسیدهای چرب فرار تحت تأثیر افزودنی گلوکوژنیک، نوع غله و اثر متقابل آن‌ها قرار نگرفت. Demirci و همکاران (۲۰۲۴) تفاوت معنی‌داری در اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای در ساعات مختلف برای سه نوع غله (ذرت، جو و گندم) گزارش نکردند؛ با این حال، تنها برای اسید استیک در ۴ ساعت پس از خوراک معنی‌دار بوده است و بیشترین میزان مربوط به جو بوده است. Khorasani و همکاران (۲۰۰۱) نیز تفاوت معنی‌داری برای اسیدهای چرب فرار شکمبه برای جیره‌های بر پایه جو و ذرت گزارش نکردند به جز اسید استیک که با جایگزینی ذرت کاهش یافت و در مقابل اسید بوتیریک روند افزایشی به خود گرفت. Chen و همکاران (۲۰۲۴) با افزایش میزان گندم در جیره به جای ذرت، افزایش نسبت اسید پروپیونیک در مایع شکمبه را مشاهده کردند. اثر افزودنی گلوکوژنیک که عمدتاً از گلیسرول بوده است با توجه به فرار عمده گلیسرول از شکمبه (حدوداً ۷۵ درصد) و عدم تخمیر آن در شکمبه می‌تواند دلیل احتمالی بی اثر بودن آن بر اسیدهای چرب فرار شکمبه باشد (Werner et al., 2012). با این وجود، Kijora و همکاران (۱۹۹۸) کاهش نسبت اسید استیک به اسید پروپیونیک را با مصرف گلیسرول گزارش کردند که Paiva و همکاران (۲۰۱۶) نیز نتایج همسو داشتند. Kristensen و همکاران (۲۰۰۷) افزایش اسید بوتیریک و کاهش اسید استیک را با افزودن گلیسرول مشاهده کردند، در حالی که اسید پروپیونیک تحت تأثیر قرار نگرفت. Boyd و همکاران (۲۰۱۳) با افزودن گلیسرول، کاهش در نسبت مولی اسید استیک و افزایش همزمان اسید پروپیونیک و اسید بوتیریک را عنوان کردند. Defarine و همکاران (۲۰۰۴) قبل از زایش تفاوت معنی‌داری با افزودن گلیسرول مشاهده نکردند ولی بعد از زایش با افزودن گلیسرول سهم اسید پروپیونیک به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج متناقض نشان می‌دهد که اثر افزودنی گلوکوژنیک و نوع غله تحت تأثیر میزان افزودنی، خلوص افزودنی، جیره پایه، الیاف مؤثر جیره، نوع غله و روش فرآوری آن بستگی دارد (Kholif, 2019; Krogstad and Bradford, 2023).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج به دست آمده از آزمایش حاضر نشان داد که نوع غله (ذرت و جو) و افزودنی گلوکوژنیک تأثیر معنی‌داری بر مقدار تولید شیر، ترکیبات شیر، ماده خشک مصرفی قبل از زایش، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و گوارش‌پذیری مواد مغذی ندارد. در دوره بعد از زایش، استفاده از دانه جو به عنوان منبع نشاسته سبب افزایش در مقدار ماده خشک مصرفی گردید. با توجه به اینکه بر اساس بررسی مطالعات مختلف، استفاده از منابع مختلف نشاسته و نیز افزودنی گلوکوژنیک تأثیرات مختلفی بر عملکردهای گاوهای شیری در دوره انتقال داشته است، پیشنهاد می‌گردد که استفاده از این منابع به صورت جداگانه و در دوزهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و اثرات آنها علاوه بر فراسنجه‌های تولیدی، بر فراسنجه‌های تولیدمثلی و نیز پلاسمایی نیز بررسی شود.

