

Interaction effect of corn grain physical form and monensin level on performance of Holstein dairy calves

K Mersadi ¹, F Fatahnia ^{2*}, M Kazemi – Bonchenari ³, M Shamsollahi ⁴, H Jahani-Azizabadi ⁵ and J Jamali ⁴

Received: 2024-03-01 Revised: 2025-05-02 Accepted: 2025-06-10

¹ Ph. D Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ilam University, Ilam, Iran

² Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ilam University, Ilam, Iran

³ Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and natural Resources, Arak University, Arak, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ilam University, Ilam, Iran

⁵ Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

* Corresponding author: Email: f.fatahnia@ilam.ac.ir

پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Research	Journal of Animal Science Research / vol.36 No.2/ 2026/pp 77-104 https://animalscience.tabrizu.ac.ir	OPEN ACCESS
© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) DOI:10.22034/AS.2026.70293.1796		

Introduction: Improving growth and reducing mortality in dairy calves and heifers can have significant effects on the long-term productive and reproductive performance and profitability of dairy enterprises. The most important factors affecting mortality, survival, growth, and performance of dairy calves include nutrition, vaccination programs, housing conditions of the dam, management practices at calving, care of the newborn calf, and rearing management from birth to weaning, including nutrition, hygiene, and housing.

Cereal grains are among the most important components of calf starter diets. Compared with other feed ingredients, cereal grains have a greater influence on ruminal epithelial development because their fermentation by ruminal microorganisms produces substantial amounts of volatile fatty acids (VFAs). The absorption and metabolism of these nutrients stimulate the growth and development of the ruminal epithelium, thereby affecting starter feed intake and the appropriate timing of weaning.

Corn grain is the major cereal grain used as a source of starch in calf starter diets. Corn starch is degraded in the rumen at a slower rate than the starch in barley and wheat. Steam flaking is one of the important methods used to process cereal grains. Feeding whole grains increases particle size and may improve ruminal health, potentially resulting in improved performance in dairy calves.

The beneficial effects of monensin in ruminant nutrition include improved feed utilization efficiency, increased milk production, reduced methane production, decreased digestive disorders such as ruminal acidosis and bloat, reduced metabolic disorders such as ketosis, improved energy balance, enhanced immune function, reduced ruminal degradation of proteins and amino acids, reduced lipid hydrolysis, and decreased biohydrogenation of unsaturated fatty acids in the rumen.

Therefore, the objective of this study was to evaluate the interactive effects of corn grain physical form (whole vs. steam-flaked) and monensin supplementation (0 vs. 40 mg/kg DM) in starter diets

on growth performance, skeletal growth indices, ruminal fermentation characteristics, urinary purine derivatives, microbial protein synthesis, and plasma metabolites in Holstein dairy calves.

Materials and Methods: Forty-eight newborn Holstein female calves (3 days old; average body weight [BW] = 41.4 ± 1.6 kg) were divided into four groups ($n = 12$ calves/group) and randomly assigned to one of four experimental starter diets:¹. Whole corn grain without monensin (WCG-NM); 2. Whole corn grain with 40 mg monensin/kg DM (WCG-M); 3. Steam-flaked corn without monensin (SFC-NM); and 4. Steam-flaked corn with 40 mg monensin/kg DM (SFC-M). Calves were fed a fixed amount of milk from days 1 to 63 and had ad libitum access to water and starter feed from days 1 to 83. Starter feed intake was measured daily for each calf throughout the experimental period by subtracting feed refusals from the amount offered. Rumen fluid (approximately 13 mL) was collected 2–3 h after the morning feeding on days 45 (pre-weaning) and 80 (post-weaning) using a stomach tube connected to a vacuum pump. Spot urine samples (approximately 5 mL) were collected in the morning (09:30–11:30 h) and afternoon (14:30–16:30 h) for four consecutive days (days 79–82) during the post-weaning period when calves urinated spontaneously. Blood samples were collected on days 46 (pre-weaning) and 82 (post-weaning), 3 h after the morning feeding (at 12:00 h), from the jugular vein into 10-mL tubes. Samples were immediately placed on ice and centrifuged at $3,000 \times g$ for 20 min at 4°C. Serum glucose, total protein, and urea nitrogen concentrations were determined using commercial kits (Pars Azmoun Co.) and spectrophotometric methods. Serum beta-hydroxybutyrate concentration was also determined using a commercial kit. Insulin concentration was measured using a commercial assay kit and an ELISA reader. Rumen fluid pH was measured immediately after collection using a pH meter. The samples were then filtered through four layers of clean cloth. A 6-mL aliquot of each filtered sample was mixed with 1.5 mL of 2% metaphosphoric acid and stored at –20°C. After thawing, total volatile fatty acid concentration and the molar concentrations of propionate and butyrate were determined by gas chromatography according to the recommended procedure. The acetate-to-propionate ratio was subsequently calculated based on the molar concentrations of acetate and propionate. For the determination of ammonia nitrogen, rumen fluid samples were thawed at 4°C and centrifuged at 15,000 rpm for 20 min. The ammonia nitrogen concentration was then determined using a spectrophotometric method.

Results and Discussion: Starter dry matter intake (DMI) during the pre-weaning and post-weaning periods, milk DMI, and total DMI were not affected by the experimental diets ($P > 0.05$). Similarly, experimental diets had no significant effect on average daily gain (ADG) or feed efficiency (FE) during the pre-weaning, post-weaning, or overall experimental periods ($P > 0.05$). Calves fed the SFC-M starter diet had greater BW at weaning than calves in the other treatment groups ($P < 0.05$). The experimental diets had no significant effect on body length, heart girth, or hip width at weaning or at the end of the experimental period ($P > 0.05$). However, withers height and hip height at both weaning and the end of the study were greater in calves receiving the SFC-M starter diet than in those receiving the other diets ($P < 0.05$). Rumenal pH, ammonia nitrogen, and butyrate concentrations during both the pre-weaning and post-weaning periods were not affected by the experimental diets ($P > 0.05$). The SFC-M diet increased total ruminal VFA concentration during both the pre-weaning and post-weaning periods and increased ruminal propionate concentration during the pre-weaning period. In contrast, it decreased ruminal acetate concentration and the acetate-to-propionate ratio during the pre-weaning period compared with the other diets ($P < 0.05$). Urinary excretion of creatinine, allantoin, and uric acid, as well as microbial protein synthesis, was not affected by the interaction between corn grain physical form and monensin supplementation ($P > 0.05$). Plasma concentrations of glucose, beta-hydroxybutyrate, urea nitrogen, and total protein during both the pre-weaning and post-weaning periods were not affected by the experimental diets ($P > 0.05$). The highest plasma insulin concentration was observed in calves fed the SFC-M starter diet compared with those receiving the other diets ($P < 0.05$).

Conclusion: Under the conditions of the present study, feeding a starter diet containing steam-flaked corn and monensin improved selected growth performance and skeletal growth parameters in Holstein dairy calves. In particular, calves receiving the SFC-M diet had greater body weight at weaning, greater withers and hip heights, and higher plasma insulin concentrations than calves receiving the other experimental diets.

Keywords: Dairy calf, Starter diet, Corn grain, Monensin, Growth performance.

متقابل شکل فیزیکی دانه ذرت و سطح موننسنین جیره استارتر بر عملکرد گوساله‌های شیری هلشتاین

کمال مرصادی^۱، فرشید فتاح نیا^{۲*}، مهدی کاظمی بنچناری^۳، محمد شمس‌الهی^۴، حسین جهانی عزیزآبادی^۵، جبار جمالی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۸/۲۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ایلام

^۲ استاد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ایلام

^۳ استاد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک

^۴ استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ایلام

^۵ دانشیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

* مسئول مکاتبه: f.fatahnia@ilam.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: دانه ذرت مهم‌ترین دانه غله برای تامین نشاسته در ترکیب خوراک آغازین گوساله‌های در حال رشد می‌باشد. موننسنین از مهم‌ترین افزودنی‌های خوراک برای تغییر فرآیندهای تخمیری شکمبه می‌باشد. هدف: در این مطالعه اثر متقابل شکل فیزیکی دانه ذرت و سطح موننسنین جیره استارتر بر عملکرد رشد، شاخص‌های رشد اسکلتی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه، مشتقات پورینی ادرار، سنتز پروتئین میکروبی و فراسنجه‌های سرم گوساله‌های شیری هلشتاین بررسی شد. روش کار: از ۴۸ راس گوساله هلشتاین ماده ۳ روزه با میانگین وزن $1/6 \pm 41/4$ کیلوگرم در یک آزمایش فاکتوریل 2×2 استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل ۱- جیره استارتر حاوی دانه ذرت کامل بدون موننسنین، ۲- جیره استارتر حاوی دانه ذرت کامل و ۳- جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با ۴۰ میلی‌گرم موننسنین در کیلوگرم ماده خشک، ۴- جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و ۴۰ میلی‌گرم موننسنین در کیلوگرم ماده خشک بودند. **نتایج:** مصرف ماده خشک جیره استارتر، شیر و کل مصرف ماده خشک، افزایش وزن روزانه و بازده استفاده از خوراک تحت تاثیر اثر متقابل روش فرآوری دانه ذرت و سطح موننسنین قرار نگرفت ($P > 0/05$). وزن بدن گوساله‌های تغذیه شده با جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و موننسنین در روز شیرگیری در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P < 0/05$). جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و موننسنین در مقایسه با سایر جیره‌ها غلظت کل اسیدهای چرب فرار در دوره پیش و پس از شیرگیری و غلظت پروپیونات مایع شکمبه در دوره پیش از شیرگیری را افزایش و غلظت استات و نسبت استات به پروپیونات در دوره پیش از شیرگیری را کاهش داد ($P < 0/05$). **نتیجه‌گیری نهایی:** در کل، با توجه به نتایج آزمایش حاضر، جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و موننسنین باعث بهبود عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین شد.

واژگان کلیدی: گوساله شیری، جیره استارتر، دانه ذرت، موننسنین، عملکرد رشد.

مقدمه

گاو شیری هزینه پرورش گوساله و تلیسه‌های جایگزین در مقایسه با خیلی از فعالیت‌های دیگر بیشتر است. بهبود رشد و کاهش مرگ و میر گوساله‌ها و تلیسه‌های شیری می‌تواند عملکرد تولیدی و تولیدمثلی و سودآوری واحدهای پرورش گاو شیری را در بلند مدت تحت تاثیر

هر گونه پیشرفت در واحدهای پرورش گاو شیری به موفقیت در برنامه‌های مدیریتی مربوط به پرورش گوساله‌ها از زمان تولد تا اولین گوساله‌زایی وابسته می‌باشد (دیانی و همکاران ۱۳۹۲). در واحدهای پرورش

قرار دهد. برای دستیابی به این مهم، برنامه‌های مدیریتی پرورش گوساله و تلیسه باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که تعداد کافی تلیسه جایگزین با شایستگی ژنتیکی بالا و وضعیت بدنی و اسکلتی (وزن و قد) مناسب در اختیار مدیران واحدهای پرورش گاو شیری قرار گیرد تا در زمان نیاز از آن‌ها برای جایگزینی گاوهای حذفی استفاده کنند (جیمز ۲۰۱۷). از مهم‌ترین عوامل موثر بر کاهش مرگ و میر، زنده‌مانی، رشد و عملکرد گوساله‌های شیری می‌توان تغذیه، برنامه واکسیناسیون و شرایط جایگاه گاوهای آبستن، برنامه‌های مدیریتی اجرا شده در زایشگاه و زمان زایش، مراقبت از گوساله تازه متولد شده و مدیریت پرورش از زمان تولد تا شیرگیری (تغذیه، بهداشت، جایگاه) اشاره کرد (گوددن ۲۰۱۷). دانه‌های غلات از مهم‌ترین اجزاء تشکیل دهنده خوراک استارتر گوساله‌های شیرخوار هستند و در مقایسه با سایر مواد خوراکی در ترکیب جیره استارتر تاثیر بیشتری بر توسعه اپیتلیوم شکمبه دارند زیرا تخمیر آن‌ها به وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه با تولید مقدار بیشتری اسید چرب فرار همراه است. جذب و متابولیسم مواد مغذی به رشد و توسعه اپیتلیوم شکمبه کمک می‌کند که مقدار مصرف خوراک استارتر و زمان مناسب شیرگیری را تحت تاثیر قرار می‌دهد (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). افزایش وزن روزانه گوساله‌های شیرخوار در دوره قبل از شیرگیری به ترکیب شیمیایی و غلظت مواد مغذی خوراک استارتر از جمله انرژی بستگی دارد (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). از مهم‌ترین منابع انرژی در ترکیب جیره استارتر گوساله‌های جوان می‌توان کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم از قبیل نشاسته را نام برد. دانه‌های غلات از جمله دانه ذرت از منابع اصلی نشاسته در جیره استارتر گوساله‌های جوان در دوره قبل از شیرگیری به شمار می‌رود (خان و همکاران ۲۰۰۸). گوساله‌های جوان می‌توانند نشاسته موجود در جیره استارتر را به آسانی هضم کنند و گاهی مواقع قابلیت هضم نشاسته در دستگاه گوارش آن‌ها به بیش از ۹۵ درصد می‌رسد (کیوگلی و همکاران ۲۰۱۸). دانه ذرت مهم‌ترین دانه غله برای تامین نشاسته در ترکیب خوراک آغازین گوساله‌های در حال رشد می‌باشد. نشاسته دانه

