



The effect of replacing barley and corn with wheat on performance, digestibility, rumen fermentation, and gastrointestinal tract histomorphometry in fattening lamb diets

Yousof Amjadiyan¹ | Fardin Hozhabri² | Mohammad Ebrahim Nooriyan Soroor^{3,4} | Khodabakhsh Rashidi⁵

1. Department of Animal Science, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: y.amjadian@stu.razi.ac.ir
2. Department of Animal Science, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: hozhabri@razi.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. E-mail: m.nooriyansoroor@basu.ac.ir
4. Department of Animal Science, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: m.nooriyansoroor@basu.ac.ir
5. Adipose tissue and Oils Research Center, Health Technology Research Institute, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran. E-mail: khodabakhsh.rashidi@kums.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 10 July 2025
Received in revised form
14 December 2025
Accepted 17 December 2025
Published online 20 January 2026

Keywords:

Volatile fatty acids
Average daily gain
Intestinal villi
Protozoa
Starch

ABSTRACT

Objectives: Ruminal degradation rates of starch in cereal grains such as barley, corn, and wheat, differ based on starch structure, which influences rumen metabolism, growth, and overall performance of ruminants, and the rate of starch fermentation in the rumen modulates rumen pH, volatile fatty acid (VFA) production, feed intake, growth responses, and rumen development. Because wheat is generally more productive than barley, has a higher starch concentration (approximately 10% higher), and appears to have better digestibility than barley and corn, there is a need to assess the potential of wheat for replacing barley and corn in diets of finishing lambs.

Method: A completely randomized design was used to allocate 24 male Mehraban lambs (mean body weight of 40.3 ± 4.46 kg) to four dietary treatments with the following experimental diets: 1) 58% barley grain, 2) 29% barley grain + 29% corn grain, 3) 58% corn grain, and 4) 58% wheat grain. Growth performance (average daily gain, total body weight gain, and feed intake), nutrient digestibility, Protozoa population, ruminal fermentation parameters (pH, ammonia nitrogen, and VFAs), and post-mortem histomorphometry traits of the small intestine were assessed.

Results: There was no significant difference in lamb growth performance among the four dietary treatments. Dry matter digestibility was greatest in the wheat-based diet and lowest in the barley-based diet, whereas crude protein digestibility was higher in lambs fed the barley-based diet than in those fed corn- or wheat-based diets ($P < 0.05$). The concentration of ammonia nitrogen was higher in the wheat-based treatment than in the other groups ($P < 0.05$). Total VFA concentrations were higher in lambs offered wheat- and barley-based diets than in the remaining treatments, and the lowest values were in the corn-based diet ($P < 0.05$). The proportion of acetic acid was higher in the corn-based diet than in the barley- and wheat-based diets, and lambs fed the wheat-based diet had the lowest percentage of acetic acid ($P < 0.05$). Concentrations of propionic, butyric, and isobutyric acids were reduced in lambs fed the corn-based diet compared to the other treatments, and the highest proportions were found in the wheat or barley-based diets ($P < 0.05$). Total rumen protozoa and Entodinium counts were greater in lambs fed the wheat or barley + corn diets than in the other treatments, and maximal values were found in the wheat-based diet ($P < 0.05$). Duodenal villus length was greater in lambs fed the corn and barley + corn diets ($P < 0.05$), whereas duodenal villus depth was lower in the wheat-fed group ($P < 0.05$). Ileal villus width was highest in the wheat-containing diets and lowest in the barley-based diets ($P < 0.05$), while ileal crypt depth was lower in lambs fed wheat- and corn-based diets than in those fed the other treatments ($P < 0.05$).

Conclusion: The results indicated that lamb growth performance was not significantly different among the diets containing the three different grains; however, apparent digestibility was higher in the wheat-based diet, suggesting that wheat can be replaced by barley or corn in fattening lamb diets without a negative effect on growth.

Cite this article: Amjadiyan, Y., Hozhabri, F., Nooriyan Soroor, M. E., & Rashidi, Kh. (2026). The effect of replacing barley and corn with wheat on performance, digestibility, rumen fermentation, and gastrointestinal tract histomorphometry in fattening lamb diets. *Journal of Animal Production*, 27 (4), 513-533.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.398312.623858>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.398312.623858>

Publisher: University of Tehran Press.

اثر جایگزینی جو و ذرت با گندم بر عملکرد، قابلیت هضم، تخمیر شکمبه و هیستومورفومتری دستگاه گوارش در جیره بره‌های پرواری

یوسف امجدیان^۱ | فردین هژبری^۲ | محمد ابراهیم نوریان سرور^{۳، ۴} | خداخش رشیدی^۵

۱. گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. yosefjamjadian99@gmail.com
۲. گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. hozhabri@razi.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. m.nooriyansoroor@basu.ac.ir
۴. گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۵. مرکز تحقیقات جرم ها و روغن ها، پژوهشکده فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. khodabakhsh.rashidi@kums.ac.ir

اطلاعات مقاله

حکده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

هدف: با توجه به ساختار نشاسته، سرعت تجزیه پذیری نشاسته غلات (جو، ذرت و گندم) در شکمبه متفاوت بوده و یک عامل مهم تأثیر گذار بر سوخت و ساز شکمبه ای، رشد و عملکرد نشخوار کنندگان است. سرعت تخمیر غلات در شکمبه، pH شکمبه ای، تولید اسیدهای چرب فرار، مصرف خوراک، عملکرد رشد و توسعه شکمبه را تحت تأثیر قرار می دهد. هم چنین با توجه به عملکرد تولیدی بهتر گندم نسبت به جو، درصد نشاسته بیش تر گندم (حدود ۱۰ درصد) و گزارش ها بهبود قابلیت هضم گندم نسبت به جو و ذرت، بنابراین ضرورت دارد جایگزینی دانه های جو و ذرت با دانه گندم در جیره بهای پرواری نیز بررسی و امکان سنج شود.

روش پژوهش: تعداد ۲۴ راس بره نر مهربان (وزن بدن $46/4 \pm 40$ کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی و تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره حاوی ۵۸ درصد دانه جو، ۲- جیره حاوی ۲۹ درصد دانه جو + ۲۹ درصد دانه ذرت، ۳- تیمار حاوی ۵۸ درصد دانه ذرت و ۴- جیره حاوی ۵۸ درصد دانه گندم مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد رشد (افزایش وزن روزانه، افزایش وزن کل و میزان مصرف خوراک)، گوارش پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای (pH، ارت آمونیاک و اسیدهای چرب فرار)، جمعیت پروتوزوا و بعد از ذبح، مطالعات هیستومورفومتري روده کوچک بررسی شد.

یافته‌ها: عملکرد رشد بره‌های چهار گروه تفاوتی با یکدیگر نداشتند. گوارش‌پذیری ماده خشک در تیمار حاوی گندم بالاترین و در تیمار بر پایه جو کم‌ترین بود، درحالی‌که گوارش‌پذیری پروتئین در جیره حاوی جو بیشتر از جیره‌های حاوی دانه ذرت یا گندم بود ($P < 0/05$). غلظت نیترژن آمونیاکی تیمار حاوی گندم بیش‌تر از بره‌های دیگر بود ($P < 0/05$). غلظت کل اسیدهای چرب فرار در بره‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی گندم و جو بیشتر از دو تیمار آزمایشی دیگر بود ($P < 0/05$). کم‌ترین میزان اسیدهای چرب فرار در تیمار حاوی ذرت مشاهده شد ($P < 0/05$). درصد اسید استیک تیمار ذرت بیش‌تر از جیره‌های حاوی جو و گندم بود و کم‌ترین درصد این فراسنتج در بره‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی گندم مشاهده شد ($P < 0/05$). غلظت‌های اسید پروپیونیک، بوتیریک و ایزوبوتیریک در تیمار حاوی دانه ذرت کم‌تر از گروه‌های دیگر بود ($P < 0/05$). بیش‌ترین درصد این اسیدهای چرب فرار مربوط به جیره‌های حاوی گندم یا جو بود ($P < 0/05$). جمعیت پروتوزوای کل شکمبه و جنس انتودینیوم در جیره حاوی گندم یا تیمار جو+ ذرت نسبت به دیگر تیمارها بالاتر بود و بیش‌ترین تعداد درجیره حاوی گندم مشاهده شد ($P < 0/05$). در تیمارهای حاوی ذرت و جو+ ذرت طول پرز (ویلی) دوازده بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($P < 0/05$), درحالی‌که عمق کریپت دوازده در بره‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی گندم کم‌ترین بود ($P < 0/05$). عرض پرز انیوم در تیمارهای دریافت‌کننده گندم بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($P < 0/05$). درحالی‌که تیمارهای تغذیه‌شده با جو کم‌ترین عرض پرز داشتند ($P < 0/05$). عمق کریپت الموم در بره‌های تغذیه‌شده با گندم و ذرت از سایر تیمارها کم بود ($P < 0/05$).

نتیجه گیری: نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد رشد بره‌ها در سه نوع غله تفاوتی با یکدیگر نداشتند هرچند گوارش پذیری ظاهری، حیره ب یابه گندم بیشتر بود و در حیره ب یاهای ب یوای، گندم را می توان جایگزین دانه جو با ذرت نمود.

کلیدواژه‌ها:

اسیدهای چرب فرار
افزایش وزن روزانه
پرزهای روده
پروتوزوا
نشیاسته

استناد: امجدیان، یوسف؛ هژبری، فردین؛ نوریان سرور، محمد ابراهیم و رشیدی، خدابخش (۱۴۰۴). اثر جایگزینی جو و ذرت با گندم بر عملکرد، قابلیت هضم، تخمیر شکمبه و هیستومورفومتری دستگاه گوارش در جیره بره‌های پرواری. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۷ (۴)، ۵۱۳-۵۳۳.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.398312.623858>

۱. مقدمه

استفاده از غلات برای افزایش مقدار نشاسته خوراک یک استراتژی متداول برای بهبود عملکرد و راندمان خوراک گوسفند تحت سیستم‌های مدرن پرورش نشخوارکنندگان است (Kaur et al., 2008). در تنظیم جیره بره‌های پرواری عموماً از جو به‌عنوان یک غله بومی و تنها منبع نشاسته‌ای استفاده می‌شود، درحالی‌که جو یک منبع سریع تجزیه در شکمبه شناخته شده است که استفاده از آن می‌تواند منجر به افزایش مشکلات گوارشی همچون اسیدوز و در نتیجه کاهش عملکرد دام شود (Zebeli et al., 2010). هنگام انتخاب دانه غلات در تنظیم جیره غذایی باید توجه داشت که نرخ تجزیه شکمبه‌ای نشاسته از دانه‌های مختلف غلات می‌تواند کاملاً متغیر باشد. نشاسته مربوط به ذرت، گندم، جو به‌ترتیب برابر ۶۷/۶، ۷۰/۳ و ۵۷/۸ درصد بیان شده است (Galyean & Rivera, 2003; Horadagoda et al., 2008) و با توجه به درصد نشاسته به‌نظر می‌رسد نقش گندم در تولید انرژی بهتر از جو باشد.

با توجه به ساختار نشاسته در دانه جو، ذرت و گندم، قابلیت تجزیه‌پذیری نشاسته آن‌ها نیز متفاوت می‌باشد (Gómez et al., 2016). به‌دلیل این‌که سرعت تجزیه‌پذیری نشاسته و همچنین پروتئین در شکمبه یک عامل مهم تأثیرگذار بر سوخت‌وساز شکمبه‌ای است، لذا در نهایت می‌تواند بر رشد و عملکرد نشخوارکنندگان تأثیر داشته باشد (Hristov et al., 2002). همچنین نرخ تخمیر شکمبه‌ای غلات، pH شکمبه و تولید اسیدهای چرب فرار را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این فرایندها روی مصرف خوراک، عملکرد رشد و توسعه شکمبه‌ای دام مؤثر خواهد بود (Zhang et al., 2022). گندم به‌خاطر داشتن سطوح بالایی از نشاسته و کربوهیدرات غیرالیافی، انرژی قابل دسترس و پروتئین یک غله مهم در تغذیه حیوانات می‌باشد (Pirgozliev et al., 2003). نشاسته جزء اصلی انرژی‌زای گندم بوده و بنابراین، ماده مغذی اولیه در جیره‌های رشد و پرواری است که برای دستیابی به سطوح بالای تولید استفاده می‌شود. از این‌رو، استفاده بهینه از نشاسته برای بهبود کارایی عملکرد گاوها اهمیت زیادی دارد (Erjaei et al., 2012).