REFERENCES

- Abeyta, M. A., et al. "Effects of abomasally infused rumen fluid from corn-challenged donor cows on production, metabolism, and inflammatory biomarkers in healthy recipient cows." *Journal of Dairy Science* 106.6 (2023): 4336-4352. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22809>
- AbuGhazaleh, A. A., S. Abo El-Nor, and S. A. Ibrahim. "The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters." *Journal of animal physiology and animal nutrition* 95.3 (2011): 313-319. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01056.x>
- Albornoz, Rodrigo I., Victoria M. Russo, Christie KM Ho, Khageswor Giri, Michael S. Allen, Adam L. Lock, William J. Wales, and Matthew I. Knight. "Effects of Concentrate Feed Starch Source Offered Twice a Day on Feed Intake and Milk Production of Cows During the Early Postpartum Period." *Animals* 14, no. 24 (2024): 3622. <https://doi.org/10.3390/ani14243622>
- Akhtar, M. U., et al. "Effects of prepartum dietary protein level and feed intake on postpartum lactation performance and feeding behavior of multiparous Holstein dairy cows." *Journal of Dairy Science* 104.9 (2021): 9886-9901 <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20218>
- Albornoz, R. I., K. J. Harvatiné, and M. S. Allen. "Diet starch concentration and starch fermentability affect energy intake and energy balance of cows in the early postpartum period." *Journal of dairy science* 102.6 (2019): 5161-5171. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15634>
- Allen, Michael S. "Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle." *Journal of dairy science* 83.7 (2000): 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Anil, M. H., and J. M. Forbes. "The roles of hepatic nerves in the reduction of food intake as a consequence of intraportal sodium propionate administration in sheep." *Quarterly Journal of Experimental Physiology: Translation and Integration* 73.4 (1988): 539-546. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.1988.sp003174>
- Ariko, T., et al. "The effect of replacing barley with glycerol in the diet of dairy cows on rumen parameters and milk fatty acid profile." *Animal Feed Science and Technology* 209 (2015): 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.004>
- Boyd, Jamie, J. K. Bernard, and J. W. West. "Effects of feeding different amounts of supplemental glycerol on ruminal environment and digestibility of lactating dairy cows." *Journal of Dairy Science* 96.1 (2013): 470-476. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5760>
- Broderick, G. A., and J. H. Kang. "Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media1." *Journal of dairy science* 63.1 (1980): 64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)
- Cardoso, F. C., K. F. Kalscheur, and J. K. Drackley. "Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period." *Journal of dairy science* 103.6 (2020): 5684-5693 <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17271>
- Carvalho, E. R., et al. "Replacing corn with glycerol in diets for transition dairy cows." *Journal of dairy science* 94.2 (2011): 908-916. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3581>
- Chen, Panliang, et al. "Optimizing dietary rumen-degradable starch to rumen-degradable protein ratio improves lactation performance and nitrogen utilization efficiency in mid-lactating Holstein dairy cows." *Frontiers in Veterinary Science* 11 (2024): 1330876. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1330876>
- Chibisa, Gwinyai Emmanuel, et al. "Effects of peripartum propylene glycol supplementation on nitrogen metabolism, body composition, and gene expression for the major protein degradation pathways in skeletal muscle in dairy cows." *Journal of Dairy science* 91.9 (2008): 3512-3527. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0920>
- Chung, Y-H., et al. "Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles." *Journal of dairy science* 90.12 (2007): 5682-5691 <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0426>
- DeFrain, J. M., et al. "Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance." *Journal of dairy science* 87.12 (2004): 4195-4206. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73564-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73564-X)
- Demirci, Mehmet, et al. "Effects of Different Starch Sources Used at High Levels in Cattle on Ruminal Fermentation Properties and Some Blood Parameters." *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 21.2 (2024): 99-109. <https://doi.org/10.32707/ercivet.1515414>

- Dirksen, G. U., H. G. Liebich, and E. Mayer. "Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance." *The Bovine Practitioner* (1985): 116-120.
- Doepel, L., A. Cox, and Armağan Hayirli. "Effects of increasing amounts of dietary wheat on performance and ruminal fermentation of Holstein cows." *Journal of Dairy Science* 92.8 (2009): 3825-3832. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1062>
- Donkin, Shawn S. "Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle." *Revista brasileira de zootecnia* 37 (2008): 280-286. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300032>
- Ezequiel, J. M. B., et al. "Effects of high concentrations of dietary crude glycerin on dairy cow productivity and milk quality." *Journal of Dairy Science* 98.11 (2015): 8009-8017. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9448>
- Fatahnia, F., et al. "Influence of starch sources in prepartum diet on colostrum quality and blood immunoglobulin concentration of calves." (2012): 57-61.
- Ferraretto, L. F., P. M. Crump, and R. D. Shaver. "Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis." *Journal of dairy science* 96.1 (2013): 533-550.