ذرت در مقایسه با دانه‌های جو و گندم با سرعت کمتری در شکمبه تجزیه می‌شود بنابراین احتمال کاهش pH و بروز اسیدوز شکمبه کمتر خواهد بود (راستگو و همکاران ۲۰۲۰). نشاسته دانه ذرت از قابلیت دسترسی کمتری برای میکروارگانیسم‌های شکمبه برخوردار است. یکی از دلایل کاهش دسترسی نشاسته دانه ذرت برای میکروب‌های شکمبه را می‌توان به اتصال بیشتر آن به پروتئین‌های دانه (زئین) ارتباط داد در نتیجه مقدار بیشتری از نشاسته دانه ذرت به روده کوچک منتقل و در آنجا به وسیله آنزیم‌های دستگاه گوارش هضم می‌شود. فرآوری دانه‌های غلات اگرچه فراهمی نشاسته برای میکروارگانیسم‌های شکمبه را افزایش می‌دهد اما می‌تواند با کاهش pH مایع شکمبه بروز اسیدوز را نیز افزایش دهد (لورنز ۲۰۰۹). یکی از روش‌های مهم فرآوری دانه‌های غلات پولکی کردن با بخار می‌باشد. در این روش دانه ذرت با عبور از دستگاه فلیک و بخار به صورت ورقه ورقه در می‌آید. نتایج تحقیقات انجام شده نشان دهنده بهبود عملکرد رشد و بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های شیرخوار تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با دانه ذرت غلطک زده شده می‌باشد (مکی‌زاده و همکاران ۲۰۲۰). البته در زمان فرآوری دانه‌های غلات باید افزایش احتمال بروز اسیدوز شکمبه را نیز مد نظر قرار داد که به روش و شدت فرآوری این منابع بستگی دارد. برای مثال، غلطک زدن دانه‌های غلات در مقایسه با آسیاب کردن آن‌ها باعث تولید اندازه ذرات بزرگتر می‌شود (دهقان‌بنادکی و همکاران ۲۰۰۷). به همین دلیل در مقایسه با آسیاب کردن و پلت کردن احتمال بروز اسیدوز شکمبه را کمتر می‌کند (گیمنو و همکاران ۲۰۱۵). اخیراً استفاده از دانه‌های کامل به عنوان جایگزینی برای علوفه در جیره استارتر گوساله‌های شیرخوار مورد توجه قرار گرفته است (کامیاب‌فرد و همکاران ۲۰۲۳). استفاده از دانه کامل غلات باعث افزایش اندازه ذرات خوراک و احتمالاً سلامت بهتر شکمبه و به دنبال آن بهبود عملکرد گوساله‌های شیرخوار می‌شود. نتایج آزمایش‌های قبل نشان می‌دهد که برای اطمینان از مصرف مقدار کافی خوراک، شروع نشخوار و تخمیر بهینه شکمبه در گوساله‌های شیرخوار

باید بیش از ۷۵ درصد جیره استارتر دارای ذرات بزرگتر از ۱/۱۹ میلی‌متر باشد (هیل و همکاران ۲۰۰۸). از آنتی‌بیوتیک‌های یونوفوری از قبیل مونسین به طور گسترده در تغذیه حیوانات نشخوارکننده استفاده می‌شود. مونسین در سال ۱۹۷۵ تأییدیه سازمان غذا و دارو را برای استفاده در جیره نشخوارکنندگان به منظور بهبود بازده استفاده از خوراک دریافت کرد. مونسین از مهم‌ترین آنتی‌بیوتیک‌های یونوفوری و محصول تخمیر قارچ استرپتومایسس سینامونسین می‌باشد. مونسین یک ترکیب قابل حل در چربی است که برای تعداد زیادی از باکتری‌ها، پروتوزوئرها و قارچ‌ها سمی می‌باشد. باکتری‌های گرم مثبت در مقایسه با باکتری‌های گرم منفی حساسیت بیشتری به مونسین دارند. از اثرات مثبت مونسین در تغذیه نشخوارکنندگان می‌توان افزایش بازده استفاده از خوراک، افزایش تولید شیر، کاهش تولید متان، کاهش اختلالات گوارشی (اسیدوز شکمبه، نفخ) و متابولیسی (کتوز)، بهبود تعادل انرژی، تقویت سیستم ایمنی، کاهش تجزیه پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه در شکمبه، کاهش هیدرولیز چربی‌ها و کاهش بیهیدروژنه شدن اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه را نام برد (مک‌گوفی و همکاران ۲۰۰۱). البته در مورد استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های یونوفوری در جیره استارتر گوساله‌های شیرخوار اطلاعات زیادی در دسترس نیست. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر متقابل شکل فیزیکی دانه ذرت (دانه کامل در مقابل دانه پولکی شده با بخار) و سطح مونسین (۰ در مقابل ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) جیره استارتر بر عملکرد رشد، شاخص‌های رشد اسکلتی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه، مشتقات پورینی ادرار، سنتز پروتئین میکروبی و فراسنجه‌های سرم گوساله‌های شیری هلشتاین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پاییز و زمستان سال ۱۴۰۲ در گاوداری صنعتی کشت و صنعت زرین‌خوشه با ظرفیت ۲۰۰۰ راس گاو مولد واقع در ۱۵ کیلومتری شهر اراک انجام شد. برای هر گوساله یک جایگاه مسقف و انفرادی دارای آخور و آبخوری مجزا و با ابعاد $۱/۲ \times ۲/۵$ متر در نظر

گرفته شد. قبل از شروع آزمایش، جایگاه‌ها کاملاً تمیز و ضد عفونی شدند. از ماسه نرم با عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر به عنوان بستر استفاده شد که هر ۲۴ ساعت یک بار جمع‌آوری و با بستر خشک و تمیز جایگزین شد. در جلوی هر جایگاه دو سطل برای دسترسی گوساله به آب و خوراک استارتر در نظر گرفته شده بود. گوساله‌ها تا پایان آزمایش در این جایگاه‌ها نگهداری شدند. گوساله‌ها بلافاصله پس از تولد از مادر جدا و پس از وزن‌کشی با آغوز (۵ لیتر در ۱۲ ساعت اول شامل ۲/۵ لیتر در ۱/۵ ساعت اول پس از تولد و ۲/۵ لیتر در ۱۲ ساعت بعد) تغذیه شدند. تغذیه آغوز در ۲ روز اول پس از تولد ادامه داشت. کیفیت آغوز با استفاده از رفرکتومتر دیجیتال بریکس (PAL-1, Atago Co. Ltd., Bellevue, WA) تعیین شد و در صورتی که نمره آن کمتر از ۲۲ بود برای تغذیه گوساله‌ها استفاده نشد. در صورتی که حداقل غلظت پروتئین کل سرم گوساله‌ها ۲۴ ساعت پس از مصرف آغوز ۵/۹ گرم در دسی‌لیتر بود از آن‌ها در آزمایش استفاده شد تا از سطح کافی ایمنی غیرفعال و سالم بودن همه گوساله‌ها اطمینان حاصل شود (کازمی بنچناری و همکاران ۲۰۲۲a). غلظت پروتئین کل سرم گوساله‌ها با روش اسپکتروفوتومتری و کیت تجاری (کیت شماره ۹۳۰۴، شرکت پارس آزمون، تهران، ایران) اندازه‌گیری شد. در این آزمایش، از ۴۸ رأس گوساله ماده هلشتاین ۳ روزه با میانگین وزن $۱/۶ \pm ۴۱/۴$ کیلوگرم استفاده شد. گوساله‌های سالم به صورت تصادفی از بین گوساله‌های ماده (۱۲ راس به ازاء هر جیره آزمایشی) انتخاب و وارد آزمایش شدند. گوساله‌ها در ۶۳ روزگی از شیر گرفته شدند و تا ۸۳ روزگی (پایان آزمایش) در جایگاه انفرادی نگهداری شدند. دانه ذرت برای انجام آزمایش به اندازه کافی تهیه و سپس به مقدار مورد نیاز از آن با بخار پولکی شد. نمونه دانه ذرت به صورت یکسان تهیه شد تا اثر تفاوت وارپته و ترکیب شیمیایی نمونه اولیه بر نتایج آزمایش به حداقل رسانده شود. برای تهیه دانه ذرت پولکی شده با بخار از یک دستگاه فلیکر (لانتوس، C22129091، گاودانه، اصفهان، ایران) و بر اساس روش توصیه شده (پلاسینسیا و زین ۱۹۹۶) استفاده شد. نتایج تحقیقات قبل نشان داد که چگالی

دانه‌های پولکی شده با بخار در دامنه ۳۲۰ تا ۳۹۰ گرم در لیتر برای گوساله‌های شیرخوار مناسب است (مکی‌زاده و همکاران ۲۰۲۰). بنابراین، در آزمایش حاضر دستگاه فلیکر به گونه‌ای تنظیم شد که دانه پولکی شده با بخار دارای چگالی ۳۹۰ گرم در لیتر بود. جیره‌های آزمایشی بر اساس احتیاجات مواد مغذی گوساله‌های شیری هلشتاین تنظیم و آماده شدند (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱).

Table1- Ingredients and chemical composition of experimental starter diets

Item	Treatments ¹			
	Whole corn grain		Steam-flaked corn grain	
	WM	M	WM	M
Ingredient (% of DM)				
Whole corn grain	59.7	59.7	0	0
Steam-flaked corn grain	0	0	59.7	59.7
Soybean meal	33.1	33.1	33.1	33.1
Dicalcium phosphate	0.6	0.6	0.6	0.6
Calcium carbonate	1.5	1.5	1.5	1.5
Sodium bicarbonate	1.8	1.8	1.8	1.8
Salt	0.6	0.6	0.6	0.6
Magnesium oxide	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral and vitamin supplement containing monensin ²	0	2.2	0	2.2
Mineral and vitamin supplement without monensin ³	2.2	0	2.2	0
Chemical composition (% of DM, unless otherwise indicated)				
Dry matter	89	89	89	89
Crude protein	22.3	22.3	22.3	22.3
Metabolizable energy (Mcal/kg of DM)	3.08	3.08	3.08	3.08
Ether extract	2.9	2.9	2.9	2.9
Neutral detergent fiber	13.5	13.5	13.5	13.5
Non fiber carbohydrate	54.2	54.2	54.2	54.2
Starch	43.06	43.06	43.06	43.06
Calcium	0.88	0.88	0.88	0.88
Phosphorous	0.43	0.43	0.43	0.43

¹WM: without monensin, M: 40 mg monensin/kg of DM.

²- Each kg of mineral and vitamin supplement contained 500,000 IU of vitamin A, 200,000 IU of vitamin D3, 550 IU of vitamin E, 50 g of calcium, 3,500 mg of zinc, 15 g of potassium, 25 g of phosphorus, 17 g of magnesium, 12 g of sodium, 2 g of sulfur, 4,500 mg of manganese, 70 mg of cobalt, 250 mg of copper, 70 mg of iodine, 25 mg of selenium and 180 mg of monensin.

³- Each kilogram of mineral and vitamin supplement contained 500,000 international units of vitamin A, 200,000 international units of vitamin D3, 550 international units of vitamin E, 50 grams of calcium, 3,500 milligrams of zinc, 15 grams of potassium, 25 grams of phosphorus, 17 grams of magnesium, 12 grams of sodium, 2 grams of sulfur, 4,500 milligrams of manganese, 70 milligrams of cobalt, 250 milligrams of copper, 70 milligrams of iodine, and 25 milligrams of selenium.

نشان داده شده است. برنامه تغذیه شیر در فاصله ۳ تا ۱۰ روزگی، ۱۱ تا ۵۵ روزگی، ۵۶ تا ۶۰ روزگی و ۶۱ تا ۶۳ روزگی به ترتیب ۴، ۷، ۲ و ۱ لیتر در روز بود. سهمیه شیر مربوط به هر گوساله در ۲ نوبت صبح و عصر در اختیار آن‌ها قرار گرفت. به منظور تعیین ترکیب شیمیایی نمونه‌های شیر به طور هفتگی جمع‌آوری و چربی، پروتئین، لاکتوز و کل مواد جامد آن‌ها با دستگاه میکواسکن (دانمارک) اندازه‌گیری شد. جیره‌های استارتر

جیره‌های آزمایش شامل ۱- جیره استارتر حاوی دانه کامل ذرت بدون موننسن، ۲- جیره استارتر حاوی دانه کامل ذرت و ۴۰ میلی‌گرم موننسن در کیلوگرم ماده خشک، ۳- جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار بدون موننسن و ۴- جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و ۴۰ میلی‌گرم موننسن در کیلوگرم ماده خشک بودند. مواد خوراکی تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های استارتر استفاده شده در آزمایش در جدول ۱

ار آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت و بدون استفاده از سولفیت سدیم و تصحیح برای خاکستر و نیتروژن اندازه‌گیری شد (ون سوست و همکاران ۱۹۹۱). وزن بدن و شاخص‌های رشد اسکلتی همه گوساله‌ها از قبیل طول بدن، دور سینه، دور شکم، ارتفاع جدوگاه، ارتفاع هیپ و عرض هیپ (اندازه عرض استخوان لگن) در شروع آزمایش (۳ روزگی)، روز شیرگیری (روز ۶۳) و پایان آزمایش (روز ۸۳) بر اساس روش‌های استاندارد توصیه شده اندازه‌گیری و ثبت شد (خان و همکاران ۲۰۰۷).

به منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های سرم، نمونه خون (حدود ۱۰ میلی‌لیتر) همه گوساله‌ها در حدود ۳ ساعت پس از خوراک نوبت صبح در دوره پیش از شیرگیری (روز ۴۶ آزمایش) و پس از شیرگیری (روز ۸۲ آزمایش) با استفاده از لوله‌های خونگیری از سیاهرگ وداج جمع‌آوری و درکنار یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس سرم آن‌ها با استفاده از سانتریفیوژ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه جداسازی و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت گلوکز، پروتئین کل و نیتروژن اوردهای سرم با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون (کرج، ایران) و روش اسپکتروفوتومتری (UNICCO, 2100; Zistchemi) اندازه‌گیری شد. غلظت بتاهیدروکسی بوتیرات سرم نیز با استفاده از کیت تجاری (Randox Laboratories, Ardmore, UK) اندازه‌گیری شد. غلظت انسولین با استفاده از کیت مربوطه (آکوبایند الایزا با شماره کاتالوگ A300-5825، شرکت مونوبایند، کالیفرنیا، آمریکا) و دستگاه الایزایدر (ELx800, Bio Tek Instruments, USA) اندازه‌گیری شد.

به منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه، نمونه‌های مایع شکمبه گوساله‌ها (حدود ۱۲ میلی‌لیتر) در دوره پیش از شیرگیری (روز ۴۵ آزمایش) و پس از شیرگیری (روز ۸۰ آزمایش) در حدود ۴ ساعت پس از تغذیه خوراک نوبت صبح با استفاده از لوله مری متصل به پمپ خلا جمع‌آوری شد. به منظور اجتناب از آلودگی نمونه مایع شکمبه با بزاق، نمونه اولیه دور ریخته شد. pH مایع

ساعت ۸ صبح و پس از جمع‌آوری باقیمانده روز قبل در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. به منظور تعیین مقدار ماده خشک مصرف شده، هر روز صبح قبل از ریختن خوراک جدید مقدار خوراک ریخته شده و پس مانده آن وزن‌کشی و ثبت شد. مقدار جیره استارتر ریخته شده در آخور به صورتی بود که حداقل ۱۰ درصد آن در آخور باقی می‌ماند. گوساله‌ها در طول آزمایش به طور آزاد به آب دسترسی داشتند.

به منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر افزایش وزن روزانه، هر ۱۰ روز یک بار و در روزهای ۳ (شروع آزمایش)، ۱۳، ۲۳، ۳۳، ۴۳، ۵۳، ۶۳، ۷۳ و ۸۳ (پایان آزمایش) وزن بدن همه گوساله‌ها قبل از خوراک نوبت صبح با استفاده از باسکول دیجیتال ثبت شد. سپس افزایش وزن روزانه با توجه به تغییرات وزن بدن در این فواصل زمانی و بازده استفاده از خوراک برای هر گوساله با توجه به افزایش وزن روزانه و مقدار کل مصرف ماده خشک محاسبه شد. مصرف ماده خشک جیره‌های استارتر به صورت روزانه برای دوره پیش از شیرگیری (۳ تا ۶۳ روزگی)، پس از شیرگیری (۶۴ تا ۸۳ روزگی) و کل دوره (۳ تا ۸۳ روزگی) با توجه به مقدار ماده خشک خوراک ریخته شده در آخور و ماده خشک پسماند آن‌ها در روز بعد تعیین و ثبت شد. مقدار مصرف ماده خشک شیر در دوره پیش از شیرگیری با توجه به مقدار شیر تغذیه شده در روز و مقدار ماده خشک آن محاسبه شد. مصرف کل ماده خشک برای هر گوساله از مجموع مصرف ماده خشک شیر و جیره استارتر محاسبه شد.

برای تعیین ترکیب شیمیایی، نمونه جیره‌های آزمایشی به صورت هفتگی جمع‌آوری و در پایان آزمایش به طور کامل با هم مخلوط شدند. سپس با استفاده از آسیاب (Ogaw Seiki CO., Ltd., Tokyo, Japan) دارای الک یک میلی‌متری خرد شدند. ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و مواد معدنی جیره‌های آزمایشی بر اساس روش‌های استاندارد (روش‌های رسمی ۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد. کربوهیدرات‌های غیرالیافی به صورت تفاوتی و بر اساس فرمول پیشنهادی (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۰۱) محاسبه شد. الیاف شوینده خنثی با استفاده

۵ میلی‌لیتر از هر نمونه بلافاصله با ۴۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۰/۳۶ نرمال مخلوط و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد. غلظت کراتینین (کیت شماره ۵۵۵ شرکت سیگما)، آلانتوئین و اسید اوریک (کیت شماره ۵۰-۶۸۵ شرکت سیگما) نمونه‌های یخ‌گشایی شده بر اساس روش پیشنهادی (کشاورز و همکاران ۲۰۲۳) اندازه‌گیری شد. در این آزمایش فرض شد که کل مشتقات پورینی ادرار شامل مشتقات پورینی با منشأ درونی بدن و مشتقات پورینی با منشأ میکروبی (شکمه) می‌باشد (کازمی‌بنچناری و همکاران ۲۰۲۲b). برآورد سنتز پروتئین میکروبی پس از برآورد حجم ادرار و غلظت آلانتوئین و اسید اوریک نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۲ تخمین زده شد (چن و گومس ۱۹۹۲):

(رابطه ۲)

$$\text{Microbial } N(g \text{ of } \frac{N}{d}) = \frac{X \left(\frac{mmol}{d} \right) \times 70}{(0.116 \times 0.38 \times 1000)}$$

که در این رابطه، X مقدار مشتقات پورینی جذب شده با منشأ میکروبی بر اساس میلی‌مول در روز را نشان می‌دهد، ۷۰ عدد ثابت مربوط به مقدار نیتروژن موجود در مشتقات پورینی می‌باشد که بر اساس میلی‌گرم نیتروژن در میلی‌مول است، عدد ۰/۱۱۶ نسبت نیتروژن پورینی به کل نیتروژن میکروبی می‌باشد و عدد ۰/۸۳ نیز میانگین قابلیت هضم پورین‌های میکروبی می‌باشد. غلظت نیتروژن ادرار بر اساس روش پیشنهادی (برودریک و کانگ ۱۹۸۰) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش بر اساس رویه MIXED نرم افزار آماری SAS به صورت فاکتوریل ۲ × ۲ در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در آزمایش شامل روش فرآوری (شکل فیزیکی) دانه ذرت (دانه کامل در مقابل دانه پولکی شده با بخار) و سطح مونسین (۰ در مقابل ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) بودند. مدل آماری طرح آزمایش به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + CPM_i + M_j + C_k + (CPM \times M)_{ij} + \beta (X_k - \bar{X}) + e_{ijk}$$

در معادله‌های بالا، Y_{ijkl} مقدار هر مشاهده، CPM_i اثر روش فرآوری دانه ذرت، M_j اثر سطح مونسین، (CPM

شکمه بلافاصله با استفاده از دستگاه pH متر (HI 8314 membrane pH meter, Hanna Instruments, Villafranca, Italy) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از ۴ لایه پارچه صاف و ۶ میلی‌لیتر از آن با ۱/۵ میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۲۵ درصد مخلوط و در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از یخ‌گشایی نمونه‌های منجمد، غلظت کل اسیدهای چرب فرار و غلظت مولی پروپیونات، بوتیرات، استات و اسیدهای چرب فرار شاخه‌دار با دستگاه گازکروماتوگرافی (model CP-9002, Chrompack, Delft, the Netherlands) بر اساس روش توصیه شده (اوتنسن و باتلر ۱۹۷۱) اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به غلظت مولی استات و پروپیونات نسبت استات به پروپیونات در مایع شکمه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی، مایع شکمه پس از یخ‌گشایی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و برای مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و سپس غلظت آن با استفاده از روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد (برودریک و کانگ ۱۹۸۰).

برای برآورد سنتز پروتئین میکروبی در شکمه از روش مشتقات پورینی (آلانتوئین + اسید اوریک) استفاده شد. به علت این که شیر حاوی مشتقات پورینی می‌باشد و مصرف آن در دوره شیرخوارگی باعث خطا در برآورد سنتز پروتئین میکروبی در شکمه می‌شود (کازمی‌بنچناری و همکاران ۲۰۲۲b)، در این آزمایش برآورد سنتز پروتئین میکروبی در شکمه صرفاً برای دوره پس از شیرگیری انجام شد. برای این منظور نمونه ادرار گوساله‌ها (حدود ۵ میلی‌لیتر) در روزهای ۷۹، ۸۰، ۸۱ و ۸۲ در زمان دفع اختیاری جمع‌آوری شد. برای جمع‌آوری نمونه‌های ادرار از روش نمونه‌برداری نقطه‌ای استفاده شد (والادارس و همکاران ۱۹۹۹). حجم ادرار تولیدی هر گوساله در شبانه روز با توجه به غلظت کراتینین اندازه‌گیری شده در هر لیتر ادرار، وزن بدن و مقدار ثابت کراتینین دفع شده از بدن (۲۶/۸ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن) و بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد (دنيس و همکاران ۲۰۱۷).

(رابطه ۱)

$$\text{Urine volume (L/d)} = \text{BW (kg)} \times (26.8 / \text{creatinine concentration (mg/L)})$$

$M_{ij} \times$ اثر متقابل روش فرآوری دانه ذرت و سطح مونسین، C_k اثر تصادفی گوساله، $\beta(X_i - \bar{X})$ اثر متغیر کواریت و e_{ijkl} اثر خطای آزمایشی می‌باشد. وزن بدن و شاخص‌های رشد اسکلتی در شروع آزمایش به ترتیب برای وزن بدن و شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در مراحل بعد به عنوان کواریت در مدل در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی چک شود انجام شد. اثرات برای $P < 0.05$ معنی‌دار و برای $0.10 > P < 0.05$ تمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

مصرف ماده خشک

اثر جیره‌های آزمایشی بر مصرف ماده خشک استارت، مصرف ماده خشک شیر و کل مصرف ماده خشک (استارت و شیر) در گوساله‌های هلشتاین در دوره پیش از شیرگیری (۳ تا ۶۳ روزگی)، پس از شیرگیری (۶۴ تا ۸۳ روزگی) و کل دوره آزمایش (۳ تا ۸۳ روزگی) در جدول ۲ آمده است. مصرف ماده خشک جیره استارت، مصرف ماده خشک شیر و کل مصرف ماده خشک (استارت و شیر) در دوره پیش از شیرگیری، پس از شیرگیری و کل دوره آزمایش تحت تاثیر مونسین و اثر متقابل آن با روش فرآوری دانه ذرت قرار نگرفت ($P > 0.05$). مصرف ماده خشک جیره استارت در دوره پیش از شیرگیری و کل مصرف ماده خشک (استارت و شیر) در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت بیشتر بود ($P > 0.05$). مصرف ماده خشک جیره استارت در پس از شیرگیری و کل دوره آزمایش و مصرف ماده خشک شیر تحت تاثیر روش فرآوری دانه ذرت قرار نگرفت ($P > 0.05$). اطلاعات کمی در مورد مقایسه دانه ذرت پولکی شده با بخار و دانه کامل ذرت در جیره استارت گوساله‌های شیرخوار وجود دارد. پژوه و همکاران (۲۰۱۴) تفاوتی در مصرف ماده خشک استارت در گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارت حاوی دانه کامل ذرت در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده در پیش و پس از شیرگیری و کل دوره آزمایش مشاهده