وقتی گندم تنها منبع دانه‌ای در جیره گاوهای پرواری بود، مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه در گندم پخته‌شده بیش‌تر از گندم خشک آسیاب‌شده بود (Hale, 1984) که ممکن است به‌دلیل مشکلات کم‌تر با اسیدوز باشد. با این‌حال، وقتی دانه به‌صورت گسترده تحت عملیات بخارپز و ورقه‌شدن قرار می‌گیرد، نشاسته بیش‌تری در دسترس تخریب و تخمیر در شکمبه خواهد گرفت (Reinhardt et al., 1997). Zinn (1994) بهبود در افزایش وزن و بازده خوراک در گاوهای پرواری تغذیه‌شده با گندم بخارپز و ورقه‌شده در مقایسه با گندم خشک ورقه‌شده مشاهده کرد. سرعت کند تخمیر می‌تواند مقدار نشاسته‌ای که از شکمبه عبور می‌کند را افزایش دهد.

نشاسته منبع مهم انرژی در غلات است و لذا توجه به هضم آن و تأمین منبع انرژی مناسب بسیار مهم است (Pirgozliev, 2000). مقدار آمیلوپکتین گندم با ذرت برابر است (Gómez et al., 2016) لذا در مقایسه با ذرت در شکمبه به میزان تقریباً برابری تخمیر و هضم می‌شود و به‌عنوان جایگزین بالقوه ذرت برای تأمین انرژی نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Zhang et al., 2022). دانه گندم به‌دلیل عملکرد زراعی بالا و غلظت بیش‌تر انرژی متابولیسمی (ME) و پروتئین متابولیسمی (MP) در مقایسه با جو به یک منبع انرژی محبوب برای نشخوارکنندگان تبدیل شده است. با این‌حال، ثابت نشده است که این مقادیر غذایی بالاتر منجر به افزایش تولید شیر می‌شود (Hetta et al., 2013). همچنین استفاده از گندم فرآوری‌شده با انواع روغن تأثیری بر عملکرد رشد و تخمیر شکمبه گوساله‌های پرواری نداشته است (Erjaei et al., 2012). هرچند برخی پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند که ترکیب نشاسته جو با نشاسته ذرت می‌تواند بازده هضم نشاسته را با متعادل‌سازی تخمیر نشاسته در شکمبه یا روده کوچک بهبود بخشد (Johnson et al., 2020; Ma et al., 2022)، اما برخی پژوهش‌گران گزارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در

شوینده خنثی و نشاسته بالاتری را برای جیره حاوی دانه جو (۸۵/۹۴ درصد جیره) در مقایسه با جیره حاوی دانه ذرت (۸۴/۹۶ درصد جیره)، یا جیره حاوی ترکیبی از جو و ذرت (۴۲/۷۲ درصد ذرت و ۴۲/۷۲ درصد جو جیره) گزارش کردند (Johnson *et al.*, 2020).

گزارش شده است که در گوساله‌های پرواری که منبع دانه (گندم، ذرت) تأثیر کمی بر مصرف ماده خشک (DM)، ماده آلی (OM) یا نشاسته داشت یا اصلاً تأثیری نداشت. ولی قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در کل دستگاه گوارش برای جیره مبتنی بر گندم بیش‌تر از جیره مبتنی بر ذرت بود. وقتی قابلیت هضم ماده آلی در شکمبه که به‌صورت درصدی از مصرف بیان شد، برای گاوهای تغذیه‌شده با گندم در مقایسه با ذرت بیش‌تر بود (۵۴/۱ در مقابل ۳۲/۰ درصد). در این بررسی هضم نشاسته در شکمبه برای گندم بیش‌تر از ذرت بود (۸۶/۶ در مقابل ۴۷/۸ درصد) (Philippeau *et al.*, 1999).

در برخی از پژوهش‌های پیشین، منبع دانه غله (دانه جو در مقایسه با دانه ذرت) با وجود تحت تأثیر قراردادن گوارش‌پذیری مواد مغذی، منجر به پاسخ‌های متفاوت در ماده خشک مصرفی و تولید شیر شده است (Sadri *et al.*, 2009). درحالی‌که پژوهش‌گران دیگر گزارش کردند که گاوهای تغذیه‌شده با جیره بر پایه جو در مقایسه با جیره بر پایه ذرت ماده خشک مصرفی کم‌تری داشتند (Silveira *et al.*, 2007; Mohammed *et al.*, 2010). در مقایسه با دانه ذرت، دانه جو نرخ تجزیه‌پذیری بالاتری در شکمبه دارد و بیش از ۸۰ تا ۹۰ درصد جو در شکمبه تجزیه می‌شود (Offner *et al.*, 2003). برخی پژوهش‌گران نرخ گاز تولیدشده در شرایط آزمایشگاهی را به‌عنوان معیاری برای هضم نشاسته در نظر گرفته‌اند و گزارش کردند که نرخ تجزیه‌پذیری گندم، جو، ذرت و سورگوم به‌ترتیب ۰/۲۶، ۰/۲۴، ۰/۱۵ و ۰/۰۶ درصد در ساعت بود (Lanzas *et al.*, 2007). پژوهش‌ها نشان داده است که تغذیه ترکیبی دانه‌های غلات با نرخ تخمیر مختلف می‌تواند باعث کنترل تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه و در نتیجه کنترل تغییرات pH شکمبه و بهبود عملکرد حیوان شود (Lehmann & Meeske, 2007; Haddad & Nasr, 2007). مصرف جیره با کنسانتره زیاد در دام و افزایش تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه و انتقال آن به بخش‌های بعدی دستگاه گوارش، سبب افزایش ارتفاع پرز، عمق کریپت و مساحت پرز در بخش‌های مختلف روده شد (Khorsandi *et al.*, 2019).

در ایران از دانه گندم کم‌تر در جیره دام به‌عنوان منبع انرژی استفاده شده است، اما در برخی مناطق دنیا در جیره دام جهت تأمین بخشی از انرژی موردنیاز، استفاده می‌شود (Rosenfelder *et al.*, 2013). در مجموع، بیش‌تر مطالعات انجام‌شده معمولاً شامل جایگزینی کامل یک منبع کربوهیدرات غیرساختمانی با منبع دیگری از کربوهیدرات‌ها هستند، اما داده‌های پژوهشی درباره تأثیر نسبت‌های مختلف کربوهیدرات غیرساختمانی در جیره گوسفندان بر تخمیر شکمبه و عملکرد رشد نسبتاً محدود است. هم‌چنین با توجه به عملکرد تولیدی بهتر گندم نسبت به جو، درصد نشاسته بیش‌تر گندم (حدود ۱۰ درصد) و گزارش‌های بهبود قابلیت هضم گندم نسبت به جو (Gonzalez-Rivas *et al.*, 2021) و ذرت (Zinn *et al.*, 2007; Philippeau *et al.*, 1999)، لذا ضرورت دارد سه منبع مهم انرژی در جیره دام مقایسه شوند و با استفاده از آن منبع مناسب انرژی به جامعه دامداران معرفی و زمینه‌های رشد بهتر بره‌های پرواری را فراهم آورد. در صورت اثبات برتری گندم بر جو و ذرت و تأثیر آن بر رشد و عملکرد بره‌های پرواری به‌جای جو و ذرت امکان واردات گندم به‌عنوان خوراک دام وجود دارد.

۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر در تابستان ۱۴۰۲ در واحد گوسفندداری دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی پس از اخذ کد اخلاق کار با حیوانات به شماره IR.RAZI.REC.1402.044 اجرا شد. تعداد ۲۴ راس بره نر نژاد مهربان با میانگین وزن

۴/۵ ± ۴۰/۳ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی به چهار گروه شش راسی تقسیم شدند. طول دوره آزمایش ۸۶ روز بود که ۱۴ روز اول جهت عادت پذیری دام به شرایط محیطی و تغییرات در جیره مصرفی، واکسیناسیون و مبارزه با انگل‌های احتمالی و ۷۲ روز طول دوره آزمایش بود.

تیمارهای آزمایشی شامل ۱- شاهد (جیره حاوی دانه جو)، ۲- جیره حاوی دانه ذرت، ۳- جیره حاوی مقادیر مساوی جو و ذرت و ۴- جیره حاوی دانه گندم بود. جیره پایه مصرفی گوسفندان شامل ۲۸ درصد علوفه (۲۰ درصد یونجه و هشت درصد کاه گندم) و ۷۲ درصد کنسانتره بود که براساس توصیه NRC (2007) تنظیم شد. مقدار جیره مصرفی روزانه هر دام در حد اشتها در نظر گرفته شد. خوراک روزانه موردنیاز گوسفندان در سه نوبت ساعات ۸، ۱۴ و ۱۹ توزیع شد. دسترسی دام‌ها به آب به‌صورت آزاد بود. جدول (۱) اجزای جیره‌های آزمایشی و ترکیبات شیمیایی آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی (درصد) جیره‌های آزمایشی^۱

تیمارهای آزمایشی ^۱				اجزای جیره
گندم	ذرت	جو+ ذرت	جو	
۸/۰۰	۸/۰۰	۸/۰۰	۸/۰۰	علوفه
۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	کاه گندم
				یونجه
				کنسانتره
۰/۰۰	۵۸/۰۰	۲۹/۰۰	۰/۰۰	ذرت آسیاب‌شده
۰/۰۰	۰/۰۰	۲۹/۰۰	۵۸/۰۰	جو آسیاب‌شده
۵۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	گندم آسیاب‌شده
۳/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	سبوس گندم
۸/۰۰	۱۰/۱۰	۱۰/۶۰	۱۱/۰۰	کنجاله سویا
۰/۰۰	۰/۹۰	۰/۴	۰/۰۰	اوره آهسته رهش
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	نمک
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	مکمل بافری
۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	مکمل معدنی ویتامینه
				ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)
۹۰/۲۵	۹۰/۰۸	۸۹/۴۷	۸۹/۵۱	ماده خشک
۱۴/۸۹	۱۴/۸۳	۱۴/۷۳	۱۴/۳۱	پروتئین خام
۸/۱۶	۶/۰۶	۶/۱۹	۷/۳۱	خاکستر
۱۲/۲۵	۱۲/۴۳	۱۲/۴۳	۱۳/۶۱	فیبر خام
۳۷/۲۱	۳۶/۴۷	۳۴/۸۰	۴۱/۱۹	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)
۱۳/۸۳	۱۴/۳۱	۱۴/۵۱	۱۶/۰۴	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)
۳۱/۸۵	۲۹/۸۰	۲۲/۴۷	۲۱/۶۶	نشاسته
۲/۶۳	۲/۶۵	۲/۷۰	۲/۵۹	انرژی قابل سوخت‌وساز (مگا کالری در هر کیلوگرم)

۱. جیره‌های آزمایشی شامل ۱- شاهد (جیره حاوی دانه جو)، ۲- جیره حاوی دانه ذرت، ۳- جیره حاوی مقادیر مساوی جو و ذرت و ۴- جیره حاوی دانه گندم. انرژی قابل سوخت‌وساز با استفاده از جداول NRC (2007) برآورد شده است.

تجزیه تقریبی جیره‌های آزمایشی، پسماند خوراک و نمونه‌های مدفوع شامل ماده خشک، ماده آلی، خاکستر، پروتئین خام و عصاره اتری براساس روش‌های استاندارد AOAC (1990) اندازه‌گیری شد. الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی براساس روش استاندارد (Van Soest et al., 1991)، انرژی قابل سوخت‌وساز (متابولیسمی) جیره‌های آزمایشی براساس جدول‌های NRC (2007) محاسبه شد (جدول ۱). مصرف روزانه خوراک و باقیمانده برای تمام ۲۴ بره آزمایشی در طول دوره آزمایش به‌صورت روزانه و با دقت ثبت شد. به‌منظور بررسی رشد روزانه دام‌ها، هر ۱۴ روز یک بار همه گوسفندان (چهار دوره وزن‌کشی) به‌صورت ناشتا وزن‌کشی شدند. وزن‌کشی قبل از عرضه خوراک وعده صبح بین ساعت هشت تا نه صبح انجام شد. افزایش وزن روزانه و افزایش وزن کل دام‌ها محاسبه و ثبت شد.