- Dirksen, G. U., H. G. Liebich, and E. Mayer. "Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance." *The Bovine Practitioner* (1985): 116-120. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5932>
- Firkins, J. L., et al. "Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle." *Journal of animal science* 79.suppl_E (2001): E218-E238. <https://doi.org/10.2527/jas2001.79E-SupplE218x>
- Gao, X., and M. Oba. "Effect of increasing dietary nonfiber carbohydrate with starch, sucrose, or lactose on rumen fermentation and productivity of lactating dairy cows." *Journal of Dairy Science* 99.1 (2016): 291-300. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9871>
- Garnsworthy, P. C., et al. "Effect of site of starch digestion on metabolic hormones and ovarian function in dairy cows." *Livestock Science* 125.2-3 (2009): 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.002>
- Grings, E. E., R. E. Roffler, and D. P. Deitelhoff. "Evaluation of corn and barley as energy sources for cows in early lactation fed alfalfa-based diets." *Journal of dairy science* 75.1 (1992): 193-200. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77753-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77753-4)
- Gross, Josef Johann, and R. M. Bruckmaier. "Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for sustainable milk production." *Journal of dairy science* 102.4 (2019): 2828-2843. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15713>
- Grummer, Ric R. "Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow." *Journal of animal science* 73.9 (1995): 2820-2833. <https://doi.org/10.2527/1995.7392820x>
- Gualdrón-Duarte, Laura B., and Michael S. Allen. "Increased anaplerosis of the tricarboxylic acid cycle decreased meal size and energy intake of cows in the postpartum period." *Journal of dairy Science* 100.6 (2017): 4425-4434. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12104>
- Habel, Jonas, and Albert Sundrum. "Mismatch of glucose allocation between different life functions in the transition period of dairy cows." *Animals* 10.6 (2020): 1028. <https://doi.org/10.3390/ani10061028>
- Herdt, Thomas H. "Ruminant adaptation to negative energy balance: Influences on the etiology of ketosis and fatty liver." *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 16.2 (2000): 215-230. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30102-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30102-X)
- Humer, E., et al. "Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle." *Journal of dairy science* 101.2 (2018): 872-888. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13191>
- Huntington, Gerald B. "Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk." *Journal of animal science* 75.3 (1997): 852-867. <https://doi.org/10.2527/1997.753852x>
- Kafilzadeh, Farokh, Vahid Piri, and Hamed Karami-Shabankareh. "Effects of feeding dry glycerol on milk production, nutrients digestibility and blood components in primiparous Holstein dairy cows during the early postpartum period." *Spanish Journal of Agricultural Research* 13.4 (2015): e0609-e0609. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015134-7439>
- Khalili, Hannele, et al. "The effects of added glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of the two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows

- given grass silage based diets." *Agricultural and Food Science* 6.5-6 (1997): 349-362. <https://doi.org/10.23986/afsci.72798>
- Kholif, Ahmed E. "Glycerol use in dairy diets: A systemic review." *Animal Nutrition* 5.3 (2019): 209-216. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.06.002>
- Khorasani, G. R., E. K. Okine, and J. J. Kennelly. "Effects of substituting barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of Holstein cows." *Journal of Dairy Science* 84.12 (2001): 2760-2769. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74730-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74730-3)
- Kijora, Claudia, et al. "Research note: Investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls." (1998): 341-348. <https://doi.org/10.1080/17450399809381931>
- Kristensen, Niels Bastian, and Birgitte Marie Løvendahl Raun. "Ruminal fermentation, portal absorption and hepatic metabolism of glycerol infused into the rumen of lactating dairy cows." *Energy and protein metabolism and nutrition*. Wageningen Academic, 2007. 355-356. https://doi.org/10.3920/9789086866137_128
- Krogstad, K. C., and B. J. Bradford. "Does feeding starch contribute to the risk of systemic inflammation in dairy cattle?." *JDS communications* 4.1 (2023): 14-18 <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0303>
- Kupczynski, R., et al. "Effect of glycerol and propylene glycol supplementation on metabolic parameters and production performance in periparturient period of dairy cows." *Agricultural Journal* 7.2 (2012): 88-94. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123231323>
- Lomander, H., et al. "Supplemental feeding with glycerol or propylene glycol of dairy cows in early lactation—Effects on metabolic status, body condition, and milk yield." *Journal of dairy science* 95.5 (2012): 2397-2408. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4535>
- Mach, Núria, Alex Bach, and Maria Devant. "Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets." *Journal of Animal Science* 87.2 (2009): 632-638. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0987>
- Madrid, Josefa, et al. "Effect of feeding glycerin on ruminal environment and in situ degradability of feedstuffs in young bulls." *Animals* 9.6 (2019): 359 <https://doi.org/10.3390/ani9060359>
- Matras, J., R. Klebaniuk, and E. Kowalczyk-Vasilev. "Impact of glucogenic additive in transition dairy cow diets of varying ruminal starch degradability on yield and composition of milk and reproductive parameters." *Czech Journal of Animal Science* 57.7 (2012): 301-311. <https://doi.org/10.17221/6005-CJAS>