نکردند. در صورتی که، در آزمایش قلی‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) استفاده از دانه کامل ذرت در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده مصرف ماده خشک استارت در پیش و پس از شیرگیری و کل دوره آزمایش را کاهش داد. همچنین، در آزمایش کامیاب‌فرد و همکاران (۲۰۲۳) جایگزینی ۳۳ تا ۶۶ درصد دانه ذرت آسیاب شده با دانه ذرت کامل در جیره استارت باعث افزایش مصرف ماده خشک جیره استارت و کل مصرف ماده خشک گوساله‌های جوان شد. در آزمایش اقتداری و همکاران (۲۰۲۴)، مکی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰)، راستگو و همکاران (۲۰۲۲) و کاظم‌جاسم و همکاران (۲۰۲۲) پولکی کردن دانه ذرت در مقایسه با آسیاب کردن آن بر مصرف ماده خشک در گوساله‌های شیرخوار تاثیر نداشت. در آزمایش‌های بیان شده یا دانه کامل ذرت یا دانه ذرت پولکی شده با بخار با دانه ذرت آسیاب شده مقایسه شده است اما در آزمایش حاضر دانه کامل ذرت با دانه ذرت پولکی شده با بخار مقایسه شده است که می‌تواند تا حدودی تفاوت در نتایج را توجیه کند. پولکی کردن دانه ذرت با بخار باعث افزایش قابلیت دسترسی مواد مغذی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه، افزایش فرآیندهای تخمیری شکمبه و بهبود مصرف ماده خشک در گوساله‌های جوان می‌شود (مکی‌زاده و همکاران ۲۰۲۰). با توجه به اطلاعات موجود، تحقیقات کمی در ارتباط با تاثیر مونسین در جیره استارت بر مصرف ماده خشک در گوساله‌های شیرخوار وجود دارد. مشابه با نتایج آزمایش حاضر، در آزمایش اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) و وو و همکاران (۲۰۲۰a) نیز افزودن مونسین به جیره استارت بر مصرف ماده خشک در گوساله‌های شیرخوار تاثیر نداشت. البته در آزمایش وو و همکاران (۲۰۲۰b) مصرف ماده خشک در گوساله‌های نر در حال رشد و تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین تمایل به کاهش داشت. همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود جیره‌های آزمایشی بر pH محتویات شکمبه گوساله‌ها تاثیر نداشتند که می‌تواند تا حدودی عدم تاثیر مونسین بر مصرف ماده خشک در آن‌ها را توجیه کند. کاهش pH محتویات شکمبه با تاثیر بر گیرنده‌های دیواره شکمبه و کاهش حرکات شکمبه

باعث کاهش عبور مواد هضمی و به دنبال آن کاهش مصرف ماده خشک می‌شود (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). در ارتباط با تاثیر مونسین بر مصرف ماده خشک در گاوهای شیری، رضایی‌اهوانویی و همکاران (۲۰۲۴) اثر متفاوت مونسین بر مصرف ماده خشک را گزارش کردند و تاثیر آن را به میزان دوز مونسین ارتباط دادند. افزایش دوز مونسین از ۱۸ تا ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک با کاهش مصرف ماده خشک همراه بود. برای مثال، سانتوس و همکاران (۲۰۱۹) کاهش و مک‌کارتی و همکاران (۲۰۱۵) افزایش مصرف ماده خشک در گاوهای شیری دریافت کننده مونسین را گزارش کردند. بر اساس مطالعه مروری ایفاراگور و

کلارک (۲۰۰۳) مونسین در بیشتر آزمایش‌های بررسی شده بر مصرف ماده خشک در گاوهای شیری اثری نداشت. نتایج آنها نشان داد که اثر آن به مرحله شیردهی، وضعیت تعادل انرژی، سطح مصرف مونسین و تعداد حیوان استفاده شده در آزمایش بستگی دارد. البته دوفیلد و همکاران (۲۰۱۲) کاهش مصرف ماده خشک در زمان مصرف جیره حاوی مونسین را گزارش کردند. همچنین، آدرین‌بوی و همکاران (۲۰۱۲) کاهش مصرف ماده خشک در اثر افزودن مونسین به جیره را گزارش کردند. آن‌ها تاثیر مونسین بر مصرف ماده خشک را به ترکیب جیره و مقدار مصرف مونسین ارتباط دادند.

Table 2 - Effect of corn grain processing method (whole grain vs. steam-flaked grain) and monensin level (0 vs. 40 mg/kg of DM) on means of dry matter intake, daily weight gain, body weight, and feed efficiency in Holstein dairy calves

Item	Treatments				SEM	P-value		
	Whole corn grain		Steam-flaked corn grain			PM	MO	PM × MO
	Without monensin	Monensin	Without monensin	Monensin				
Starter feed intake, g/d								
Pre-weaning (d 3-63)	596	649	731	776	67.3	0.05	0.46	0.95
Post-weaning (d 64-83)	2097	2140	2125	2216	43.8	0.24	0.13	0.56
Entire period (d 3-83)	971	1022	1079	1136	82.7	0.18	0.52	0.97
Milk intake, g/d	639	640	639	637	18.17	0.86	0.79	0.86
Total dry matter intake (milk + starter), g/d								
Pre-weaning (d 3-63)	1236	1283	1370	1416	65.5	0.04	0.49	0.99
Average daily gain, g/d								
Pre-weaning (d 3-63)	572	604	616	685	26.8	0.02	0.05	0.49
Post-weaning (d 64-83)	776	780	829	855	31.4	0.04	0.67	0.73
Entire period (d 3-83)	623	648	670	727	23.1	<0.01	0.08	0.47
Body weight, kg								
Initial (d 3)	41.6	41	41.8	41.4	0.53	0.73	0.48	0.77
Weaning (d 63)	76.1 ^c	77.4 ^{bc}	78.8 ^b	82.6 ^a	0.91	<0.01	0.02	0.04
Final (d 83)	91.6	93	95.4	99.7	1.43	<0.01	0.03	0.10
Feed efficiency ¹								
Pre-weaning (d 3-63)	0.49	0.53	0.50	0.54	0.03	0.98	0.25	0.93
Post-weaning (d 64-83)	0.37	0.36	0.39	0.39	0.01	0.15	0.78	0.93
Entire period (d 3-83)	0.46	0.49	0.47	0.50	0.03	0.83	0.28	0.94

¹kg of body weight gain/kg of total dry matter intake^{a-c}In each row means differ significantly if they do not share a common letter (p < 0.05). SEM= Standard error of means, PM= Processing method, MO= Monensin

افزایش وزن روزانه

اثر جیره‌های آزمایشی بر میانگین افزایش وزن روزانه گوساله‌های هلشتاین در دوره پیش از شیرگیری (۳ تا ۶۳ روزگی)، پس از شیرگیری (۶۴ تا ۸۳ روزگی) و کل دوره آزمایش (۳ تا ۸۳ روزگی) در جدول ۲ آمده است. افزایش وزن روزانه گوساله‌ها در دوره پیش و پس از شیرگیری و کل دوره پرورش تحت تاثیر اثر متقابل روش فرآوری دانه ذرت و مونسین قرار نگرفت ($P > 0.05$). جیره‌های استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با دانه ذرت کامل باعث بهبود افزایش وزن روزانه گوساله‌ها در دوره پیش از شیرگیری، پس از شیرگیری و کل دوره پرورش شدند ($P < 0.05$). افزودن مونسین به جیره استارتر باعث بهبود افزایش وزن روزانه گوساله‌ها در دوره پیش از شیرگیری شد ($P < 0.05$). افزایش وزن روزانه درکل دوره پرورش برای گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین تمایل به افزایش داشت ($P = 0.08$). البته افزایش وزن روزانه گوساله‌ها در دوره پس از شیرگیری تحت تاثیر مونسین جیره استارتر قرار نگرفت ($P > 0.05$). در ارتباط با روش فرآوری یا شکل فیزیکی دانه‌های غلات در جیره استارتر گوساله‌های جوان، افزودن دانه ذرت کامل در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۲۱) تاثیری بر افزایش وزن روزانه گوساله‌های شیرخوار نداشت. علاوه بر این، جایگزینی دانه ذرت آسیاب شده با سطوح مختلف دانه ذرت کامل (۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد) تاثیری بر افزایش وزن روزانه گوساله‌های شیرخوار در پیش و پس از شیرگیری و کل دوره پرورش نداشت (کامیاب‌فرد و همکاران ۲۰۲۳). همچنین در آزمایش‌های دیگر، نیز پولکی کردن دانه ذرت با بخار در مقایسه با آسیاب کردن آن باعث بهبود افزایش وزن روزانه گوساله‌های شیرخوار هلشتاین (راستگو و همکاران ۲۰۲۰) شد. در آزمایش‌های بیان شده یا دانه کامل ذرت یا دانه ذرت پولکی شده با بخار با دانه ذرت آسیاب شده مقایسه شده است اما در آزمایش حاضر دانه کامل ذرت با دانه ذرت پولکی شده با بخار مقایسه شده

است که می‌تواند تا حدودی تفاوت در نتایج را توجیه کند. بهبود افزایش وزن روزانه در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت در آزمایش حاضر را می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد. از جمله می‌توان به افزایش مصرف ماده خشک (جدول ۲)، افزایش غلظت کل اسیدهای چرب فرار (جدول ۴)، سنتز پروتئین میکروبی بیشتر (جدول ۵) و افزایش غلظت گلوکز و انسولین سرم (جدول ۶) اشاره کرد. مشابه با نتایج آزمایش حاضر، اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) بهبود افزایش وزن روزانه در دوره پیش از شیرگیری و کل دوره آزمایش در گوساله‌های تغذیه شده با جیره حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین را گزارش کردند. اما افزودن مونسین به جیره استارتر در آزمایش وو و همکاران (۲۰۲۰) تاثیری بر افزایش وزن روزانه گوساله‌های شیرخوار و گوساله‌های جوان در دوره پس از شیرگیری نداشت (وو و همکاران ۲۰۲۰). مصرف ماده خشک عامل اصلی موثر بر رشد و افزایش وزن روزانه گوساله‌های جوان می‌باشد (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). در آزمایش وو و همکاران (۲۰۲۰) یکسان بودن افزایش وزن روزانه در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین با عدم تاثیر جیره‌ها بر مصرف ماده خشک همخوانی داشت. اما در آزمایش حاضر و آزمایش اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) بهبود افزایش وزن بدن در گوساله‌های دریافت کننده مونسین با افزایش مصرف ماده خشک در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین در آزمایش حاضر از نظر عددی بالاتر می‌باشد. همان‌گونه که در جدول ۲ آمده است بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین در دوره پیش از شیرگیری و کل دوره پرورش از نظر عددی بالاتر بود. از این رو، افزایش عددی مصرف ماده خشک و بازده استفاده

از خوراک در گوساله‌های دریافت کننده مونسین می‌تواند تا حدودی بهبود افزایش وزن روزانه در آن‌ها را توجیه کند. از طرفی غلظت کل اسیدهای چرب فرار (منبع انرژی) در پیش از شیرگیری (جدول ۴) و سنتز پروتئین میکروبی (جدول ۵) در گوساله‌های تغذیه شده با مونسین در مقایسه با عدم مونسین تمایل به افزایش داشت که می‌تواند عواملی برای بهبود افزایش وزن روزانه در این گوساله‌ها باشند. علاوه بر این، همان‌گونه که در جدول ۶ آمده است مصرف جیره‌های حاوی مونسین باعث افزایش غلظت گلوکز و انسولین سرم گوساله‌ها در قبل از شیرگیری شد که می‌تواند به بهبود افزایش وزن روزانه در این گوساله‌ها ارتباط داشته باشد. اسیدهای چرب فرار تولید شده در شکمبه همراه با گلوکز مهم‌ترین منابع انرژی و پروتئین میکروبی سنتز شده در شکمبه مهم‌ترین منبع اسیدهای آمینه برای بافت‌های گوساله‌های شیرخوار و جوان را تشکیل می‌دهند (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). انسولین با افزایش ورود گلوکز به ماهیچه‌ها و بافت چربی باعث افزایش وزن روزانه بهتر در حیوانات در حال رشد می‌شود (واکرهاگ و راتکویسیوس ۲۰۰۸).