در انتهای دوره پروار از قفس‌های متابولیکی برای تعیین قابلیت هضم جیره‌های آزمایشی استفاده شد. به این منظور به مدت یک هفته میزان مشخصی خوراک روزانه به هر دام داده و پسماند خوراک در روز بعد جمع‌آوری شد. کود هر دام نیز از طریق توری‌های تعبیه‌شده در زیر هر قفس در روز بعد جمع‌آوری شد. برای تعیین ماده خشک کود دفعی، روزانه از هر دام ۱۰۰ گرم کود برداشته و طبق روش استاندارد ماده خشک اندازه‌گیری شد. ۱۰ درصد کود روزانه هر دام داخل یک کیسه پلاستیکی قرار داده شد و جهت تعیین ترکیب شیمیایی در فریزر نگهداری شد. از خوراک روزانه و پسماند خوراکی هر دام نیز نمونه‌هایی جهت تعیین ترکیب شیمیایی برداشته شد. ترکیب شیمیایی نمونه‌ها براساس روش توصیه‌شده (AOAC, 1990) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی طبق روش استاندارد (Van soest et al., 1991) اندازه‌گیری شد.

۱.۲. تخمیر شکمبه‌ای

مایع شکمبه هر یک از بره‌ها توسط لوله مری و سه ساعت بعد از اولین وعده غذایی (۱۲/۳۰ ظهر) در پایان ماه اول (روز ۳۰) و دوم (روز ۶۰) پروار جهت بررسی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای نظیر pH شکمبه، نیتروژن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار کل و مطالعه جمعیت پروتوزایی شکمبه جمع‌آوری شد. بلافاصله بعد از گرفتن مایع شکمبه توسط لوله مری، pH مایع شکمبه توسط دستگاه pH متر (Metrohm 744، سوئیس) در محل سالن گوسفندداری قرائت و ثبت شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی در نمونه‌های مایع شکمبه هر بره با استفاده از روش توصیه‌شده Broderick & Kang (1980) و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (CARY100، Scan_UV_Visible مدل VARIAN) و طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا با نسبت پنج به یک؛ مایع شکمبه با محلول اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال ترکیب و به خوبی مخلوط شد. سپس سانتیفریوژ و محلول رویی آن تا زمان انجام آزمایش در فریزر نگهداری شد. برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه اخذشده با نسبت چهار به یک با ارتوفسفریک اسید مخلوط نموده و بعد از همگن نمودن کامل سانتیفریوژ و محلول رویی در دمای ۲۰- درجه تا آزمایش نهایی با گاز کروماتوگرافی نگهداری شد. اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل Unicam 4600 ساخت کشور انگلستان) با مشخصات ستون FFAP، ۱۰ متری با قطر ۰/۳۵ میلی‌متر و فیلم تیکس ۰/۲۵ میلی‌متر انجام شد. دمای اینجکتور ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای دتکتور ۳۰۰ درجه تنظیم گردید. ستون برنامه دمایی به این صورت بود که زمان شروع یک دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و بعد از گذشت زمان فوق با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به دمای ۲۳۰ درجه رسید و ۲۵ دقیقه تا پایان کار در ران تایم ۴۰ دقیقه باقی ماند. گاز کریپر هلیوم با درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد و حجم تزریق یک میکرولیتر بود میکاپ ۱۵ میلی‌لیتر بر دقیقه فشار گاز کریپر ابتدای ستون یک بار سیستم اسپلیت و اسپلیت‌لس با نسبت یک به صد تنظیم شد.

شمارش پروتوزوآ با استفاده از محلول رقیق‌کننده فرمال‌سالین و رقیق‌سازی نمونه شکمبه و شمارش به‌وسیله میکروسکوپ نوری انجام گرفت. در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار دینوکاپچر و میکروسکوپ نوری (Car ZEISS Standard 20، آلمان) و لام هموسیستم پروتوزوآ انتودینیوم، اُفریواسکولکس، دیپلودینیوم، خانواده ایزوتریشیدا و داسی تریشیدا شناسایی و شمارش شدند.

۲.۲. هیستومورفومتری بافت روده

بعد از پایان دوره پروار بره‌ها ذبح شدند. سپس قسمت‌های شکمبه، نگاری و روده کوچک جدا و در فرمالین ۱۰ درصد به مدت ۴۸ فیکس شد. از نمونه‌های گرفته‌شده به‌روش رایج تکنیک‌های بافت‌شناسی برش‌هایی به ضخامت پنج

میکرون تهیه و با روش هماتوکسیلین- ائوزین رنگ آمیزی و مورد مطالعات بافت شناسی قرار گرفت. مطالعات بافت شناسی با میکروسکوپ نوری و لنز دیجیتال انجام شد.

۳.۲. تجزیه و تحلیل داده ها

داده های وزن زنده، افزایش وزن و خوراک مصرفی با استفاده از رویه GLM نرم افزار آماری SPSS و در سطح ($\alpha=0.05$) برای مدل (۱) تجزیه شدند. وزن اولیه به عنوان متغیر کمکی (کوواریت) در نظر گرفته و در مدل آماری لحاظ شد. میانگین ها با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی دار مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \beta (X_{ij} - X) + e_{bij} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، Y_{ij} مقدار مربوط به تیمار i ؛ μ میانگین مقادیر؛ A_i اثر تیمار آزمایشی؛ $\beta (X_{ij} - X)$ وزن اولیه به عنوان کوواریت و e_{bij} میزان خطای آزمایش است.

داده های مربوط به تعداد پروتوزوآ از نوع شمارشی هستند، لذا ابتدا نرمال بودن این داده ها توسط آزمون ناپارامتری کولموگوروف- اسمیرنوف (K-S) آزمون شد و سپس در برای مدل (۲) تجزیه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{bij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این مدل، Y_{ij} متغیر وابسته؛ μ میانگین کل؛ T_i اثر تیمار و e_{bij} خطای آزمایش است.

۳. یافته های پژوهش

۳.۱. اثر جایگزینی منبع غله در جیره بر ترکیبات مواد مغذی

نتایج آنالیز تقریبی جیره های آزمایشی نشان داد (جدول ۲) درصد ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی هر چهار تیمار با یکدیگر برابر بود. اما میزان عصاره اتری و خاکستر تیمار حاوی گندم بیش تر از بقیه تیمارها بود ($P < 0.05$). با این حال تیمار اول کمترین میزان عصاره اتری در بین تیمارها را داشت ($P < 0.05$).

۳.۲. اثر جایگزینی منبع غله جیره بر فراسنجه های عملکرد

اثر جیره های آزمایشی بر فراسنجه های رشد و عملکرد بره های پرواری (جدول ۲) نشان داد جایگزین کردن جو و ذرت با گندم در نسبت های مختلف اثری بر فراسنجه های رشد و عملکرد بره های پرواری نداشت. ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک نیز تحت تأثیر جایگزینی غلات با گندم قرار نگرفت.

جدول ۲. اثر جایگزینی جو و ذرت با گندم در جیره بر عملکرد بره های پرواری (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

معنی داری	تیمارهای آزمایشی ^۱				فراسنجه های رشد (کیلوگرم)
	گندم	ذرت	جو+ ذرت	جو	
وزن اولیه	۳۸/۴۳۷/۴۵	۳۹/۳۵۷/۹۱	۴۰/۴۳۰/۷/۹۳	۴۳/۳۳۰/۲۶	
وزن نهایی	۵۴/۵۹۵/۸۶	۵۶/۲۳۰/۴	۵۵/۷۲۵/۱۷	۵۸/۴۷۲/۴۶	
افزایش وزن بدن در کل دوره	۱۶/۲۵۸/۶۲	۱۶/۳۷۳/۷۸	۱۵/۲۱۸/۶۹	۱۵/۲۷۲/۶۴	
افزایش وزن روزانه (گرم در روز)	۲۳۰/۳۹۳۷/۹۴	۲۳۲/۲۲۴۰/۸۰	۲۱۰/۳۷۸۰/۸۴	۲۱۸/۳۴۳۳/۳۰	
ماده خشک مصرفی (گرم در روز)	۱۷۷۲/۸۸۴۷/۷۷	۱۸۴۱/۱۵۵۱۹/۸۲	۱۷۸۶/۱۶۷۴۶/۹۳	۱۷۶۱/۶۹۵۱/۶۵	
ضریب تبدیل خوراک	۷/۱۸۳/۱۸	۸/۱۴۱/۲۷	۸/۰۳۳/۹۶	۸/۱۵۰/۶۷	

۱. تیمار (۱) شامل ۵۸ درصد جو، تیمار (۲) شامل ۲۹ درصد جو ۲۹ درصد ذرت؛ تیمار (۳) شامل ۵۸ درصد ذرت و تیمار (۴) شامل ۵۸ درصد گندم.

۳.۳. اثر منبع غله جیره بر گوارش پذیری ماده مغذی

گوارش پذیری جیره های آزمایشی نشان داد (جدول ۳) ضرایب هضمی یکسانی را در ماده آلی، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی وجود دارد و تفاوت بین تیمارها مشاهده نشد. اما گوارش پذیری ماده خشک در تیمار حاوی گندم بالاترین و در تیمار حاوی جو کمترین میزان بود. درحالی که گوارش پذیری پروتئین در جیره حاوی جو بیش تر از جیره هایی حاوی دانه ذرت یا گندم بود ($P < 0.05$).

جدول ۳. اثر جایگزینی جو و ذرت با گندم در جیره بر گوارش پذیری مواد مغذی (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

معنی داری	تیمارهای آزمایشی ^۱				فراسنجه
	گندم	ذرت	جو + ذرت	جو	
۰/۰۲۸	۷۴/۷۷ $\pm$ ۱/۷۹ ^a	۷۲/۴۲ $\pm$ ۱/۷۹ ^{ab}	۶۵/۲۶ $\pm$ ۱/۷۹ ^{bc}	۶۳/۱۶ $\pm$ ۱/۷۹ ^c	ماده خشک
۰/۶۷۰	۷۱/۷۲ $\pm$ ۰/۸۶	۷۴/۶۵ $\pm$ ۰/۸۶	۷۳/۷۹ $\pm$ ۰/۸۶	۷۲/۲۸ $\pm$ ۰/۸۶	ماده آلی
۰/۰۰۳	۶۱/۸۵ $\pm$ ۱/۶۳ ^c	۶۵/۳۵ $\pm$ ۱/۶۳ ^{bc}	۷۰/۳۶ $\pm$ ۱/۶۳ ^{ab}	۷۴/۵۷ $\pm$ ۱/۶۳ ^a	پروتئین خام
۰/۲۵۰	۸۰/۶۰ $\pm$ ۰/۸۸	۷۹/۰۲ $\pm$ ۰/۸۸	۷۸/۵۶ $\pm$ ۰/۸۸	۸۳/۲۱ $\pm$ ۰/۸۸	عصاره اتری
۰/۱۸۲	۴۷/۲۲ $\pm$ ۰/۹۲	۴۲/۰۲ $\pm$ ۰/۹۲	۴۵/۵۷ $\pm$ ۰/۹۲	۴۴/۲۱ $\pm$ ۰/۹۲	NDF
۰/۴۲۳	۴۲/۹۲ $\pm$ ۰/۸۳	۴۱/۴۷ $\pm$ ۰/۸۳	۴۰/۴۹ $\pm$ ۰/۸۳	۳۸/۸۶ $\pm$ ۰/۸۳	ADF

a, b, c حروف غیر یکسان در هر ردیف نشان دهنده تفاوت آماری معنی دار در سطح $P < 0.05$ است.

۱. تیمارهای آزمایشی (۱) شامل ۵۸ درصد جو، تیمار (۲) شامل ۲۹ درصد جو ۲۹ درصد ذرت؛ تیمار (۳) شامل ۵۸ درصد ذرت و تیمار (۴) شامل ۵۸ درصد گندم.

۳.۴. اثر منبع غله جیره بر فراسنجه های تخمیر شکمبه

غلظت اسیدهای چرب فرار، نیتروژن آمونیاکی و pH مایع شکمبه بره های پرواری در جدول (۴) نشان داده شده است. برخلاف انتظار، تفاوت بین جیره های آزمایشی از لحاظ pH شکمبه مشاهده نشد. به عبارتی، منابع مختلف غلات در جیره تأثیری بر pH شکمبه نداشتند.