- McCarthy Jr, R. D., et al. "Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows." *Journal of Dairy Science* 72.8 (1989): 2002-2016. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79324-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79324-3)
- Mezzetti, Matteo, et al. "The role of altered immune function during the dry period in promoting the development of subclinical ketosis in early lactation." *Journal of dairy science* 102.10 (2019): 9241-9258 <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16497>
- Mikula, R., et al. "Effects of different starch sources on metabolic profile, production and fertility parameters in dairy cows." *Polish Journal of Veterinary Sciences* 14.1 (2011). <https://doi.org/10.2478/v10181-011-0008-9>
- Mikuła, Robert, et al. "Propylene glycol and maize grain supplementation improve fertility parameters in dairy cows." *Animals* 10.11 (2020): 2147. <https://doi.org/10.3390/ani10112147>
- Mirzaei-Alamouti, H., et al. "Effects of prepartum diet grain type and postpartum starch level on milk production, milk composition, and plasma metabolites of primiparous and multiparous Holstein cows." *Animal Feed Science and Technology* 291 (2022): 115393. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115393>
- Mokhtarzadeh Dilmaghani, Saeid, Mohammad Reza Sanjabi, and Abdolreza Salehi. "Considering the culling reasons and trend of its changes Using 16 years data of mega dairy Holstein farms in Iran." *Iranian Journal of animal Science* 55.4 (2024): 683-691. <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.371219.653993>
- Oba, M., and K. Kammer-Main. "Symposium review: Effects of carbohydrate digestion on feed intake and fuel supply." *Journal of dairy science* 106.3 (2023): 2153-2160. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22420>
- Oetzel, Garrett R. "Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease." *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 20.3 (2004): 651-674.

- Ogborn, K. L., et al. "Effects of method of delivery of glycerol on performance of dairy cows during the transition period." *Journal of Dairy Science*. Vol. 87. 1111 N DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874 USA: AMER DAIRY SCIENCE ASSOC, 2004.
- Omazic, A. Werner, et al. "High-and low-purity glycerine supplementation to dairy cows in early lactation: effects on silage intake, milk production and metabolism." *Animal* 7.9 (2013): 1479-1485. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001110>
- Overton, T. R., and M. R. Waldron. "Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health." *Journal of dairy science* 87 (2004): E105-E119. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70066-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70066-1)
- Paiva, Pablo Gomes de, et al. "Effects of crude glycerin on milk composition, nutrient digestibility and ruminal fermentation of dairy cows fed corn silage-based diets." *Animal Feed Science and Technology* 212 (2016): 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.016>
- Puvača, Nikola, and Dragan Glamović. "Beneficial Effects of Glycerol Usage in Dairy Cows Nutrition." <https://doi.org/10.55817/SDKD5058>
- Rémond, B., E. Souday, and J. P. Jouany. "In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes." *Animal Feed Science and Technology* 41.2 (1993): 121-132. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90118-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90118-4)
- Reynolds, C. K. "Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle." *Animal Feed Science and Technology* 130.1-2 (2006): 78-94. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.01.019>
- Reynolds, C. K., et al. "Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation." *Journal of dairy science* 86.4 (2003): 1201-1217. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73704-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73704-7)
- Saleem, A. M., A. I. Zounouny, and A. M. Singar. "Effect of glycerol supplementation during early lactation on milk yield, milk composition, nutrient digestibility and blood metabolites of dairy buffaloes." *Animal* 12.4 (2018): 757-763. <https://doi.org/10.1017/S175173111700180X>
- Schroder, A., and K. Sudekum. 1999. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. Paper 241 in Proc. 10th Int. Rapeseed Congress: New Horizons for an Old Crop. Canberra, Australia. The Regional Institute Ltd.
- Shin, D. H., et al. "Associations between serum haptoglobin concentration and peri-and postpartum disorders, milk yield, and reproductive performance in dairy cows." *Livestock Science* 213 (2018): 14-18. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.04.015>
- Silveira, C., et al. "Effect of grains differing in expected ruminal fermentability on the productivity of lactating dairy cows." *Journal of Dairy Science* 90.6 (2007): 2852-2859 <https://doi.org/10.3168/jds.2006-649>
- van Cleef, Eric Haydt Castello Branco, et al. "Effects of partial or total replacement of corn cracked grain with high concentrations of crude glycerin on rumen metabolism of crossbred sheep." *Small Ruminant Research* 159 (2018): 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.12.011>
- Van Soest, B. J., et al. "Effect of pre-and postpartum supplementation of a pure glycerol product to dairy cows on feed intake, metabolic markers, and milk yield and components." *Journal of Dairy Science* 106.10 (2023): 6798-6815. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23173>
- Zacaroni, Ozana F., et al. "Complete replacement of corn grain with crude glycerin for dairy cows." *Livestock Science* 258 (2022): 104893. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104893>