وزن بدن

اثر جیره‌های آزمایشی بر وزن بدن گوساله‌ها در زمان شیرگیری (۶۳ روزگی) و پایان آزمایش (۸۳ روزگی) در جدول ۲ نشان داده شده است. وزن بدن گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسین در زمان شیرگیری در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشتر ($P < 0.05$) و در پایان آزمایش تمایل به افزایش داشت ($P = 0.10$). استفاده از مونسین در مقایسه با عدم استفاده از آن و دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با دانه ذرت کامل باعث افزایش وزن بدن گوساله‌ها در زمان شیرگیری و پایان آزمایش شد ($P < 0.05$). استفاده از دانه غلات کامل در مقایسه با دانه آسیاب شده در آزمایش‌های قبل (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۲۱، کامیاب‌فرد و همکاران ۲۰۲۳) در جیره استارتر بر وزن بدن گوساله‌های شیرخوار تاثیری نداشت. اما پولکی کردن دانه ذرت در مقایسه با

آسیاب کردن آن باعث افزایش وزن بدن گوساله‌های جوان در زمان شیرگیری و پایان آزمایش شد (اقتداری و همکاران ۲۰۲۴). در آزمایش‌های بیان شده یا دانه کامل ذرت یا دانه ذرت پولکی شده با بخار با دانه ذرت آسیاب شده مقایسه شده است اما در آزمایش حاضر دانه کامل ذرت با دانه ذرت پولکی شده با بخار مقایسه شده است که می‌تواند تا حدودی تفاوت در نتایج را توجیه کند. مشابه با نتایج آزمایش حاضر، در آزمایش اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) افزودن مونسین به جیره استارتر گوساله‌های شیرخوار باعث افزایش وزن بدن در زمان شیرگیری و پایان آزمایش شد. اما در آزمایش وو و همکاران (۲۰۲۰a) مونسین تاثیری بر وزن بدن گوساله‌های شیرخوار در قبل از شیرگیری (وو و همکاران ۲۰۲۰a) و گوساله‌های نر جوان (وو و همکاران ۲۰۲۰b) نداشت. وزن بدن بالاتر در گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسین در مقایسه با سایر جیره‌های آزمایشی را می‌توان به شرایط بهتر تخمیر شکمبه در آن‌ها ارتباط داد. همان‌گونه که در جدول ۴ و ۶ مشاهده می‌شود غلظت کل اسیدهای چرب فرار و پروپیونات در شکمبه و غلظت انسولین سرم این گوساله‌ها در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشتر بود که تا حدودی وزن بدن بالاتر در آن‌ها را توجیه می‌کند. زیرا پولکی کردن دانه غلات با بخار باعث افزایش دسترسی مواد مغذی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه می‌شود (هانگتینتون ۱۹۹۷) و مونسین نیز با کاهش فرآیندهای نامطلوب به بهبود استفاده از مواد مغذی کمک می‌کند (NRC ۲۰۲۱). مونسین با مهار باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک، کاهش تجزیه پروتئین و کاهش تولید متان می‌تواند به ایجاد شرایط بهینه تخمیر در شکمبه و بهبود بازده استفاده از انرژی و نیتروژن در حیوانات نشخوارکننده کمک کند (مک‌گوفی و همکاران ۲۰۰۱). از این رو می‌تواند بر افزایش وزن روزانه و وزن بدن در حیوانات جوان تاثیر مثبت داشته باشد.

بازده استفاده از خوراک

اثر جیره‌های آزمایشی بر بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های هلشتاین در دوره پیش از شیرگیری (۳ تا ۶۳ روزگی)، پس از شیرگیری (۶۴ تا ۸۳ روزگی) و کل دوره آزمایش (۳ تا ۸۳ روزگی) در جدول ۲ آمده است. بازده استفاده از خوراک در دوره پیش و پس از شیرگیری و کل دوره پرورش تحت تاثیر روش فرآوری دانه ذرت، سطح مونسین جیره استارتر و اثر متقابل آن‌ها قرار نگرفت ($P>0.05$). در ارتباط با روش فرآوری (شکل فیزیکی) دانه غلات بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، استفاده از دانه کامل ذرت به جای دانه ذرت آسیاب شده در آزمایش پژوه و همکاران (۲۰۱۴) و قلی‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) و استفاده از دانه جو کامل در مقایسه با دانه جو آسیاب شده در آزمایش جارا و همکاران (۲۰۱۳) در جیره استارتر بر بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های در حال رشد تاثیر نداشت. همچنین، جایگزینی دانه ذرت آسیاب شده با سطوح مختلف دانه ذرت کامل در جیره استارتر بر بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های جوان در حال رشد تاثیری نداشت (کامیاب‌فرد و همکاران ۲۰۲۳). علاوه بر این، پولکی کردن دانه ذرت در مقایسه با آسیاب کردن آن در بعضی آزمایش‌ها (کاظم‌جاسم و هکاران ۲۰۲۲) با عدم تاثیر و در آزمایش‌های دیگر (راستگو و همکاران ۲۰۲۰) با بهبود بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های جوان همراه بوده است. مشابه با نتایج آزمایش حاضر، افزودن مونسین به جیره استارتر گوساله‌های شیرخوار در آزمایش اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) تاثیری بر بازده استفاده از خوراک نداشت. در صورتی که در آزمایش وو و همکاران (۲۰۲۰) مونسین بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های شیرخوار در ۷۰ روز اول پس از تولد را افزایش داد، اما بر بازده استفاده از خوراک در پس از شیرگیری تاثیری نداشت (وو و همکاران ۲۰۲۰b). دوفیلد و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که مونسین در بعضی آزمایش‌ها باعث بهبود بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های در حال رشد شده است اما در بعضی آزمایش‌ها بر بازده استفاده

از خوراک تاثیری نداشته است. آنها این تفاوت را به روش مدیریت و ترکیبات جیره ارتباط دادند. کالسامیگلیا و همکاران (۲۰۰۷) و بنچار و همکاران (۲۰۰۸) بهبود بازده استفاده از خوراک در زمان استفاده از مونسین را به تغییر در الگوی اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه (افزایش پروپیونات و کاهش استات و بوتیرات) ارتباط دادند. اگرچه در آزمایش حاضر، علیرغم تغییر در الگوی اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین تفاوتی در بازده استفاده از خوراک مشاهده نشد. رضایی‌اخوانی و همکاران (۲۰۲۴) افزایش تولید پروپیونات و کاهش تولید متان در شکمبه و به دنبال آن افزایش بازده استفاده از خوراک در گاوهای دریافت کننده مونسین را گزارش کردند. یکی از دلایل عدم تاثیر مونسین بر بازده استفاده از خوراک در گوساله‌های آزمایش حاضر را می‌توان به مقدار کم علوفه در جیره آن‌ها ارتباط داد. زیرا تولید متان در جیره‌های حاوی علوفه بیشتر است (ایفاراگوری و کلارک ۲۰۰۳). عدم تاثیر جیره‌های آزمایشی بر بازده استفاده از خوراک در گوساله‌ها را می‌توان به یکسان بودن مصرف ماده خشک و افزایش وزن روزانه در آن‌ها ارتباط داد (جدول ۲). زیرا بازده استفاده از خوراک با توجه به مقدار مصرف ماده خشک و افزایش وزن روزانه محاسبه می‌شود.

شاخص‌های رشد اسکلتی

اثر جیره‌های آزمایشی بر شاخص‌های رشد اسکلتی شامل دور سینه، طول بدن، ارتفاع جدوگاه، ارتفاع هیپ و پهنای هیپ گوساله‌ها در شروع آزمایش (۳ روزگی)، روز شیرگیری (۶۳ روزگی) و پایان دوره آزمایش (۸۳ روزگی) در جدول ۳ آمده است. دور سینه، طول بدن و پهنای هیپ گوساله‌ها در زمان شیرگیری و پایان آزمایش تحت تاثیر اثر متقابل روش فرآوری دانه ذرت و مونسین قرار نگرفت ($P>0.05$). افزودن مونسین به جیره استارتر بر دور سینه، طول بدن و ارتفاع و پهنای هیپ گوساله‌ها در زمان شیرگیری و پایان آزمایش تاثیری نداشت ($P>0.05$). در صورتی که ارتفاع جدوگاه گوساله‌ها در روز شیرگیری را

(۲۰۲۲) بر طول بدن، دور شکم و دور سینه گوساله‌های شیرخوار در زمان شیرگیری و پایان آزمایش تاثیری نداشت. اما آنها افزایش ارتفاع جدوگاه و هیپ در گوساله‌های تغذیه شده با جیره حاویدانه ذرت پولکی شده با بخار را گزارش کردند. در آزمایش اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) طول بدن و دور سینه گوساله‌های شیرخوار تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسنین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسنین تفاوت نداشت. در صورتی که مونسنین باعث افزایش ارتفاع جدوگاه در زمان شیرگیری و پایان آزمایش و ارتفاع هیپ در زمان شیرگیری در گوساله‌ها شد. اما مونسنین در آزمایش‌های دیگر (وو و همکاران ۲۰۲۰a,b) بر طول بدن، ارتفاع جدوگاه و ارتفاع هیپ گوساله‌های جوان تاثیری نداشت. بالاتر بودن ارتفاع جدوگاه و ارتفاع هیپ در زمان شیرگیری و پایان آزمایش در گوساله‌های تغذیه شده با جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسنین را می‌توان به قابلیت دسترسی بیشتر مواد مغذی در آن‌ها ارتباط داد. افزودن مونسنین به جیره استارتر گوساله‌های شیرخوار در آزمایش اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) با افزایش قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام همراه بود. همچنین مونسنین در آزمایش دیگر (وو و همکاران ۲۰۲۰a) نیز باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، الیاف شونده خنثی و اسیدی، نشاسته، کلسیم و فسفر شد. علاوه بر این، پولکی کردن دانه ذرت با بخار در آزمایش اقتداری و همکاران (۲۰۲۴) با افزایش قابلیت هضم ماده آلی و فسفر و در آزمایش مکی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) با افزایش قابلیت هضم ماده آلی و کربوهیدرات‌های غیرالیافی همراه بوده است. بنابراین، این نتایج نشان می‌دهد که پولکی کردن دانه ذرت با بخار و مونسنین می‌توانند بر استفاده از مواد مغذی اثر هم‌افزایی داشته باشند. در نتیجه با تامین مواد مغذی (کلسیم، فسفر، پروتئین، انرژی) بر رشد استخوان و اسکلت گوساله‌های شیرخوار تاثیر مثبت داشته باشند. بخش عمده استخوان از فسفات کلسیم و پروتئین تشکیل شده است (مکدونالد و همکاران ۲۰۲۲). همان گونه که در جدول ۴

افزایش داد ($P < 0.05$). روش فراوری دانه ذرت بر طول بدن گوساله‌ها در زمان شیرگیری و پایان آزمایش تاثیر نداشت ($P > 0.05$). دور سینه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه ذرت کامل در روز شیرگیری کمتر بود ($P < 0.05$). ارتفاع جدوگاه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه ذرت کامل در روز شیرگیری بیشتر ($P < 0.05$) و در پایان آزمایش تمایل به افزایش داشت ($P = 0.09$). جیره‌های استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه ذرت کامل باعث افزایش ارتفاع هیپ گوساله‌ها در زمان شیرگیری و پایان آزمایش شدند ($P < 0.05$). ارتفاع هیپ گوساله‌ها در زمان شیرگیری تحت تاثیر روش فراوری دانه ذرت قرار نگرفت ($P > 0.05$). اما این پارامتر در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه ذرت کامل در پایان آزمایش تمایل به افزایش داشت ($P = 0.06$). اثر فراوری (شکل فیزیکی) دانه‌های غلات بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار متفاوت بوده است. در آزمایش کامیاب‌فرد و همکاران (۲۰۲۳) شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در زمان شیرگیری و پایان آزمایش تحت تاثیر جایگزینی دانه ذرت آسیاب شده با سطوح مختلف دانه ذرت کامل قرار نگرفت. همچنین، ارتفاع جدوگاه در آزمایش قلی‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) و همه شاخص‌های رشد اسکلتی در آزمایش پژوه و همکاران (۲۰۱۴) تحت تاثیر دانه کامل ذرت در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده در جیره استارتر گوساله‌های شیرخوار قرار نگرفت. در ارتباط با پولکی کردن دانه غلات، در آزمایش راستگو و همکاران (۲۰۲۰) پولکی کردن دانه ذرت با بخار در مقایسه با آسیاب کردن آن بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌ها تاثیری نداشت. علاوه بر این، پولکی کردن دانه ذرت با بخار در مقایسه با آسیاب کردن آن در آزمایش دیگر (کاظم‌جاسم و همکاران

حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین غلظت نیتروژن آمونیاکی (پیش از شیرگیری) کمتر و غلظت پروپیونات (پیش از شیرگیری) بیشتری در مایع شکمبه داشتند ($P>0/05$). همچنین، غلظت کل اسیدهای چرب فرار (پیش از شیرگیری) و غلظت بوتیرات (پس از شیرگیری) در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های استارتر حاوی مونسین در مقایسه با سایر گروه‌ها به ترتیب تمایل به افزایش ($P=0/07$) و کاهش ($P=0/09$) داشت.

آمده است غلظت کل اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسین در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشتر بود که تا حدودی می‌تواند بالاتر بودن ارتفاع جدوگاه و هیپ در آن‌ها را توجیه کند. اثر فرآوری (شکل فیزیکی) دانه‌های غلات بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار متفاوت بوده است. در آزمایش کامیاب‌فرد و همکاران (۲۰۲۳) شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در زمان شیرگیری و پایان آزمایش تحت تاثیر جایگزینی دانه ذرت آسیاب شده با سطوح مختلف دانه ذرت کامل قرار نگرفت. همچنین، ارتفاع جدوگاه در آزمایش قلی‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) و همه شاخص‌های رشد اسکلتی در آزمایش پژوه و همکاران (۲۰۱۴) تحت تاثیر دانه کامل ذرت در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده در جیره استارتر گوساله‌های شیرخوار قرار نگرفت.