جدول ۴. اثر جایگزینی جو و ذرت با گندم در جیره بر فراسنجه های تخمیر شکمبه (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

معنی داری	تیمارهای آزمایشی ^۱				فراسنجه
	گندم	ذرت	جو + ذرت	جو	
۰/۳۹۷	۶/۸۰ $\pm$ ۰/۰۳۷	۶/۶۲ $\pm$ ۰/۰۳۷	۶/۶۹ $\pm$ ۰/۰۳۷	۶/۷۲ $\pm$ ۰/۰۳۷	pH
۰/۰۰۲	۱۰۷/۱ $\pm$ ۲۲/۱۳ ^a	۹۱/۴ $\pm$ ۱۸/۰۲ ^b	۸۹/۱ $\pm$ ۱۸/۰۳ ^b	۹۲/۱ $\pm$ ۱۵/۰۱۴ ^b	نیتروژن آمونیاکی (میلی گرم در لیتر)
۰/۰۰۱	۶۹/۱ $\pm$ ۹/۱۰ ^a	۵۸/۱ $\pm$ ۵/۰۱ ^c	۶۳/۰ $\pm$ ۳۱/۶۴ ^b	۶۷/۰ $\pm$ ۱۶/۴۸ ^a	اسیدهای چرب فرار (میلی مول در لیتر)
۰/۹۰۰	۴۱/۱۷ $\pm$ ۱/۳۵	۴۱/۱۹ $\pm$ ۰/۴۹	۴۰/۴۷ $\pm$ ۰/۹۶	۴۰/۴۶ $\pm$ ۰/۷۵	کل اسیدهای چرب فرار
۰/۰۰۳	۱۷/۷۱ $\pm$ ۰/۴۷ ^a	۱۷/۷۲ $\pm$ ۰/۲۷ ^a	۱۶/۶۷ $\pm$ ۰/۲۹ ^a	۱۵/۴۴ $\pm$ ۰/۱۹ ^b	اسید استیک
۰/۰۶۳	۰/۱۹ $\pm$ ۰/۰۳ ^a	۰/۱۳ $\pm$ ۰/۰۳ ^{ab}	۰/۱۵ $\pm$ ۰/۰۳ ^{ab}	۰/۱۰ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	اسید پروپیونیک
۰/۰۵۲	۰/۶۹ $\pm$ ۰/۱۱ ^a	۰/۴۸ $\pm$ ۰/۰۶ ^{ab}	۰/۵۲ $\pm$ ۰/۰۷ ^{ab}	۰/۳۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	اسید بوتیریک
۰/۱۸۴	شناسایی نشد	شناسایی نشد	شناسایی نشد	شناسایی نشد	اسید والریک
۰/۵۷۹	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰	اسید ایزووالریک
۰/۰۰۱	۵۸/۹۰ $\pm$ ۱/۸۰ ^c	۶۹/۱۵ $\pm$ ۰/۰۸ ^a	۶۳/۹۲ $\pm$ ۱/۰۵ ^b	۶۱/۳۲ $\pm$ ۰/۳۱ ^{bc}	اسیدهای چرب فرار (درصدی از کل)
۰/۰۰۲	۳۰/۱۷ $\pm$ ۱/۶۴ ^a	۲۲/۳۳ $\pm$ ۰/۲۶ ^c	۲۶/۱۰ $\pm$ ۰/۱۲ ^b	۲۸/۸۹ $\pm$ ۰/۴۸ ^{ab}	اسید استیک
۰/۰۳۶	۸/۲۵ $\pm$ ۰/۳۳ ^a	۶/۷۱ $\pm$ ۰/۳۵ ^b	۷/۵۱ $\pm$ ۰/۳۳ ^{ab}	۷/۷۴ $\pm$ ۰/۲۶ ^a	اسید پروپیونیک
۰/۱۱۶	۲/۲۷ $\pm$ ۰/۲۸ ^a	۱/۴۶ $\pm$ ۰/۰۴ ^b	۱/۹۹ $\pm$ ۰/۲۳ ^{ab}	۱/۶۷ $\pm$ ۰/۱۳ ^{ab}	اسید بوتیریک
۰/۰۶۴	۰/۲۸ $\pm$ ۰/۰۳ ^{ab}	۰/۲۲ $\pm$ ۰/۰۳ ^b	۰/۳۳ $\pm$ ۰/۰۴ ^a	۰/۲۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	اسید والریک
۰/۷۹۴	۰/۱۳ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۱۳ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۱۵ $\pm$ ۰/۰۳	۰/۱۳ $\pm$ ۰/۰۱	اسید ایزووالریک
۰/۰۰۱	۱/۹۷ $\pm$ ۰/۱۷ ^c	۳/۰۹ $\pm$ ۰/۰۳ ^a	۲/۴۵ $\pm$ ۰/۱۲ ^b	۲/۱۲ $\pm$ ۰/۰۴ ^{bc}	نسبت استیک به پروپیونیک

a, b, c حروف غیر یکسان در هر ردیف نشان دهنده تفاوت آماری معنی دار در سطح $P < 0.05$ است.

۱. تیمارهای آزمایشی (۱) شامل ۵۸ درصد جو، تیمار (۲) شامل ۲۹ درصد جو ۲۹ درصد ذرت؛ تیمار (۳) شامل ۵۸ درصد ذرت و تیمار (۴) شامل ۵۸ درصد گندم.

غلظت نیتروژن آمونیاکی در بره‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی گندم به مقدار ۱۶ تا ۲۰ درصد بیش‌تر از بره‌های گروه شاهد و سایر گروه‌ها ($P < 0.05$) بود، درحالی‌که گروه شاهد با دو گروه دیگر (دارای ذرت و ذرت به‌علاوه جو) تفاوتی آماری نشان نداد.

غلظت کل اسیدهای چرب فرار شکمبه در تیمارهای مختلف متفاوت بود ($P < 0.05$)، به‌طوری‌که در بره‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی گندم با جیره جو برابر بودند، اما این دو گروه بیش‌تر از دو تیمار آزمایشی دیگر بود ($P < 0.05$). کم‌ترین میزان اسیدهای چرب فرار در بره‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ذرت مشاهده شد ($P < 0.05$). تفاوت بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ غلظت‌های اسید استیک، والریک و ایزووالریک مشاهده نشد. هرچند درصد اسید استیک (نسبت به کل اسیدهای چرب فرار) در بره‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ذرت بیش‌تر از جیره‌های حاوی جو و گندم بود و کم‌ترین درصد این فراسنجه در بره‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی گندم بود ($P < 0.05$). غلظت‌های اسید پروپیونیک، بوتیریک و ایزوبوتیریک در تیمار حاوی دانه ذرت کم‌تر از گروه‌های دیگر بود ($P < 0.05$) و تفاوتی بین سایر گروه‌ها از لحاظ این فراسنجه مشاهده نشد. بیش‌ترین درصد این اسیدهای چرب فرار مربوط به جیره‌های حاوی گندم یا جو بود ($P < 0.05$). نسبت اسیداستیک به پروپیونیک در جیره حاوی گندم از جیره‌های حاوی ذرت یا جو+ ذرت کم‌تر بود ($P < 0.05$).

۳.۵. اثر بر جمعیت پروتوزوای شکمبه

اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت پروتوزایی نشان داد (جدول ۵) جمعیت پروتوزوای کل شکمبه و جنس انتودینیوم در جیره حاوی گندم یا جو+ ذرت نسبت به دیگر تیمارها بالاتر بود و بیش‌ترین تعداد در تیمار چهارم (جیره حاوی گندم) مشاهده شد ($P < 0.05$). جمعیت داسی‌تریشیا در تیمار حاوی گندم نیز بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). با این حال، در میزان جمعیت ایزوتریشیدا، دیپلودینیوم و افریواسکالکس تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت.

جدول ۵. اثر جایگزینی جو و ذرت با گندم در جیره بر جمعیت پروتوزوای شکمبه در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه (میانگین $\pm$ خطای استاندارد، $\times 10^4$)

معنی‌داری	تیمارهای آزمایشی ^۱				فراسنجه
	گندم	ذرت	جو+ذرت	جو	
۰/۰۵	۲۳۴/۱۷ $\pm$ ۸۳/۲۸ ^a	۷۲/۱۵ $\pm$ ۲۵/۱۷ ^b	۱۲۷/۲۴ $\pm$ ۵۰/۲۷ ^{ab}	۶۳/۱۹ $\pm$ ۳۳/۵۵ ^b	پروتوزوای کل
۰/۰۵	۱۱۳/۱۱ $\pm$ ۲۳/۹۲ ^a	۳۸/۱۱ $\pm$ ۳۳/۹۲ ^b	۷۶/۱۱ $\pm$ ۶۷/۷۹ ^a	۳۵/۱۱ $\pm$ ۸۳/۶۱ ^b	انتودینیوم
۰/۴۶	۵/۱ $\pm$ ۸۳/۷۰	۰/۸۳ $\pm$ ۸۳/۷۰	۶/۱ $\pm$ ۶۷/۷۰	۸/۱ $\pm$ ۳۳/۵۰	دیپلودینیوم
۰/۱۷	۹/۱ $\pm$ ۱۷/۵۷	۳/۱ $\pm$ ۳۳/۵۷	۳/۱ $\pm$ ۳۳/۳۶	۴/۱ $\pm$ ۱۷/۶۲	افریواسکالکس
۰/۴۷	۵/۱ $\pm$ ۸۳/۳۶	۲/۱ $\pm$ ۵۰/۵۸	۸/۱ $\pm$ ۳۳/۵۰	۵/۱ $\pm$ ۰۰/۵۰	ایزوتریشیدا
۰/۰۲	۱۰۱/۱۱ $\pm$ ۶۷/۶۳ ^a	۲۷/۱۱ $\pm$ ۵۰/۰۴ ^b	۳۲/۷ $\pm$ ۵۰/۴۷ ^b	۱۰/۱ $\pm$ ۰۱/۸۶ ^b	داسی‌تریشیا

a, b, c حروف غیر یکسان در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ است.

۱. تیمارهای آزمایشی (۱) شامل ۵۸ درصد جو، تیمار (۲) شامل ۲۹ درصد جو ۲۹ درصد ذرت؛ تیمار (۳) شامل ۵۸ درصد ذرت و تیمار (۴) شامل ۵۸ درصد گندم.

۳.۶. اثر بر صفات هیستومورفومتری

بررسی اثر جیره‌های مختلف آزمایشی بر صفات هیستومورفومتری روده کوچک در بخش ابتدایی وسطی و انتهایی روده بره‌های پرواری مشخص کرد (جدول ۶) در تیمارهای حاوی جو و جو+ذرت طول پرز (ویلی) بخش دوازده بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$)، درحالی‌که عمق کریپت در بخش دوازده در بره‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی گندم کم‌ترین بود ($P < 0.05$)، عرض پرز دوازده در کلیه تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری از لحاظ طول و عرض پرز و عمق کریپت بخش ژژنوم مشاهده نشد. عرض پرز ایلئوم در تیمارهای دریافت‌کننده گندم بیش‌تر از

سایر تیمارها بود ($P < 0.05$)، درحالی که در تیمارهای تغذیه شده با جو کمترین عرض را پرزها داشتند ($P < 0.05$). عمق کریپت بخش ایلئوم در برهه های تغذیه شده با گندم و ذرت از سایر تیمارها کمتر بود ($P < 0.05$).

جدول ۶. اثر جایگزینی جو و ذرت با گندم در جیره بر صفات هیستومورفومتری روده کوچک (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

معنی داری	تیمارهای آزمایشی ^۱				فراسنجه
	گندم	ذرت	جو+ذرت	جو	
دوازدهه					
طول پرز	۳۳۵/۹۸ $\pm$ ۳/۴ ^a	۳۳۰/۱۲ $\pm$ ۳/۴ ^a	۳۷۱/۷۹ $\pm$ ۳/۴ ^a	۳۷۲/۸۵ $\pm$ ۴ ^a	
عرض پرز	۱۱۵/۵۵ $\pm$ ۰/۹۳	۱۱۴/۴۲ $\pm$ ۰/۹۳	۱۰۸/۹۸ $\pm$ ۰/۹۳	۱۱۲/۲۸ $\pm$ ۰/۹۳	
عمق کریپت	۱۵۵/۸۵ $\pm$ ۱/۸۷ ^b	۱۶۸/۳۵ $\pm$ ۱/۸۷ ^a	۱۷۰/۵۲ $\pm$ ۱/۸۷ ^a	۱۷۳/۴۳ $\pm$ ۱/۸۷ ^a	
ژژنوم					
طول پرز	۲۶۷/۷۹ $\pm$ ۲/۰۱	۲۷۲/۳۸ $\pm$ ۲/۰۱	۲۸۱/۱۶ $\pm$ ۲/۰۱	۲۷۴/۱۸ $\pm$ ۲/۰۱	
عرض پرز	۱۲۴/۲۸ $\pm$ ۰/۶۵	۱۲۱/۵۶ $\pm$ ۰/۶۵	۱۲۲/۰۴ $\pm$ ۰/۶۵	۱۲۰/۰۳ $\pm$ ۰/۶۵	
عمق کریپت	۱۲۵/۵۴ $\pm$ ۱/۴۵	۱۳۷/۱۴ $\pm$ ۱/۴۵	۱۳۳/۲۷ $\pm$ ۱/۴۵	۱۲۶/۱۷ $\pm$ ۱/۴۵	
ایلئوم					
طول پرز	۲۱۷/۵۰ $\pm$ ۲/۹۱	۲۲۹/۷۹ $\pm$ ۲/۹۱	۲۲۸/۷۶ $\pm$ ۲/۹۱	۲۰۷/۱۵ $\pm$ ۲/۹۱	
عرض پرز	۱۲۴/۷۶ $\pm$ ۰/۷۰ ^a	۱۲۲/۳۲ $\pm$ ۰/۷۰ ^{ab}	۱۲۰/۵۷ $\pm$ ۰/۷۰ ^{bc}	۱۱۹/۱۰ $\pm$ ۰/۷۰ ^c	
عمق کریپت	۱۰۴/۳۳ $\pm$ ۰/۷۰ ^b	۱۰۷/۵۴ $\pm$ ۰/۹۴ ^b	۱۱۳/۴۷ $\pm$ ۰/۷۰ ^a	۱۰۹/۹۳ $\pm$ ۰/۷۰ ^{ab}	

a, b, c حروف غیر یکسان در هر ردیف نشان دهنده تفاوت آماری معنی دار در سطح $P < 0.05$ است.

۱. تیمارهای آزمایشی (۱ شامل ۵۸ درصد جو، تیمار ۲ شامل ۲۹ درصد جو ۲۹ درصد ذرت؛ تیمار ۳ شامل ۵۸ درصد ذرت و تیمار ۴ شامل ۵۸ درصد گندم.

۴. بحث

ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی از جمله دانه غلات به دلیل تفاوت در شرایط محیطی، واریته، مدیریت کاشت، داشت و برداشت ممکن است متفاوت باشد و بنابراین اعداد گزارش شده در منابع مختلف اندکی اختلاف مشاهده می شود. گزارش شده است که که نرخ تجزیه پذیری نشاسته جو نسبت به ذرت بیش تر است اما ذرت دارای نشاسته بیش تر و NDF کم تر از دانه جو می باشد (Kennington et al., 2009).

در راستا با نتایج این پژوهش، برخی پژوهشگران در بررسی جیره های حاوی سطوح مختلف دانه ذرت و جو عدم تفاوت در مصرف ماده خشک بین تیمارهای آزمایشی گزارش کردند (Depeters & Taylor, 1985; Grings et al., 1999; Casper et al., 1992). گزارش شده است که تفاوت های معنی داری بین غلات (ذرت و سورگوم) به لحاظ ساختار مولکولی کربوهیدرات وجود دارد و این تفاوت ممکن است هضم و مصرف کربوهیدرات غلات در تغذیه نشخوارکنندگان را تحت تأثیر قرار دهد (Gholizadeh Nilouei et al., 2014). به نظر می رسد ترکیبی از منابع غلات متفاوت در جیره، فرایند تخمیر در شکمبه را تغییر داده و عملکرد رشد نشخوارکنندگان را تحت تأثیر قرار می دهد. همبستگی مثبتی بین مصرف خوراک و سرعت عبور وجود دارد، به این صورت که با افزایش میزان مصرف خوراک، سرعت عبور افزایش یافته و ضریب تبدیل خوراک کاهش می یابد (Kazemi et al., 2016). در مطالعه حاضر، تفاوتی در مصرف خوراک بره ها در گروه های آزمایشی و در نتیجه آن در ضریب تبدیل خوراک مشاهده نشد. درحالی که انتظار می رفت با توجه به ماهیت متفاوت غلات به لحاظ ساختار بلوری کربوهیدرات و میزان نشاسته آن ها تفاوت هایی در میزان مصرف خوراک دام وجود داشته باشد (Gholizadeh Nilouei et al., 2014).

از طرفی ضرایب گوارش پذیری یکسان مواد مغذی جیره (به ویژه NDF و ADF) در بین تیمارها نیز می تواند دلیلی بر تغییر نکردن مصرف ماده خشک در این مطالعه باشد (Hosseini et al., 2013). درحالی که در برخی از پژوهش های

پیشین، منبع دانه غله (دانه جو در مقایسه با دانه ذرت) با وجود تحت تأثیر قراردادن گوارش پذیری مواد مغذی، منجر به پاسخ های متفاوت در ماده خشک مصرفی و تولید شیر شده است (Beauchemin & Rode, 1997; Casper *et al.*, 1999; Sadri *et al.*, 2009). گزارش شده است که تغذیه جیره های حاوی دانه جو در مقایسه با دانه ذرت+ جو (۵۰:۵۰) توسط گاوهای شیری سبب کاهش مصرف ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد (Nasrollahi *et al.*, 2012). کاهش مصرف خوراک در جیره های بر پایه جو و گندم ممکن است به دلیل پایین بودن گوارش پذیری دیواره سلولی این غلات باشد هرچند هر دو از منابع نشاسته ای با تجزیه پذیری بالا هستند (Hosseini *et al.*, 2013). از طرفی، برخی پژوهشگران کاهش مصرف ماده خشک در برهه های تغذیه شده با جیره های حاوی جو نسبت به جیره حاوی ذرت را بروز اسیدوز در دام های مصرف کننده جو بیان کرده اند (O'Hara *et al.*, 2011). اما برخی پژوهشگران علت مصرف کمتر جو در برهه ها را به شکل فیزیکی و عدم خوش خوراکی دانه جو کامل ارتباط دادند و گزارش کردند که جایگزینی جو با ذرت یا استفاده ترکیبی از جو و ذرت باعث بهبود عملکرد بره پرواری می شود (Kazemi *et al.*, 2016). برخلاف این نتایج، گزارش شده است که جایگزینی دانه جو به جای دانه ذرت در جیره بر پایه یونجه و پوسته پنبه دانه، ماده خشک مصرفی تمایل به افزایش داشت (Reynolds, 2006). پژوهشگران دیگر، گزارش کردند که مصرف ماده خشک و ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره های حاوی ۳۰ درصد جو+ ۱۰ درصد ذرت و ۴۰ درصد ذرت (علوفه شامل یونجه و علف گرامینه) تفاوت نداشت (Foley *et al.*, 2006). همچنین در گاوهای شیری نیز مصرف ماده خشک و پروتئین خام در جیره های بر پایه جو، ذرت و جو+ ذرت تفاوت معنی داری نداشتند (Khorasani *et al.*, 2001). افزایش نسبت دانه جو به دانه ذرت در جیره گاوهای شیری نیز تأثیری بر ماده خشک مصرفی و در نتیجه آن انرژی خالص مصرفی نداشت (Kargar *et al.*, 2014).

گزارش شده است که افزایش میزان جایگزینی نشاسته جو به جای نشاسته ذرت در جیره بره های پرواری سبب کاهش خطی افزایش وزن روزانه (۲۷۷ به ۲۵۳ گرم در روز کاهش یافت) و وزن نهایی (۴۷ به ۴۵ کیلوگرم کاهش یافت) بره ها شد، درحالی که ماده خشک مصرفی تحت تأثیر قرار نگرفت. با جایگزینی کامل نشاسته جو به جای نشاسته ذرت ضریب تبدیل به طور عددی بیش تر شد (Ma *et al.*, 2022). این پژوهشگران کاهش در افزایش وزن روزانه و افزایش ضریب تبدیل خوراک در جیره هایی که جو به طور کامل جایگزین ذرت شده بود، به طور عمده به کاهش گوارش پذیری ظاهری انرژی خام و مواد مغذی (کاهش قابلیت هضم ماده خشک از ۷۲ به ۶۴ درصد) در کل دستگاه گوارش نسبت دادند و جایگزینی کل دانه ذرت با دانه جو اثرات منفی بر عملکرد رشد بره های پرواری داشت. یکی از دلایل اصلی این امر تغییرات در میکروفلور شکمبه نسبت داده شده است. با این حال، در مطالعه قبلی توجه کافی به تأثیرات بر میکروفلور شکمبه نشد و تنها تعداد محدودی باکتری مورد بررسی قرار گرفت که نمی توانست تغییرات ساختار میکروبی شکمبه را به طور کامل منعکس کند.

در مطالعه حاضر، گوارش پذیری ماده خشک جیره در گروه دریافت کننده گندم نسبت به سه گروه دیگر بین دو تا ۱۱ درصد بهبود نشان داد. چون در مقایسه با گرانول های نشاسته گندم، گرانول های نشاسته ذرت محتوای آمیلوز بیش تری دارند و آمیلوز به شدت به پروتئین ها متصل است، لذا چسبندگی باکتریایی و هجوم آنزیمی را محدود کرده و تخمیر شکمبه ای ذرت را کاهش می دهد (Rooney & Pflugfelder, 1986; Rowe *et al.*, 1999). چنین شرایطی، ناپدید شدن ظاهری کمتر نشاسته و قابلیت هضم نشاسته کمتر در کل دستگاه گوارش برای جیره مبتنی بر ذرت را توضیح می دهد. قابلیت هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش نشخوارکنندگان برای ذرت و گندم به ترتیب ۹۳ و ۹۸ درصد گزارش شده است (Rowe & Pethick, 1994). گزارش شده است گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی و انرژی کل (GE) با افزایش

نسبت گندم در جیره افزایش ولی گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی کاهش یافت اما هیچ تأثیری بر قابلیت هضم ظاهری نیتروژن نداشت (Leddin *et al.*, 2009). این پژوهش گران نشان دادند که گوارش پذیری نشاسته در گاوهای تغذیه شده با گندم بین ۹۷/۲ تا ۹۸/۷ درصد متغیر بود و بین مقدار گندم مصرفی و گوارش پذیری نشاسته ارتباطی وجود نداشت. هرچند، در مطالعه حاضر فقط گوارش پذیری ماده خشک با افزودن گندم بهبود یافت برخی پژوهش گران دیگر نیز گزارش کردند که گوارش پذیری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته دانه گندم بیش تر از دانه ذرت است (Herrera-Saldana *et al.*, 1990).

در گوساله پرواری نیز قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در کل دستگاه گوارش برای جیره مبتنی بر گندم بیش تر از جیره مبتنی بر ذرت بود؛ وقتی قابلیت هضم ماده آلی در شکمبه که به صورت درصدی از مصرف بیان شد، برای گوساله های تغذیه شده با گندم در مقایسه با ذرت بیش تر بود (۵۴/۱ در مقابل ۳۲/۰ درصد). در این بررسی هضم نشاسته در شکمبه برای گندم بیش تر از ذرت بود (۸۶/۶ در مقابل ۴۷/۸ درصد) (Philippeau *et al.*, 1999). همچنین، گوارش پذیری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و نشاسته بالاتری را برای جیره حاوی دانه جو (۸۵/۹۴ درصد جیره) در مقایسه با جیره حاوی دانه ذرت (۸۴/۹۶ درصد جیره)، یا جیره حاوی ترکیبی از جو و ذرت (۴۲/۷۲ درصد ذرت و ۴۲/۷۲ درصد جو جیره) گزارش شده است (Johnson *et al.*, 2020). گوارش پذیری ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام جیره های بر پایه جو (۳۳ درصد جیره) بیش تر از جیره های بر پایه ذرت (۲۸ درصد جیره) گزارش شده است، اما نوع غله استفاده شده در جیره تأثیری بر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی نداشت (Kargar *et al.*, 2014).