فراسنجه‌های تخمیر شکمبه

اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه گوساله‌ها در دوره پیش و پس از شیرگیری در جدول ۴ آمده است. pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی و بوتیرات مایع شکمبه در دوره پیش و پس از شیرگیری تحت تاثیر اثر متقابل روش فرآوری دانه ذرت و مونسین قرار نگرفت ($P>0/05$). بیشترین غلظت کل اسیدهای چرب فرار در دوره پیش و پس از شیرگیری و غلظت پروپیونات در پیش از شیرگیری و کمترین غلظت استات و نسبت استات به پروپیونات در دوره پیش از شیرگیری در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسین مشاهده شد ($P<0/05$). افزودن مونسین به جیره استارتر بر pH (پیش و پس از شیرگیری)، نیتروژن آمونیاکی و کل اسیدهای چرب فرار (پس از شیرگیری)، استات (پیش و پس از شیرگیری)، پروپیونات (پس از شیرگیری)، نسبت استات به پروپیونات (پیش و پس از شیرگیری) و بوتیرات (پیش از شیرگیری) مایع شکمبه گوساله‌ها تاثیری نداشت ($P>0/05$). در صورتی که گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های استارتر

Table 3 - Effect of corn grain processing method (whole grain vs. steam-flaked grain) and monensin level (0 vs. 40 mg/kg of DM) on means of skeletal growth indices of Holstein dairy calves

Item	Treatments				SEM	P-value		
	Whole corn grain		Steam-flaked corn grain			PM	MO	PM × PM
	Without Monensin	Monensin	Without Monensin	Monensin				
Body length								
d 3	44.2	43.8	43.2	43.3	0.28	0.53	0.50	0.46
d 63	51	50.9	51.8	51.9	0.49	0.45	0.99	0.78
d 83	54.1	53.9	53.7	54.5	0.62	0.77	0.63	0.62
Heart girth								
d 3	77.9	78.7	77.8	76.7	0.61	0.31	0.53	0.94
d 63	96.7	94.9	96.2	96.8	1.21	0.06	0.69	0.44
d 83	101	99.5	99.8	102	1.48	0.68	0.80	0.19
Body barrel								
d 3	15	15.2	14.8	14.6	0.23	0.13	0.69	0.67
d 63	19.8	19.4	20	20.9	0.48	0.32	0.99	0.30
d 83	21	20.7	21.9	22.2	0.58	0.07	0.91	0.44
Wither height								
d 3	75.6	76.1	75.6	74.2	0.50	0.32	0.62	0.31
d 63	83.4 ^b	84.1 ^b	84.9 ^b	87.9 ^a	1.17	<0.01	0.02	0.02
d 83	88.1 ^b	86.9 ^b	87.3 ^b	91.2 ^a	1.33	0.09	0.27	0.03
Hip height								
d 3	80	78.5	79.2	78.8	0.49	0.71	0.18	0.89
d 63	89.3 ^b	87.5 ^b	88.7 ^b	93.2 ^a	1.17	0.04	0.26	0.01
d 83	91.6 ^b	91.1 ^c	90.9 ^c	95.8 ^a	1.41	0.04	0.15	<0.01

^{a-c} In each row means differ significantly if they do not share a common letter ($p < 0.05$). SEM= Standard error of means, PM= Processing method, MO= Monensin

Table 4 - Effect of corn grain processing method (whole grain vs. steam-flaked grain) and monensin level (0 vs. 40 mg/kg of DM) on means of rumen fermentation parameters of Holstein dairy calves

Item	Treatments				SEM	P-value		
	Whole corn grain		Steam-flaked corn grain			PM	MO	PM × MO
	Without monensin	Monensin	Without monensin	Monensin				
Rumen pH								
Pre-weaning (d 45)	5.98	5.91	5.87	5.75	0.06	0.07	0.17	0.69
Post-weaning (d 80)	6.14	6.23	6.15	6.09	0.08	0.40	0.88	0.32
Ruminal ammonia, mg/dl								
Pre-weaning (d 45)	14.1	11.6	12.1	10.5	0.55	0.02	<0.01	0.49
Post-weaning (d 80)	17.2	15	14.1	14.4	0.92	0.02	0.17	0.10
Total VFA, mmol								
Pre-weaning (d 45)	75.8 ^{bc}	76.7 ^b	74.5 ^c	83.9 ^a	1.62	0.12	0.07	0.04
Post-weaning (d 80)	104 ^c	100 ^{bc}	110 ^b	119 ^a	2.34	0.02	0.16	<0.01
Acetate, mmol/L								
Pre-weaning (d 45)	51.7 ^b	57.6 ^a	53.6 ^b	49.1 ^c	1.12	0.06	0.65	<0.01
Post-weaning (d 80)	52.6	53.7	47.9	48.7	1.39	0.02	0.27	0.84
Propionate, mmol/L								
Pre-weaning (d 45)	32.2 ^b	30.7 ^c	34.5 ^b	37.8 ^a	1.54	0.01	0.05	0.03
Post-weaning (d 80)	31.7	32.4	34.5	35.0	1.91	0.02	0.57	0.94
Butyrate, mmol/L								
Pre-weaning (d 45)	14.2	11.5	12	13.2	0.83	0.49	0.41	0.10
Post-weaning (d 80)	15.9	13.9	17.4	16.2	0.99	0.01	0.09	0.74
A:P								
Pre-weaning (d 45)	1.55 ^b	1.95 ^a	1.56 ^b	1.32 ^c	0.07	<0.01	0.46	<0.01
Post-weaning (d 80)	1.68	1.66	1.41	1.39	0.06	<0.01	0.81	0.88

^{a-c}In each row means differ significantly if they do not share a common letter ($p < 0.05$). SEM= Standard error of means, PM= Processing method, MO= Monensin

را افزایش داد. وو و همکاران (۲۰۲۰a) با افزودن موننسنین به جیره استارتر افزایش غلظت پروپیونات و کاهش غلظت کل اسیدهای چرب فرار، استات و بوتیرات مایع شکمبه گوساله‌های شیرخوار را گزارش کردند. البته در آزمایش آن‌ها غلظت اسیدهای چرب فرار شاخه‌دار تحت تاثیر موننسنین جیره استارتر قرار نگرفت. رضایی‌اهوانویی و همکاران (۲۰۲۴) در یک مطالعه متاآنالیز نتیجه گرفتند که موننسنین در بیشتر مطالعات انجام شده بر pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه تاثیری ندارد. آن‌ها بیان کردند که تاثیر موننسنین بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه به عواملی از قبیل مصرف ماده خشک، ترکیب جیره (مخصوصاً نوع کربوهیدرات و محتوی چربی)، دوز مصرفی موننسنین و مدت زمان مصرف موننسنین بستگی دارد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که موننسنین باعث افزایش غلظت مولی پروپیونات و کاهش غلظت مولی استات و بوتیرات می‌شود (رضایی‌اهوانویی و همکاران ۲۰۲۴). موننسنین با مهار باکتری‌های گرم مثبت غلظت استات، بوتیرات و آمونیاک در مایع شکمبه را کاهش و غلظت پروپیونات را افزایش می‌دهد (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت در آزمایش حاضر را می‌توان به قابلیت دسترسی بیشتر نشاسته برای سنتز پروتئین میکروبی (جدول ۵) در آن‌ها ارتباط داد. کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی موننسنین در آزمایش حاضر را می‌توان به مهار باکتری‌های تجزیه کننده پروتئین و اسیدهای آمینه به وسیله موننسنین ارتباط داد (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). افزایش غلظت کل اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با سایر گروه‌ها را می‌توان به عواملی ارتباط داد. از جمله این عوامل می‌توان به تخمیر بیشتر مواد مغذی (مخصوصاً نشاسته) در دانه ذرت پولکی شده با بخار و مهار احتمالی

با در نظر گرفتن روش فرآوری (شکل فیزیکی) دانه غلات در جیره استارتر، استفاده از دانه ذرت کامل در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۲۱) در ترکیب جیره استارتر بر pH مایع شکمبه گوساله‌های شیرخوار تاثیری نداشت. همچنین، در آزمایش کامیاب‌فرد و همکاران (۲۰۲۳) با افزایش مقدار دانه کامل ذرت در جیره استارتر pH شکمبه گوساله‌ها به طور خطی افزایش یافت. پولکی کردن دانه ذرت در مقایسه با آسیاب کردن آن (راستگو و همکاران ۲۰۲۰) بر pH مایع شکمبه گوساله‌های شیرخوار در پیش و پس از شیرگیری اثری نداشت. اما pH مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده در آزمایش اقتداری و همکاران (۲۰۲۴) تمایل به کاهش داشت. تمایل به کاهش pH مایع شکمبه در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت در آزمایش حاضر را می‌توان به عوامل مختلفی ارتباط داد. از جمله می‌توان به تخمیر بیشتر مواد مغذی خوراک (مخصوصاً نشاسته) در شکمبه توسط میکروارگانیسم‌ها (مکی زاده و همکاران ۲۰۲۰)، افزایش مصرف ماده خشک (جدول ۲) و افزایش تولید اسیدهای چرب فرار (جدول ۴) در آن‌ها اشاره کرد. اسیدهای چرب فرار پس از تولید، هیدروژن خود را به محیط شکمبه آزاد و باعث کاهش pH آن می‌شوند (دیجکسترا و همکاران ۲۰۱۲). پولکی کردن دانه غلات با شکستن گرانول‌های نشاسته و ژلاتینه کردن نشاسته باعث افزایش تجزیه آن در شکمبه، افزایش تولید اسیدهای چرب فرار و کاهش pH محتویات شکمبه می‌شود (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). افزودن موننسنین به جیره استارتر در آزمایش اسدی سیاه‌چقایی و همکاران (۱۴۰۴) بر pH و غلظت اسیدهای چرب فرار شاخه‌دار تاثیری نداشت. در صورتی که غلظت نیتروژن آمونیاکی (پیش و پس از شیرگیری)، استات (پیش از شیرگیری) و بوتیرات (پس از شیرگیری) را کاهش و غلظت کل اسیدهای چرب فرار (پیش از شیرگیری) و پروپیونات (پیش از شیرگیری)

دفع ادراری نیتروژن اورهای در گوساله‌ها شد ($P < 0.05$). در آزمایش راستگو و همکاران (۲۰۲۰)، مکی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) و اقتداری و همکاران (۲۰۲۴) پولکی کردن دانه ذرت با بخار در مقایسه با آسیاب کردن آن باعث افزایش دفع ادراری آلانتوئین، کل مشتقات پورینی و سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه و کاهش دفع ادراری نیتروژن در گوساله‌های شیرخوار شد. با در نظر گرفتن مونسین، در آزمایش اسدی سیاه چقایی و همکاران (۱۴۰۴) افزودن مونسین به جیره استارتر بر دفع ادراری کراتینین، اسید اوریک، آلانتوئین و کل مشتقات پورینی و سنتز پروتئین میکروبی تاثیری نداشت. اما دفع ادراری نیتروژن در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین تمایل به کاهش داشت. مقایسه با جیره‌های بدون مونسین تمایل به کاهش داشت. افزایش سنتز پروتئین میکروبی و به دنبال آن دفع ادراری آلانتوئین و کل مشتقات پورینی ادرار در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت را می‌توان به فراهمی بیشتر ماده آلی قابل تخمیر (نشاسته) در شکمبه ارتباط داد. زیرا نشاسته با تامین انرژی و اسکلت کربنی برای سنتز اسیدهای آمینه تاثیر زیادی بر سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه نشخوارکنندگان دارد (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). افزایش تجزیه نشاسته و بازده استفاده از نیتروژن برای سنتز پروتئین میکروبی در گوساله‌های پرواری (پلاسینیا و همکاران ۲۰۱۸) و گوساله‌های شیرخوار (مکی‌زاده و همکاران ۲۰۲۰) تغذیه شده با جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار گزارش شده است. فراهمی بیشتر ماده آلی قابل تخمیر در شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت در آزمایش حاضر را می‌توان به افزایش مصرف ماده خشک جیره استارتر در پیش از شیرگیری و کل مصرف ماده خشک در آن‌ها نیز ارتباط داد (جدول ۲). افزایش دفع مشتقات پورینی ادرار نشان دهنده سنتز پروتئین میکروبی بیشتر در شکمبه می‌باشد (چن و گومز ۱۹۹۲). از این رو،

باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک توسط مونسین اشاره کرد. باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک گرم مثبت هستند و به وسیله مونسین مهار می‌شوند (مک‌گوفی و همکاران ۲۰۰۱). قدرت اسیدی اسید لاکتیک در مقایسه با اسیدهای چرب فرار (استات، پروپیونات، بوتیرات) بیشتر بوده و باعث کاهش بیشتر در pH محتویات شکمبه می‌شود (دیجکسترا و همکاران ۲۰۱۲). کاهش pH مایع شکمبه باعث کاهش فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌های شکمبه و کاهش تخمیر مواد مغذی می‌شود که به دنبال آن غلظت کل اسیدهای چرب فرار نیز کاهش می‌یابد (مک‌دونالد و همکاران ۲۰۲۲).