گوارش پذیری ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره های حاوی ۳۰ درصد جو + ۱۰ درصد ذرت و ۴۰ درصد ذرت تفاوت معنی داری نداشت، در حالی که گوارش پذیری نیتروژن و نشاسته در جیره های حاوی جو نسبت به ذرت به ترتیب بیش تر و کم تر بود (Foley *et al.*, 2006). Nasrollahi و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که گوارش پذیری ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام جیره های بر پایه دانه جو با جیره های حاوی دانه ذرت تفاوتی نداشتند، اما گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در جیره های حاوی دانه جو کم تر بودند. گزارش شده است که گوارش پذیری ظاهری ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، نشاسته و انرژی خام با افزایش دانه جو در جیره در مقایسه با دانه ذرت، به طور خطی کاهش یافت، اما گوارش پذیری پروتئین خام تحت تأثیر قرار نگرفت (Ma *et al.*, 2022). این پژوهش گران دلیل اصلی کاهش گوارش پذیری ماده خشک، ماده آلی و انرژی خام را کاهش گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و نشاسته نسبت دادند. پوشش فیبری آندوسپرم دانه جو ممکن است دلیل پایین بودن گوارش پذیری دانه جو در مقایسه با غلات دیگر باشد (Owens & Zinn, 2005). افزایش میزان گندم در جیره تا ۳۶ درصد نیز سبب کاهش گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی شد (Leddin *et al.*, 2010). به نظر می رسد که کاهش گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی به دنبال مصرف چنین جیره هایی به سبب کاهش pH شکمبه باشد (Ma *et al.*, 2022). pH شکمبه در جیره های حاوی دانه جو (۵/۵۰) در مقایسه با دانه ذرت (۶/۶) کاهش یافت؛ در شرایط اسیدی محیط شکمبه جمعیت رومینوکوکوس آلپوس^۱ نیز کاهش یافت؛ کاهش این گروه از باکتری های سلولیتیک می تواند عامل اصلی کاهش گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی باشد (Ma *et al.*, 2022).

تأثیر جایگزینی گندم در جیره با جو و ذرت بر این عوامل کم تر از حد انتظار بود. از این رو، کاهش در هضم فیبر مشاهده نشد. بافر بی کربنات سدیم اضافه شده به جیره ممکن است بر pH مایع شکمبه تأثیر بگذارد، اما این احتمالاً فقط یک اثر کوتاه مدت باشد و از طرفی کلیه تیمارهای آزمایشی از لحاظ داشتن بافر مشابه هم بودند. از طرفی، گزارش شده

1. *Ruminococcus albus*

است که کربوهیدرات‌های غیرساختاری در محدوده وسیعی از pH (۴/۵ تا ۷/۵) بسیار قابل هضم است. لذا میکروارگانیسم‌های شرکت‌کننده در هضم کربوهیدرات‌های غیرساختاری تا حد زیادی به تغییرات pH حساس نیستند (Wales et al., 2004).

برخلاف این نتایج، گزارش شده است که گوارش‌پذیری نشاسته در جیره‌های حاوی جو به سبب سرعت بالاتر تجزیه نشاسته بیش‌تر از جیره‌های حاوی ذرت بود (Johnson et al., 2020). نشاسته جو با میزان و نرخ بالاتری نسبت به نشاسته دانه ذرت در شکمبه تجزیه می‌شود؛ این تفاوت در تجزیه‌پذیری را می‌توان به تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بین دانه‌ها نسبت داد (Mohammed et al., 2010). از طرفی تأیید شده است که افزایش تجزیه‌پذیری نشاسته در شکمبه باعث افزایش تجزیه نشاسته در کل دستگاه گوارش و افزایش تولیدات میکروبی می‌گردد (Porter et al., 2007). براساس در دسترس بودن غلات در شکمبه (محاسبه شده با فرض سرعت عبور شش درصد در ساعت)، میزان در دسترس بودن ماده خشک برای گندم، جو و ذرت به‌ترتیب ۸۸، ۷۸، ۵۴ درصد؛ میزان دسترسی به پروتئین خام به‌ترتیب ۹۵، ۹۱ و ۷۰ درصد و برای نشاسته به‌ترتیب ۹۵، ۹۰ و ۶۲ درصد گزارش شده است (Herrea-Saldana et al., 1990). این مطالعات نشان می‌دهد که نوع غلات و نسبت‌های مختلف آن‌ها در جیره دام ممکن است میزان نشاسته قابل تخمیر در شکمبه و محصولات نهایی تخمیر و همچنین مقدار نشاسته عبوری از شکمبه گوارش‌پذیری در روده کوچک و محصولات نهایی هضم را تحت تأثیر قرار دهد (Johnson et al., 2020). احتمالاً نتایج متناقض در میان مطالعات ناشی از تفاوت در محتوای نشاسته جیره، تیمارها و حیوانات آزمایشی باشد (Ma et al., 2022).

عدم تغییر در pH شکمبه گاوهای شیری تغذیه‌شده با جیره‌هایی بر پایه دانه جو و ذرت توسط برخی پژوهش‌گران دیگر نیز گزارش شده است (Khorasani et al., 2001; Nasrollahi et al., 2012). هرچند، برخی مطالعات نشان می‌دهد که جیره‌های حاوی جو pH پایین‌تری نسبت به جیره‌های حاوی ذرت در شکمبه ایجاد می‌کنند (Kazemi et al., 2016). Hristov و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند تغذیه با یک جیره غذایی مبتنی بر ۹۵ درصد کنسانتره (میزان جو زیاد) به تدریج pH شکمبه را کاهش داد و بعد از ۳۰ روز به زیر شش رسید. جایگزینی جو به‌جای ذرت در جیره بره‌های پرواری، به‌صورت خطی سبب کاهش pH (از ۶/۲۶ به ۵/۵۰) شکمبه شد (Ma et al., 2022) گرچه در این مطالعه غلظت اسیدهای چرب فرار کل و اسید لاکتیک تغییری نداشت. در پژوهش حاضر، در هر چهار تیمار شاخص pH تغییری نداشت و مشابه نتایج حاضر میزان pH شکمبه گاوهای شیری تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی جو+ ذرت در مقایسه با جیره‌های حاوی ذرت به تنهایی نیز تفاوت نداشت (Foley et al., 2006). اگرچه در گوساله‌های پرواری استفاده از گندم به‌جای ذرت سبب کاهش شاخص pH شد و این کاهش به افزایش تولید لاکتات در شکمبه نسبت داده شده است (Philippeau et al., 1999).

در بره‌های تغذیه‌شده با جیره‌هایی که ۶۷ و ۱۰۰ دانه ذرت با دانه جو جایگزین شد، بیش از سه ساعت در روز pH شکمبه زیر ۵/۶ بود. این بره‌ها اسیدوز تحت حاد شکمبه^۱ را نشان دادند. همچنین، استفاده از دانه گندم تا ۳۶ درصد در جیره نشان داد که شکمبه در طول روز در گاوهایی که فقط یونجه مصرف می‌کردند بالاتر از ۶/۰ بود، اما با افزایش نسبت گندم (درصد گندم) در جیره، به مقادیر پایین کاهش یافت و نوسانات زیادی داشت. کم‌ترین pH برای هر گاو در هر مرحله در طول یک دوره ۲۴ ساعته ۵/۴ بود و یک رابطه خطی منفی بین کم‌ترین pH شکمبه و نسبت گندم در جیره وجود داشت (Leddin et al., 2009). چنین روندی در مطالعه حاضر مشاهده نشد باوجود این‌که در مطالعه Leddin و همکاران (۲۰۰۹) ۲۵ درصد جیره کاملاً مخلوط ترکیبی از ۲۵ درصد جو و ۲۵ درصد گندم بود، اما در پژوهش کنونی ۵۸ درصد جیره را گندم آسیاب‌شده (تیمار ۴) و ۵۸ درصد جیره را جو آسیاب‌شده (تیمار ۱) تشکیل داد. هرچند، در برخی

1. Subacute ruminal acidosis (SARA)

مطالعات افزایش نسبت دانه جو به دانه ذرت در جیره تأثیری بر pH مایع شکمبه مشاهده نشده است و متوسط pH شکمبه ۶/۱۳ گزارش شده است (Khorasani et al., 2001; Overton et al., 1995). نتایج متفاوت pH مایع شکمبه به تغییر نسبت‌های جایگزینی دانه جو با دانه ذرت در جیره را می‌توان به واریته دانه غله، میزان فرآوری غله، و منبع علوفه ارتباط داد (Khorasani et al., 2001).

Ledin و همکاران (۲۰۰۹) با افزودن صفر تا ۳۶ درصد گندم به جیره گاوهای شیری بر پایه علوفه علف چمنی^۱ کاهش خطی در غلظت نیتروژن آمونیاکی مشاهده کردند. میانگین غلظت آمونیاک شکمبه در گاوهای شیری تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ۳۰ درصد جو+ ۱۰ درصد ذرت در مقایسه ۴۰ درصد ذرت بیش‌تر بود و این روند تا ۲۴ ساعت پس از تغذیه ادامه داشت (Foley et al., 2006). در مقایسه با دانه ذرت و جو، گندم دارای محتوای پروتئین خام بیش‌تری است. از طرفی، نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین گندم نیز بیش‌تر از جو و ذرت است (Taghizadeh et al., 2001; Pishnamazi et al., 2003). لذا افزایش غلظت آمونیاک شکمبه با جیره حاوی گندم در مقایسه با جو و ذرت را می‌توان توضیح داد. برخی پژوهش‌گران گزارش کردند که تفاوتی بین جیره‌های بر پایه جو، ذرت و جو+ ذرت از لحاظ غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه گاوهای شیری مشاهده نشد (Khorasani et al., 2001).

در مطالعه حاضر، بین تیمارهای تنها دارای گندم با دو تیمار تنها دارای ذرت و تیمار دارای جو+ ذرت از لحاظ غلظت کل اسیدهای چرب فرار شکمبه تفاوت وجود داشت، به‌طوری‌که در تیمارهای دوم و سوم (دارای ذرت) اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد این مساله احتمالاً ناشی از تفاوت ساختار نشاسته جو و گندم با ذرت باشد. چرا که جو نسبت به ذرت آمیلوپکتین بیش‌تری دارد که می‌تواند در مقایسه با ذرت در شکمبه به میزان بیش‌تری تخمیر و هضم شود (Zhang et al., 2022). برخلاف مطالعه حاضر در بره‌های پرواری تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی جو با نسبت‌های ۳۳، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی با دانه ذرت تفاوت معنی‌داری در غلظت اسیدهای چرب فرار کل مشاهده نشد (Ma et al., 2022)، اما در همین بررسی در جیره‌های حاوی دانه جو نسبت به ذرت، غلظت‌های اسید استیک کم‌تر و اسید پروپیونیک بیش‌تر بود. این پژوهش‌گران نیز گزارش کردند که نسبت اسید استیک به پروپیونیک در جیره‌های حاوی ذرت بیش‌تر از حاوی جو بود که بر خلاف نتایج بررسی حاضر است. برخلاف نتایج این پژوهش‌گران و نتایج مطالعه حاضر، Foley و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که غلظت اسیدهای چرب فرار کل و غلظت‌های اسید استیک، پروپیونیک، بوتیریک، ایزوبوتیریک، والریک و ایزووالریک و نسبت اسید استیک به اسید پروپیونیک در گاوهای تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی جو یا ذرت تفاوتی نداشت. میزان تولید اسیدهای چرب فرار و نسبت آن‌ها نقش مهمی در خصوصیات تولیدی دام نشخوارکننده می‌تواند داشته باشد؛ میزان کل اسیدهای چرب می‌تواند با افزایش میزان ماده آلی قابل تخمیر و میزان انرژی سوخت‌وساز افزایش یابد (Parand & Taghizadeh, 2009) که در مطالعه حاضر نیز در جیره حاوی گندم چنین شرایطی مشاهده شد.

برخی پژوهش‌گران گزارش کردند که غلظت کل اسیدهای چرب فرار، غلظت‌های اسید استیک، پروپیونیک، بوتیریک و نسبت اسید استیک به پروپیونیک در گاوهای تغذیه‌شده با جیره‌های بر پایه جو، ذرت یا جو+ ذرت تفاوت نداشت (Nasrollahi et al., 2012; Kargar et al., 2014)، اما Khorasani و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که غلظت کل اسیدهای چرب فرار و غلظت اسید استیک در گاوهای تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی جو بیش‌تر از جیره‌های حاوی ذرت یا جو+ ذرت بود ولی تفاوتی از لحاظ نسبت اسید استیک به اسید پروپیونیک مشاهده نشد. Kazemi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که جایگزینی جو با ذرت یا سورگوم، تأثیری بر غلظت کل اسیدهای چرب فرار،

استات، بوتیرات و ایزوبوتیرات نداشت؛ اما در جیره حاوی جو نسبت به سایر تیمارها میزان پروپیونات بیش تر بود. به طور کلی، گزارش شده است که تخمیر کربوهیدرات های ساختاری تولید استات را افزایش و تولید پروپیونات را کاهش می دهد و در مقابل در مقایسه با کربوهیدرات های ساختاری تخمیر نشاسته باعث تولید مقدار بیش تری پروپیونات می شود. بنابراین، نرخ بالاتر گوارش پذیری دانه جو در مقایسه با دانه ذرت را می توان عامل افزایش پروپیونات در شکمبه دانست (Mohammed *et al.*, 2010) که دقیقاً در مطالعه حاضر نرخ بالاتر گوارش پذیری گندم سبب افزایش غلظت و درصد اسید پروپیونیک شده است.

پاسخ فراسنجه های تخمیری در شکمبه به تغییر نسبت دانه جو به دانه ذرت یا تغییر منبع غله متفاوت گزارش شده است. پژوهش گران علت این تفاوت ها در پاسخ را به تفاوت در ماده خشک مصرفی (DePeters & Taylor, 1985) مقدار دانه غله استفاده شده در جیره ها (Overton *et al.*, 1995)، نوع فرآوری غله (DePeters & Taylor, 1985) اندازه ذرات علوفه (Rode & Satter, 1988) و روش نمونه گیری (Casper & Schingoethe, 1989) نسبت دادند. مطالعات متعدد نشان می دهد که جیره های پرغلالت می توانند باعث تخمیر غیرطبیعی در شکمبه نشخوارکنندگان شوند و مقادیر زیادی اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر یا اسید لاکتیک در شکمبه تولید کنند که در نتیجه pH شکمبه را کاهش داده و فراوانی باکتری های سلولولیتیک را تغییر می دهند (Hatew *et al.*, 2015; Shen *et al.*, 2020). نشان داده شده که تجزیه سریع دانه جو در شکمبه منجر به تجمع اسیدهای چرب فرار می شود که pH شکمبه را کاهش داده و خطر اسیدوز تحت حاد شکمبه ای را افزایش می دهد (McCann *et al.*, 2016). لی و همکاران دریافتند که با افزایش نسبت جایگزینی ذرت با گندم، نسبت مولی استات کاهش یافته درحالی که نسبت مولی پروپیونات افزایش می یابد (Li *et al.*, 2014). غلظت کل اسیدهای چرب فرار در بره های تغذیه شده با جیره (نسبت کنسانتره به علوفه ۸۵ به ۱۵) حاوی ۳۶ درصد ذرت ۹۹/۷۵ و حاوی درصد ۴۸ جو ۹۴/۷۵ میلی مول در لیتر گزارش شده است (Zhang *et al.*, 2022). این مقادیر بیش تر از غلظت های اندازه گیری شده (نسبت کنسانتره به علوفه ۷۲ به ۲۸) در مطالعه حاضر است.

گزارش شده است که تفاوت معنی داری بین گوسفندان تغذیه شده با جیره های حاوی جو یا جو+ ذرت از لحاظ جمعیت پروتوزوای کل، هولوتریش ها و انتودینوم مشاهده نشد (Alirezai *et al.*, 2018). در مورد نقش پروتوزوا در شکمبه بیان شده است که پروتوزواها باکتری ها را شکار می کنند و موجب افزایش بازچرخ نیتروژن میکروبی در محیط تخمیر می شوند. در نتیجه، کاهش آن ها می تواند تأثیر مثبتی بر رشد توده میکروبی داشته باشد (Dehority, 2003). به هر حال، روابط متقابل گسترده ای بین میکروب ها حاکم است و فرآورده های تولیدی به وسیله یک گونه یا غالب شدن یک جمعیت میکروبی خاص ممکن است آثار مثبت یا منفی بر تعداد و فعالیت سایر گونه ها داشته باشد (Dehority, 2003). از طرفی جمعیت پروتوزوایی کم تر می تواند موجب کاهش متان تولیدی شود، زیرا این موجودات به عنوان گیرنده هیدروژن و انتقال دهنده آن به متانوزن ها عمل می کنند و کاهش در پروتوزوا محرک کاهش تولید متان است (Mosoni *et al.*, 2011).

در پژوهشی گاوه های نر با جیره های شامل ۹۰ درصد گندم یا ذرت تغذیه شدند. متوسط تعداد پروتوزوا بین هفته های شش و دوازده به ترتیب حدود $6/5 \times 10^3$ و 8×10^3 و مقدار pH حدود ۵/۲-۵ بود. در یک طرح مربع لاتین که بر روی گاوه های نر انجام شد، جیره های کاملاً متراکم (۹۰ درصد گندم) خوراندند که مقدار آن ۱/۵ درصد وزن بدن بود. تعداد پروتوزوا به ازای یک گرم محتویات شکمبه $30/8 \times 10^3$ ، $10^3 \times 9/8$ ، $36/7 \times 10^3$ و مقدار pH ۵/۸، ۵/۲، ۶/۵ و ۶/۱ به ترتیب برای ذرت، گندم، جو و مایلو بود. در این پژوهش، از ۱۶ رأس گاو نر، در ۱۵ رأس فقط انتودینومورف مشاهده شد، درحالی که یک گاو نر که فقط گندم دریافت کرده بود و pH کمتری داشت، دارای هولوتریش نیز بود (Slyter *et al.*, 1970).

گزارش شده است که مصرف جیره با کنسانتره زیاد در دام سبب افزایش تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه شد که با انتقال بخشی از آن به روده، ارتفاع پرزها، عمق کریپت و مساحت پرز افزایش یافت (Khorsandi *et al.*, 2019).

افزایش ارتفاع و سطح پرزها می‌تواند سبب افزایش جذب اسیدهای چرب فرار و کمک به پایداری pH شود (Mashaieki *et al.*, 2020). از طرفی، با افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در روده سبب هضم و جذب بهتر مواد مغذی می‌شود (Afzalzadeh *et al.*, 2013). Zitnan و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که تخمیر نشاسته به اسیدهای چرب فرار در شکمبه سبب توسعه اپیتلیوم شکمبه و افزایش جذب محصولات تخمیر می‌شود، لذا تغذیه دام با جیره‌های محتوی کنسانتره زیاد می‌تواند سبب تحریک توسعه پایله‌های شکمبه شود. هرچند، افزایش بیش از حد غلظت اسیدهای چرب در شکمبه سبب تجمع آن‌ها در شکمبه شده و متعاقب آن pH شکمبه کاهش یافته و می‌تواند در تخریب اپیتلیوم نقش مهمی داشته باشد (ساری و همکاران، ۱۳۹۳). گزارش شده است که سوخت‌وساز محصولات نهایی تخمیر در دیواره شکمبه یکی از عوامل مؤثر در توسعه و رشد پرزهای شکمبه در گوساله‌های تازه متولدشده است و در بین محصولات نهایی تخمیر، بوتیرات و پروپیونات به ترتیب بیش‌ترین اثر را بر توسعه متابولیکی شکمبه دارند (Brownlee, 1956).

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از گندم در مقایسه با جو گرچه سبب بهبود عملکرد بره‌ها نشد، اما در جیره دام پرواری امکان جایگزینی آن به‌جای جو و ذرت وجود دارد. افزایش یازده درصدی گوارش‌پذیری ماده خشک جیره‌های حاوی گندم نیز قابل‌توجه است. در صورت امکان واردات گندم به‌جای جو با توجه به درصد پروتئین بالاتر آن نسبت به جو و ذرت (به ترتیب ۲۵ درصد و ۷۴ درصد بیش‌تر) برای مصرف دام به صرفه‌تر است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی با تعداد دام بیش‌تر و مدت طولانی‌تر، استفاده از گندم به‌عنوان منبع انرژی بررسی شود.

۶. ملاحظات اخلاقی

این پژوهش کد اخلاق را به شماره IR.RAZI.REC.1402.044 از کمیته اخلاق دانشگاه رازی دریافت کرده است.

۷. مشارکت نویسندگان

یوسف امجدیان: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها؛
فردین هژبری: استاد راهنمای اول پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله؛
محمد ابراهیم نوریان سرور: استاد راهنمای دوم پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، تهیه پیش‌نویس مقاله، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، مطالعه و بازبینی مقاله؛
خداداد رشیدی: استاد مشاور پایان‌نامه، انجام کارهای آزمایشگاهی مرتبط با بافت‌شناسی، مطالعه و بازبینی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. حامی مالی

حامیت مالی از این پژوهش از طرف استادان راهنما، دانشجو و معاونت پژوهشی انجام شده است.

۱۰. تشکر و قدردانی

از پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می گردد. از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه رازی به خاطر حمایت مالی و معنوی پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می گردد.

۱۱. منابع

- افضل زاده، احمد؛ شریفی، سید داود؛ آبسالان، محسن؛ خادم، علی اکبر و قندی، داود (۱۳۹۱). بررسی اثر سطوح مختلف پنبه دانه در جیره بر عملکرد پرواری و صفات مورفولوژیک روده باریک بره های نر نژاد شال. *نشریه علوم دامی/ایران*، ۴ (۴)، ۴۶۴-۴۵۷.
- پرنده، احسان و تقی زاده، اکبر (۲۰۰۹). بررسی قابلیت هضم دانه جو فرآوری شده با روش های مختلف با استفاده از روش تولید گاز و دو منبع آنزیم میکروبی. *مجله پژوهش های علوم دامی*، ۴ (۲)، ۱۳-۱.
- پیش نمازی، رضا؛ قربانی، غلامرضا و علیخانی، مسعود (۱۳۸۲). تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام دانه های ذرت، گندم و ارزن به روش *in-situ*. *نشریه تحقیقات کشاورزی ایران*، ۲۲ (۲)، ۲۰۵-۱۹۷.
- تقی زاده، اکبر؛ شجاع غیاث، جلیل؛ مقدم، غلامعلی؛ جان محمدی، حسین و یاسان، پرویز (۱۳۸۰). تعیین تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام برخی از مواد غذایی خشی و متراکم با روش *in-situ* در گوسفند. *دانش کشاورزی*، ۱۱ (۳)، ۹۳-۱۰۰.
- حسینی، سید هادی؛ روزبهان، یوسف؛ آقاشاهی، علیرضا و رضایی، جواد (۱۳۹۲). اثر جایگزینی سطوح مختلف دانه ذرت به جای جو بر عملکرد گاوهای شیری هلشتاین در اوایل شیردهی. *مجله علوم دامی ایران*، ۴۴ (۲)، ۱۹۷-۲۰۶.
- ساری، محسن؛ بیضایی، رضا؛ بوجاریور، محمد؛ چاچی، مرتضی و اسلامی، موسی (۱۳۹۳). اثر جایگزینی جو با تفاله چغندر بر عملکرد رشد، قابلیت هضم و آسیب شناسی بافت شکمبه گوسفندان تغذیه شده با جیره های با کنسانتره بالا. *علوم دامی*، (۲۷)، ۶۷-۷۸.
- علیرضایی، اکرم؛ شریفی حسینی، محمد مهدی؛ طهماسبی، رضا و دبانی، امید (۱۳۹۷). تأثیر اندازه ذرات جو سیلویی و دو نوع دانه جو و ذرت بر مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه های شکمبه ای و رفتار مصرف خوراک در گوسفند نر کرمانی. *نشریه علوم دامی*، ۳۱ (۱۱۹)، ۱۸-۳.
- قلی زاده نیلویی، حجت؛ ناصریان، عباسعلی؛ طهماسبی، عبدالمنصور؛ ولی زاده، رضا و کوآنگ یو، پی (۱۳۹۳). مقایسه ساختار مولکولی کربوهیدرات در انواع مختلف غلات (جو، ذرت و سورگوم) با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه. *ششمین کنگره علوم دامی ایران - دانشگاه تبریز*، ۵ و ۶ شهریور.
- کارگر، شهریار؛ قربانی، غلامرضا و خوروش، محمد (۱۳۹۳). گوارش پذیری مواد مغذی، فراسنجه های تخمیر شکمبه ای و عملکرد تولیدی در پاسخ به تغییر دادن نسبت دانه غله جو به ذرت در جیره گاوهای شیری هلشتاین. *نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۲ (۲)، ۱۶-۱.
- کاظمی، فاطمه؛ قورچی، تقی؛ دستار، بهروز و اشراقی، فرشید (۱۳۹۵). ارزیابی اثرات جایگزینی دانه جو با دانه ذرت فرآوری شده بر سودآوری بره های پرواری نژاد افشاری. *نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۴ (۱)، ۵۴-۳۹.
- مشایخی، محمدرضا؛ عرفانی، مجد؛ نعیم، ساری؛ محسن و رضایی، مرتضی (۱۳۹۹). بررسی اثر اوره آهسته رهش و ملاس، بر هیستومورفومتري شکمبه، شیردان و فراسنجه های تخمیر شکمبه ای بره های پرواری. *نشریه دامپزشکی/ایران*، ۱۶ (۱)، ۹۳-۸۲.