حجم ادرار، مشتقات پورینی و نیتروژن اورهای ادرار و سنتز پروتئین میکروبی

اثر جیره‌های آزمایشی بر حجم ادرار، دفع ادراری آلانتوئین، اسید اوریک، مجموع مشتقات پورینی و نیتروژن اورهای و سنتز پروتئین میکروبی در گوساله‌ها در جدول ۵ آمده است. حجم ادرار، دفع ادراری کراتینین، اسید اوریک، کل مشتقات پورینی و نیتروژن اورهای و سنتز پروتئین میکروبی در گوساله‌ها تحت تاثیر اثر متقابل روش فرآوری دانه ذرت و مونسین قرار نگرفت ($P > 0.05$). افزودن مونسین به جیره استارتر بر حجم ادرار و دفع ادراری کراتینین و اسید اوریک در گوساله‌ها تاثیری نداشت ($P > 0.05$). در صورتی که مونسین دفع ادراری نیتروژن اورهای را کاهش داد ($P < 0.05$). دفع ادراری آلانتوئین ($P = 0.07$) و کل مشتقات پورینی ($P = 0.08$) و سنتز پروتئین میکروبی ($P = 0.08$) در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های استارتر حاوی مونسین در مقایسه با گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های بدون مونسین تمایل به افزایش داشت. حجم ادرار و دفع ادراری کراتینین و اسید اوریک تحت تاثیر روش فرآوری دانه ذرت قرار نگرفت ($P > 0.05$). در صورتی که تغذیه جیره‌های استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه ذرت کامل باعث افزایش دفع ادراری آلانتوئین و مجموع مشتقات پورینی و سنتز پروتئین میکروبی و کاهش

در شکمبه آن‌ها ارتباط داد. زیرا افزایش رقت و کاهش فشار اسمزی محتویات شکمبه بر سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه تاثیر مثبت دارد (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱).

فراسنجه‌های خون

اثر جیره‌های آزمایشی بر غلظت گلوکز، بتا هیدروکسی بوتیرات، نیتروژن اورهای، پروتئین کل و انسولین سرم گوساله‌ها در دوره پیش و پس از شیرگیری در جدول ۶ آمده است. غلظت گلوکز، بتا هیدروکسی بوتیرات، نیتروژن اورهای و پروتئین کل سرم گوساله‌ها در دوره پیش و پس از شیرگیری و غلظت انسولین سرم در پس از شیرگیری تحت تاثیر اثر متقابل روش فرآوری دانه ذرت و مونسین در جیره استارتر قرار نگرفت ($P>0/05$). اما، بیشترین غلظت انسولین سرم در دوره پیش از شیرگیری در گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسین مشاهده شد ($P<0/05$). غلظت گلوکز، بتا هیدروکسی بوتیرات، پروتئین کل و انسولین سرم گوساله‌ها در دوره پس از شیرگیری تحت تاثیر افزودن مونسین به جیره استارتر قرار نگرفت ($P>0/05$). در صورتی که، مونسین در دوره پیش از شیرگیری باعث افزایش غلظت گلوکز و انسولین و کاهش نیتروژن اورهای سرم گوساله‌های شد ($P<0/05$). غلظت نیتروژن اورهای سرم در دوره پس از شیرگیری در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های استارتر حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین تمایل به کاهش داشت ($P=0/07$). غلظت بتا هیدروکسی بوتیرات و نیتروژن اورهای (پس از شیرگیری) و پروتئین کل (پیش و پس از شیرگیری) تحت تاثیر روش فرآوری دانه ذرت قرار نگرفت ($P>0/05$). اما تغذیه جیره‌های استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با دانه ذرت کامل باعث افزایش غلظت گلوکز (پیش و پس از زایش)، بتا هیدروکسی بوتیرات (پیش از زایش) و انسولین (پیش و پس از زایش) و کاهش نیتروژن اورهای (پیش از زایش) سرم گوساله‌ها شد ($P<0/05$). استفاده از دانه کامل ذرت در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده در جیره گوساله‌های جوان بر غلظت

دفع بیشتر آلانتوئین و کل مشتقات پورینی ادرار در آزمایش حاضر با سنتز بیشتر پروتئین میکروبی همخوانی دارد. کاهش دفع ادراری نیتروژن در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت در آزمایش حاضر می‌توان به عواملی ارتباط داشته باشد. از جمله این عوامل می‌توان به استفاده بیشتر نیتروژن آمونیاکی برای سنتز پروتئین میکروبی (جدول ۵)، کاهش جذب آمونیاک و به دنبال آن کاهش غلظت نیتروژن اورهای سرم (جدول ۶) در آن‌ها اشاره کرد. نیتروژن آمونیاکی تولید شده از تجزیه پروتئین‌های خوراک در شکمبه در صورت در دسترس بودن منبع انرژی و اسکلت کربنی به اسیدهای آمینه و سپس پروتئین میکروبی تبدیل می‌شود. در صورتی که منبع انرژی کافی در دسترس نباشد از دیواره شکمبه جذب و در کبد به اوره تبدیل می‌شود. سپس اوره از راه‌های مختلف از جمله ادرار، بزاق، دیواره شکمبه و شیر دفع می‌شود (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). نتایج آزمایش حاضر نشان دهنده این است که پولکی کردن دانه ذرت با بخار باعث افزایش دسترسی انرژی لازم برای تبدیل نیتروژن آمونیاکی به پروتئین میکروبی و به دنبال آن دفع کمتر نیتروژن اورهای از طریق ادرار در گوساله‌ها شده است. کاهش دفع ادراری نیتروژن اورهای در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین در آزمایش حاضر را می‌توان به غلظت کمتر نیتروژن آمونیاکی در شکمبه و غلظت کمتر نیتروژن اورهای سرم آن‌ها ارتباط داد. زیرا بین غلظت نیتروژن آمونیاکی در مایع شکمبه، غلظت نیتروژن اورهای سرم و غلظت نیتروژن اورهای ادرار رابطه مثبت و نزدیکی وجود دارد (هایلی‌مریم و همکاران ۲۰۲۱). پلیزیر و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که مونسین باعث افزایش ابقاء نیتروژن می‌شود. افزایش دفع آلانتوئین و مشتقات پورینی ادرار و سنتز پروتئین میکروبی در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در آزمایش حاضر را احتمالاً می‌توان به شرایط بهتر شکمبه و افزایش رقت مواد هضمی

به افزایش غلظت پروپیونات در مایع شکمبه آن‌ها (جدول ۴) ارتباط داد. پروپیونات پیش‌ساز اصلی سنتز گلوکز طی مسیر گلوکونئوزنیز در کبد نشخوارکنندگان است (موسسه تحقیقات ملی ۲۰۲۱). البته گلوکز سرم در گوساله‌های شیرخوار از هضم لاکتوز شیر در روده کوچک نیز منشأ می‌گیرد اما در آزمایش حاضر تفاوتی در مقدار مصرف شیر در بین گوساله‌ها وجود نداشت. بنابراین تفاوت در غلظت گلوکز سرم در آن‌ها را می‌توان بیشتر به تفاوت غلظت پروپیونات در مایع شکمبه آن‌ها ارتباط داد. افزایش غلظت بتا‌هیدروکسی بوتیرات سرم در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با دانه کامل ذرت در آزمایش حاضر را می‌توان به بالاتر بودن غلظت بوتیرات در مایع شکمبه آن‌ها ارتباط داد. بوتیرات تولید شده در شکمبه در زمان جذب در سلول‌های دیواره شکمبه به بتا‌هیدروکسی بوتیرات تبدیل می‌شود (دیجکسترا ۱۹۹۴). کاهش غلظت نیتروژن اورهای سرم در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت و در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین را می‌توان به کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی در مایع شکمبه آن‌ها (جدول ۴) ارتباط داد. از طرفی، کاهش غلظت نیتروژن اورهای سرم در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار یا مونسین را می‌توان به بازده بهتر استفاده از اسیدهای آمینه سرم برای سنتز پروتئین در بافت‌ها ارتباط داد (گوپتا و همکاران ۲۰۱۹). معمولاً از غلظت نیتروژن اورهای سرم به عنوان شاخصی برای مقدار مصرف و متابولیسم پروتئین و اسیدهای آمینه استفاده می‌شود (کلینکون و جزک ۲۰۱۲). آمونیاک مازاد بر مقدار مورد نیاز برای سنتز پروتئین میکروبی از دیواره شکمبه جذب و به اوره تبدیل می‌شود (هائیلی‌مریم و همکاران ۲۰۲۱). عدم تفاوت در غلظت پروتئین کل سرم گوساله‌ها علیرغم افزایش سنتز پروتئین میکروبی در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه ذرت پولکی

گلوکز، بتا‌هیدروکسی بوتیرات و نیتروژن اورهای سرم تاثیری نداشت (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۲۱). همچنین، جایگزینی سطوح مختلف دانه ذرت آسیاب شده با دانه ذرت کامل در جیره استارتر در آزمایش کامیاب‌فرد و همکاران (۲۰۲۳) بر غلظت گلوکز، بتا‌هیدروکسی بوتیرات، پروتئین کل، آلبومین و نیتروژن اورهای پلاسمای گوساله‌های شیرخوار تاثیری نداشت. اقتداری و همکاران (۲۰۲۴) عدم تاثیر پولکی کردن دانه ذرت با بخار در مقایسه با دانه ذرت آسیاب شده را بر غلظت گلوکز و بتا‌هیدروکسی بوتیرات سرم گوساله‌های در حال رشد را مشاهده کردند. در صورتی که پولکی کردن دانه ذرت با بخار در آزمایش‌های قبلی (کاظم‌جاسم و همکاران ۲۰۲۲) باعث افزایش غلظت گلوکز و بتا‌هیدروکسی بوتیرات و کاهش غلظت نیتروژن اورهای پلاسمای گوساله‌های شیرخوار شد. در آزمایش وو و همکاران (۲۰۲۲b) افزودن مونسین به جیره استارتر بر غلظت پروتئین کل و گلوکز سرم گوساله‌های نر در حال رشد تاثیری نداشت اما غلظت نیتروژن اورهای سرم را کاهش داد. بر اساس متا‌آنالیز انجام شده توسط رضایی‌اهوانویی و همکاران (۲۰۲۴)، مونسین در بیشتر آزمایش‌های بررسی شده بر غلظت گلوکز، بتا‌هیدروکسی بوتیرات و نیتروژن اورهای سرم در گاوهای شیری تاثیری نداشت. البته در متا‌آنالیز انجام شده توسط دوفیلد و همکاران (۲۰۰۸) مونسین در بیشتر تحقیقات انجام شده باعث افزایش غلظت گلوکز سرم گاوهای شیری شد. بالاتر بودن غلظت انسولین در سرم گوساله‌های تغذیه شده با جیره حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسین را می‌توان به بالاتر بودن غلظت عددی گلوکز در سرم آن‌ها (جدول ۶) ارتباط داد. افزایش غلظت گلوکز سرم باعث تحریک ترشح انسولین از پانکراس می‌شود (دی‌کاسترو و اوپسومر ۲۰۱۳). بالاتر بودن غلظت گلوکز در سرم گوساله‌های تغذیه شده با جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت و در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسین را می‌توان

شیرگیری) و پیوپیونات (پیش از شیرگیری) مایع شکمبه و انسولین سرم (پیش از شیرگیری) و کاهش غلظت استات و نسبت استات به پروپیونات (پیش از شیرگیری) مایع شکمبه گوساله‌ها شد. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده همزمان از دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسنین در جیره آغازین می‌تواند با بهبود پارامترهای تخمیر شکمبه و متابولیکی، منجر به عملکرد بهتر رشد در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین شود.

شده با بخار در مقایسه با جیره‌های حاوی دانه کامل ذرت و در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی مونسنین در مقایسه با جیره‌های بدون مونسنین نامشخص است.

نتیجه‌گیری کلی

تغذیه جیره استارتر حاوی دانه ذرت پولکی شده با بخار و مونسنین باعث افزایش وزن بدن (زمان شیرگیری و پایان آزمایش)، ارتفاع جدوگاه و هیپ (زمان شیرگیری و پایان آزمایش)، غلظت کل اسیدهای چرب فرار (پیش و پس از

Table 5 - Effect of corn grain processing method (whole grain vs. steam-flaked grain) and monensin level (0 vs. 40 mg/kg of DM) on urine volume, urinary excretion of purine derivatives and urea nitrogen, and microbial protein synthesis in Holstein dairy calves

Item	Treatments				P-value			
	Whole corn grain		Steam-flaked corn grain		SEM	PM	MO	PM × MO
	Without monensin	Monensin	Without monensin	Monensin				
Urine volume (L/d)	1.67	1.73	1.76	1.62	0.09	0.85	0.43	0.11
Creatinine (mg/dL)	118	115	114	121	2.97	0.72	0.43	0.22
Allantoin (mmol/d)	12.2	13.8	15.1	16.2	1.70	<0.01	0.07	0.73
Uric acid (mmol/d)	0.98	0.99	1.18	1.13	0.06	0.11	0.93	0.91
Total purine derivatives (mmol/d)	13.2	14.8	16.2	17.3	1.20	<0.01	0.08	0.73
Microbial protein synthesis (g/d)	11.3	12.7	13.9	14.8	0.83	0.04	0.08	0.85
Urinary urea nitrogen (g/d)	19.3	14.2	14.6	13.2	0.96	0.04	0.02	0.28

SEM= Standard error of means, PM= Processing method, MO= Monensin

Table 6 - Effect of corn grain processing method (whole grain vs. steam-flaked grain) and monensin level (0 vs. 40 mg/kg of DM) on serum concentrations of parameters and insulin in Holstein dairy calves

Item	Treatments				p-value			
	Whole corn grain		Steam-flaked corn grain		SEM	PM	MO	PM × MO
	Without monensin	Monensin	Without monensin	Monensin				
Glucose, mg/dL								
Pre-weaning (d 46)	94.8	100	98.6	109	3.98	0.02	0.03	0.51
Post-weaning (d 82)	74	71.9	80.2	78.2	4.04	0.05	0.43	0.90
Beta-hydroxybutyrate, mmol								
Pre-weaning (d 46)	0.086	0.091	0.112	0.134	0.07	<0.01	0.28	0.11
Post-weaning (d 82)	0.284	0.302	0.249	0.302	0.09	0.41	0.12	0.46
Blood urea nitrogen, mg/dL								
Pre-weaning (d 46)	20.5	18.1	17.8	15.4	0.74	0.03	0.05	0.97

Post-weaning (d 82)	18.3	14.9	16.9	15.8	1.23	0.87	0.07	0.32
Total protein (g/dL)								
Pre-weaning (d 46)	6.01	6.14	6.42	6.17	0.12	0.17	0.79	0.24
Post-weaning (d 82)	6.51	6.59	6.55	6.61	0.14	0.81	0.54	0.93
Insulin (IU/L)								
Pre-weaning (d 46)	6.67 ^c	7.39 ^b	8.12 ^b	10.9 ^a	0.83	<0.01	0.05	0.04
Post-weaning (d 82)	4.84	6.43	6.71	6.97	0.49	0.03	0.19	0.34

^{a-c}In each row means differ significantly if they do not share a common letter (Pp < 0.05). SEM= Standard error of means, PM= Processing method, MO= Monensin

سپاسگزاری

که در مراحل اجرای پایان نامه کمک کردند، کمال تقدیر و تشکر را داریم.

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ایلام و مجموعه صنعتی کشت و صنعت زرین‌خوشه اراک و تمامی کسانی

منابع مورد استفاده

- Aderinboye RY, Onwuka CF, Arigbede OM, Oduguwa OO and Aina AB, 2012. Effect of dietary monensin inclusion on per-formance, nutrient utilisation rumen volatile fatty acid concentra-tion and blood status of West African dwarf bucks fed with basal diets of forages. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1079-1087.
- AOAC International, 2002. Official Methods of Analysis. 17th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Benchaa C, Calsamiglia SA, ChavesVG, Fraser R, Colombatto D, McAllister TA and Beauchemin KA, 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology* 145: 209-228.
- Broderick GA and Kang JH, 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science* 63: 64-75.
- Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L, and Ferret A, 2007. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science* 90: 2580-2595.
- Chen XB and Gomes MJ, 1992. Estimation of microbial protein supply to supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives an overview of the technical details. International Feed Resources Unit Rowett Research Institute, Bucksburn Aberdeen AB2 9SB, UK Occasional Publication.
- De Koster JD and Opsomer G, 2013. Insulin resistance in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 29: 299-322.
- Dehghan-banadaky M, Corbett R and Oba M, 2007. Effects of barley grain processing on productivity of cattle. *Animal Feed Science and Technology* 137: 1-24.
- Dennis TS, Suarez-Mena FXT, Hill M, Quigley JD Schlotterbeck RL and Lascano GJ, 2017. Short communication: Effect of replacing corn with beet pulp in a high concentrate diet fed to weaned Holstein calves on diet digestibility and growth. *Journal of Dairy Science* 101: 408-412.
- Diani A, Tahmasebi R and Mohebi A, 2013. Raising calves and heifers. Shahid Bahonar University of Kerman Publications (In Persian).
- Dijkstra J, 1994. Production and absorption of volatile fatty acids in the rumen. *Livestock Production Science* 39: 61-69.
- Dijkstra J, Ellis JL, Kebreab EA, Strathe B, López S, Franced J and Banninke A, 2012. Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology* 172: 22-33.
- Duffield TF, Merrill JK and Bagg RN, 2012. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science* 90: 4583-4592.

- Eghtedari M, Khezri A, Kazemi-Bonchenari M, Yazdanyar M, Mohammadabadi MS, Mahani E and Ghaffari MH, 2024. Effects of corn grain processing and phosphorus content in calf starters on intake, growth performance, nutrient digestibility, blood metabolites, and urinary purine derivatives. *Journal of Dairy Science* 107: 9334-9346.
- Gholizadeh A, Hossein-Yazdi M, Mahjoubi E and Habibi-Tanh MZ, 2021. Potential interactive effects between corn grain forms (ground vs. whole) of starter feed and forage provision: effects on growth and health status of intensified milk-fed Holstein calves. *Animal Feed Science and Technology* 271: 114689.
- Gimeno A, Alami AA, Abecia A, De Vega A, Fondevila M and Castrillo C, 2015. Effect of type (barley vs. maize) and processing (grinding vs. dry rolling) of cereal on ruminal fermentation and microbiota of beef calves during the early fattening period. *Animal Feed Science and Technology* 199: 113-126.
- Godden SM, 2017. Management of the newborn calf. In: Beede, D. K. *Large Dairy Herd Management*. 3rd Edition, American Dairy Science Association, 1800 South Oak St., Ste. 100 Champaign, IL 61820: 399-408.
- Gupta S, Mohini M, Malla BA, Mondal G and Pandita S, 2019. Effects of monensin feeding on performance, nutrient utilization and enteric methane production in growing buffalo heifers. *Tropical Animal Health and Production*. 51: 859-866.
- Hailemariam S, ZhaoSh, He Y and Wang J, 2021. Urea transport and hydrolysis in the rumen: A review. *Animal Nutrition* 7: 989-996.
- Hill TM, Bateman HG, Aldrich JM and Schlotterbeck RL, 2008. Effects of the amounts of chopped hay or cottonseed hulls in a textured calf starter on young calf performance. *Journal of Dairy Science* 91: 2684-2693.
- Huntington GB, 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science* 75: 852-867.
- Ipharraguerre I R and Clark JH, 2003. Usefulness of ionophores for lactating dairy cows: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106: 39-57.
- James RE, 2017. Calves and replacements. In: Beede, D. K. *Large Dairy Herd Management*. 3rd Edition, American Dairy Science Association, 1800 South Oak St., Ste. 100 Champaign, IL 61820: 397-398.
- Jarrah A, Ghorbani GR, Rezamand P and Khorvash M, 2013. Short communication: Effects of processing methods of barley grain in starter diets on feed intake and performance of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 96: 7269-7273.
- Kamyab-Fard A, Hossein Yazdi M, Kazemi-Bonchenari M and Mahjoubi E, 2023. Inclusion of whole corn grain in forage-free starter feeds in Holstein dairy calves: Determination of optimum level on growth performance, rumen fermentation, and blood metabolites. *Animal Feed Science and Technology* 304: 115742.
- Kazem Jasem M, Fattahnia F, Mohammadi Y, Shokri AN, Khalilvandi-Behroozyar H and Kazemi-Bonchenari M, 2022. Effects of n-3 fatty acid supplementation from flax oil on growth performance, ruminal fermentation, and immune response in Holstein dairy calves fed either coarsely ground or steam-flaked corn grain. *Animal Feed Science and Technology* 115372.
- Kazemi-Bonchenari M, Khanaki H, Jafari A, Eghbali M, Poorhamdollah M and Ghaffari MH, 2022a. Milk feeding level and starter protein content: Effects on growth performance, blood metabolites, and urinary purine derivatives of Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science* 105: 1115-1130.
- Kazemi-Bonchenari M, Falahati R, Poorhamdollah M, Heidari SR, Pezeshki A, 2018b. Essential oils improved weight gain, growth and feed efficiency of young dairy calves fed 18 or 20% crude protein starter diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl.)* 102: 652- 661.
- Keshavarz V, Dehghan-Banadaky M, Ganjkanlou M and Kazemi-Bonchenari M, 2023. Effects of feeding wheat straw or beet pulp in starters supplemented with either soybean oil or palm fatty acids on growth performance and urinary purine derivatives in dairy calves. *Animal Feed Science and Technology* 297: 115569.
- Khan MA, Lee HJ, Lee WS, Kim HS, Kim SB, Park SB, Ha JK and Choi YJ, 2008. Starch source evaluation in calf starter: II. Ruminal parameters, rumen development, nutrient digestibilities, and nitrogen utilization in Holstein calves. *Journal of Dairy Science* 91: 1140-1149.
- Khan MA, Lee HJ, Lee WS, Kim HS, Kim SB, Ki KS, Park SJ, Ha JK and Choi YJ, 2007. Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *Journal of Dairy Science* 90: 5259-5268.

- Klinkon M and Ježek J, 2012. Values of Blood Variables in Calves. A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine. InTech Press, Rijeka, Croatia.
- Lorenz I, 2009. D-Lactic acidosis in calves. *Veterinary Journal* 179: 197-203.
- Makizadeh H, Kazemi-Bonchenari M, Mansoori-Yarahmadi HJ, Fakhraei H, Khanaki JK, Drackley and Ghaffari MH, 2020. Corn processing and crude protein content in calf starter: Effects on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites. *Journal of Dairy Science* 103: 9037–9053.
- McCarthy M, Yasui T, Ryan C, Mechor G and Overton T, 2015. Performance of early-lactation dairy cows as affected by dietary starch and monensin supplementation. *Journal of Dairy Science* 98: 3335-3350.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh TFD, Morgan CA, Sinclair LA, and Wilkinson RG, 2022. *Animal Nutrition*. 8th ed. London, UK.
- McGuffey RK, Richardson LF and Wilkinson JID, 2001. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *Journal of Dairy Science* 84: 194-203.
- Meale SJ, Chaucheyras-Durand F, Berends HL, Guan L and Steele MA, 2017. From pre- to postweaning: Transformation of the young calf's gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science* 100: 5984-5995.
- National Research Council (NRC), 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 8th Revised Edition, National Academy Science., Washington, DC.
- Ottensin DM and Batler DA, 1971. Improved gas chromatography separation of feed acids C2-C5 in dilute solution. *Annual Chemistry*. 43: 952-955.
- Pezhveh N, Ghorbani GR, Rezamand P and Khorvash M, 2014. Effects of different physical forms of wheat grain in corn-based starter on performance of young Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science* 97: 6382-6390.
- Plaizier J, Martin A, Duffield T, Bagg R, Dick P and Mc-Bride B, 2000. Effect of a prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on apparent digestibilities and nitrogen utilization in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83: 2918-2925.
- Plascencia A and Zinn RA, 1996. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. *Journal of Animal Science* 74: 310-316.
- Plascencia A, González-Vizcarra VM and Zinn RA, 2018. Comparative effects of grain source on digestion characteristics of finishing diets for feedlot cattle: steam-flaked corn, barley, wheat, and oats. *Canadian Journal of Animal Science* 98: 794-800.
- Quigley JD, Hill TM, Dennis TS, Suarez-Mena FX and Schlotterbeck RL, 2018. Effects of feeding milk replacer at 2 rates with pelleted, low-starch or texturized, high-starch starters on calf performance and digestion. *Journal of Dairy Science* 101: 5937-5948.
- Rastgoo MM, Kazemi-Bonchenari M, Hossein Y and Mahjoubi E, 2020. Effects of corn grain processing method (ground versus steam-flaked) with rumen undegradable to degradable protein ratio on growth performance, ruminal fermentation, and microbial protein yield in Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology* 269: 114646.
- Rezaei Ahvanooei MR, Norouzian MA, Piray AH, Vahmani P and Ghaffari MH, 2024. Effects of monensin supplementation on rumen fermentation, methane emissions, nitrogen balance, and metabolic responses of dairy cows: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Journal of Dairy Science* 107: 607-624.
- Santos MCB, Araújo APC, Venturelli C, Freitas B, Jr JE, Barletta RV, Gandra JR, de Paiva PG, Acedo TS and Rennó FP, 2019. Effects of increasing monensin doses on performance of mid-lactating Holstein cows. *Journal of Applied Animal Research* 47: 297-302.
- Valadares RFD, Broderick GA, Valadares Filho SS, Clayton MK, 1999. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science* 82: 2686-2696.
- Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA, 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Wackerhage H and Ratkevicius A, 2008. Signal transduction pathways that regulate muscle growth. *Essays Biochem.* 44: 99-108.

- Wu J, Guo J, Liu T, Chen H, Bai Y and Casper DP, 2020a. Feeding a calf starter containing monensin alone or in combination with an oregano, and cobalt blend to Holstein calves. *Journal of Animal Science* 98: 1-11.
- Wu J, Bai Y, Lang X, Wang C, Shi X, Casper D, Zhang P, Liu LH, Liu T, Gong X, Liang I and Zhang R, 2020b. Dietary supplementation with oregano essential oil and monensin in combination is antagonistic to growth performance of yearling Holstein bulls. *Journal of Dairy Science* 103: 8119-8229.