References

- Afzalzadeh, A., sharifi, S. D., absalan, M., khadem, A., & ghandi, D. (2013). Effect of whole cottonseed feeding on feedlot performance and morphological characteristics of small intestine in chaal male lambs. *Iranian Journal of Animal Science*, 43(4), 457-464. <https://doi.org/10.22059/ijas.2013.30266> (In Persian)

- Alirezaei, A., Sharifi, H., Tahmasebi, M. M., & Dayani, O. (2018). Effect of barley silage particle sizes and two types of grain on feed intake and digestibility of nutrients, rumen characteristics and feeding behaviors in Kermani male sheep. *Animal Science Journal*, 31(119), 3-18. <https://doi.org/10.22092/asj.2018.117294>. (In Persian)
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). Official method of analysis, volume 2. 15th edition. AOAC, Washington, D C., USA.
- Beauchemin, K. A., & Rode, L. M. (1997). Minimum versus optimum concentrations of fiber in dairy cow diets based on barley silage and concentrates of barley or corn. *Journal of Dairy Science*, 80, 1629-1639. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76094-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76094-6)
- Broderick, G., & Kang, J. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 63, 64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)
- Brownlee, A. (1956). The development of rumen papillae in cattle fed on different diets. *British Veterinary Journal*, 112 (9), 369-372. [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(17\)46456-6](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(17)46456-6)
- Casper, D. P., & Schingoethe, D. J. (1989). Lactational response of dairy cows to diets varying in ruminal solubilities of carbohydrate and crude protein. *Journal of Dairy Science*, 72, 928-941. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79186-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79186-4)
- Casper, D. P., Maiga, H. A., Brouk, M. J., & Schingoethe, D. J. (1999). Synchronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rates in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 1779-1790. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75408-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75408-1)
- Dehority, B. A. (2003). Rumen microbiology. Nottingham University Press, Nottingham.
- Depeters, E. J., & Taylor, S. J. (1985). Effects of feeding corn or barley on composition of milk and diet digestibility. *Journal of Dairy Science*, 68, 2027-2032. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81064-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81064-X)
- Erjaei, K., Zali, A., Ganjkanloo, M., Dehghan-Banadaky, M., Tufarelli, V., & Laudadio, V. (2012). Effects of wheat processing and dietary fat sources on performance, ruminal and blood parameters, and steak fatty acids profile of Holstein steers. *Livestock Science*, 149(1-2), 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.06.031>
- Foley, A. E., Hristov, A. N., Melgar, A., Ropp, J. K., Etter, R. P., Zaman, S., Hunt, C. W., & Price, W. J. (2006). Effect of barley and its amylopectin content on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(11), 4321-4335. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72479-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72479-1)
- Galyean, M., & Rivera, J. (2003). Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. *Canadian Journal of Animal Scienc*, 83, 13-20. <https://doi.org/10.4141/A02-061>
- Gholizadeh Nilouei, H., Naserian, A., Tahmasebi, A., Valizadeh, R., & Kuang, Y. P. (2014). Comparison of the molecular structure of carbohydrates in different types of cereals (barley, corn, and sorghum) using fourier transform infrared spectroscopy. The 6th Iranian Congress of Animal Science – University of Tabriz, September 5-6. (In Persian).
- Gómez, L. M., Posada, S. L., & Olivera, M. (2016). Starch in ruminant diets: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29(2), 77-90. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n2a01>
- Gonzalez-Rivas, P. A., Prathap, P., DiGiacomo, K., Cottrell, J. J., Leury, B. J., Chauhan, S. S., & Dunshea, F. R. (2021). Reducing rumen starch fermentation of wheat with 3% NaOH does not reduce whole tract starch digestibility and increases energy utilization in wethers during heat stress. *Small Ruminant Research*, 204, 106523. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106523>
- Grings, E. E., Roffler, R. E., & Deitelhoff, D. P. (1992). Evaluation of corn and barley as energy sources for cows in early lactation fed alfalfa-based diets. *Journal of Dairy Science*, 75(1), 193-200. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77753-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77753-4)
- Haddad, S., & Nasr, R. (2007). Partial replacement of barley grain for corn grain: associative effects on lambs' growth performance. *Small Ruminant Research*, 72, 92-95. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.08.005>
- Hale, W. H. (1984). Comparison of "wet" grain processing methods for finishing cattle. In: Proceedings of the Feed Grain Utilization Symposium, p. 90. Texas Tech University, Lubbock, September 20, 1984.
- Hatew, B., Podesta, S. C., Van Laar, H., Pellikaan, W. F., Ellis, J. L., Dijkstra, J., & Bannink, A. (2015). Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 486-499. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8427>

- Herrera-Saldana, R. E., Huber, J. T., & Poore, M. H. (1990). Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Science*, 73(9), 2386-2393. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78922-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78922-9)
- Hetta, M., Tahir, M. N., Krizsan, S. J., Puranen, A., & Huhtanen, P. (2013). Effects of NaOH-treated wheat and a mixture of barley and oats on the voluntary feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Science*, 154(1-3), 103-111. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.03.015>
- Horadagoda, A., Fulkerson, W., Barchia, I., Dobos, R., & Nandra, K. (2008). The effect of grain species, processing, and time of feeding on the efficiency of feed utilization and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Livestock Science*, 114, 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.04.016>
- Hosseini, S. H., Rouzbehan Y., Aghashahi, A., & Rezaei, J. (2013). The effect of replacing different levels of corn grain instead of barley on the performance of Holstein dairy cows in early lactation. *Iranian Journal of Animal Science*, 44(2), 197-206.
- Hristov, A. N., Ivan, M., Rode, L. M., & McAllister, T. A. (2001). Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets. *Journal of Animal Science*, 97 (2), 515-524. <https://doi.org/10.2527/2001.792515x>
- Hristov, A. N., Ropp, J. K., and Hunt, C. W. (2002). Effect of barley and its amylopectin content on ruminal fermentation and bacterial utilization of ammonia-N in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 99, 25-36. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00076-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00076-7)
- Johnson, J. A., Sutherland, D. B., McKinnon, J. J., McAllister, A. T., & Penner, G. B. (2020). Effect of feeding barley or corn silage with dry-rolled barley, corn, or a blend of barley and corn grain on rumen fermentation, total tract digestibility, and nitrogen balance for finishing beef heifers. *Journal of Animal Science*, 98: skaa002. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa002>
- Kargar, Sh., Ghorbani, Gh., & Khorosh, M. (2015). Nutrient digestibility, rumen fermentation parameters, and productive performance in response to changing the ratio of barley grain to corn in the diet of Holstein dairy cows. *Journal of Ruminant Research*, 2(2), 1-16. (In Persian).
- Kaur, R., Nandra, K. S., Garcia, S. C., Fulkerson, W. J., & Horadagoda, A. (2008). Efficiency of utilization of different diets with contrasting forages and concentrate when fed to sheep in a discontinuous feeding pattern. *Livestock Science*, 119, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.03.001>
- Kazemi, F., Ghorchi, T., Dastar, B., & Eshraghi, F. (2016). Evaluation of the effects of replacing barley with different corn processing on profitability in Afshari breed lambs. *Journal of Ruminant Research*, 4(1), 39-54. <https://doi.org/10.22069/ejrr.2016.3082> (In Persian)
- Kennington, L. R., Szasz, J. I., Hunt, C. W., Hinman, D. D., & Sorensen, S. J. (2009). Effect of degradable intake protein level on performance of feedlot steers fed dry-rolled corn-or barley-based finishing diets. *The Professional Animal Scientist*, 25(6), 762-767. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30786-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30786-5)
- Khorsandi, S., Riasi, A., Khorvash, M., & Hashemzadeh, F. (2019). Nutrients digestibility, metabolic parameters and milk production in postpartum Holstein cows fed pomegranate (*Punica granatum* L.) by-products silage under heat stress condition. *Animal Feed Science and Technology*, 255, 114213. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114213>
- Khorasani, G. R., Okine, E. K., & Kennelly, J. J. (2001). Effects of substituting barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 84, 2760-2769. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74730-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74730-3)
- Lanzas, C., Sniffen, C. J., Seo, S., Tedeschi, L. O., & Fox, D. G. (2007). A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 136, 167-190. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.08.025>
- Leddin, C. M., Stockdale, C. R., Hill, J., Heard, J. W., & Doyle, P. T. (2009). Increasing amounts of crushed wheat fed with pasture hay reduced dietary fiber digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 2747-57. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1504>
- Leddin, C. M., Stockdale, C. R., Hill, J., Heard, J. W., & Doyle, P. T. (2010). Increasing amounts of crushed wheat fed with Persian clover herbage reduced ruminal pH and dietary fibre digestibility in lactating dairy cows. *Animal Production Science*, 50, 837-846. <https://doi.org/10.1071/AN09157>
- Lehmann, M., & Meeske, R. (2007). Substituting maize grain with barley grain in concentrates fed to Jersey cows grazing kikuyu-ryegrass pasture. *South African Journal of Animal Science*, 36, 175-180.

- Li, F., Yang, X. J., Cao, Y. C., Li, S. X., Yao, J. H., Li, Z. J., & Sun, F. F. (2014). Effects of dietary effective fiber to rumen degradable starch ratios on the risk of sub-acute ruminal acidosis and rumen content fatty acids composition in dairy goat. *Animal Feed Science and Technology*, 189, 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.12.011>
- Ma, X., Zhou, W., Guo, T., Li, F., Li, F., Ran, T., Zhang, Z., & Guo, L. (2022). Effects of dietary barley starch contents on the performance, nutrient digestion, rumen fermentation, and bacterial community of fattening hu sheep. *Frontiers in Nutrition*, 8, 797801. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.797801>
- Mashaiekh, M., Erfani, M., NaeimSari, M., & Rezaei, M. (2020). Investigating the effect of slow-release urea and molasses on rumen histomorphometry, abomasum, and rumen fermentation parameters in fattening lambs. *Iranian Veterinary Journal*, 16(1), 82-93. <https://doi.org/10.22055/ivj.2019.151750.2077>. (In Persian).
- McCann, J. C., Luan, S., Cardoso, F. C., Derakhshani, H., Khafipour, E., & Looor, J. J. (2016). Induction of subacute ruminal acidosis affects the ruminal microbiome and epithelium. *Frontiers in Microbiology*, 7, 701. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00701>
- Mohammed, R., Kennelly, J. J., Kramer, J. K. G., Beauchemin, K. A., Stanton, C. S., & Murphy, J. J. (2010). Effect of grain type and processing method on rumen fermentation and milk rumenic acid production. *Animal*, 4, 1425-1444. <https://doi.org/10.1017/S175173111000039X>
- Mosoni, P., Martin, C., Forano, E., & Morgavi, D. P. (2011). Long-term defaunation increases the abundance of cellulolytic ruminococci and methanogens but does not affect the bacterial and methanogen diversity in the rumen of sheep. *Journal of Animal Science*, 89(3), 783-791. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2947>
- Nasrollahi, S. M., Khorvash, M. G. R., Ghorbani, A., Teimouri-Yansari, A., Zali, & Zebeli, Q. (2012). Grain source and marginal changes in forage particle size modulate digestive processes and nutrient intake of dairy cows. *Animal*, 6, 1237-1245. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000122>
- NRC. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, & New World Camelids. The National Academies Press, Washington DC.
- O'Hara, A., Tanner, A., McAllister, T., Gibb, D., van Herk, F., & Chaves, A. (2011). Effect of low and high oil corn distillers' grain on rumen fermentation, growth performance and carcass characteristics of lambs. *Animal Production Science*, 8, 708-716. <https://doi.org/10.1071/AN11023>
- Offner, A., Bach, A., & Sauvan, D. (2003). Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, 106, 81-93. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00038-5)
- Overton, T. R., Cameron, M. R., Elliott, J. P., Clark, J. H., & Nelson, D. R. (1995). Ruminal fermentation and passage of nutrients to the duodenum of lactating cows fed mixture of corn and barley. *Journal of Dairy Science*, 78(9), 1981-1998. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76824-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76824-2)
- Owens, F. N., & Zinn, R. A. (2005). Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. In *Proc. Southwest Nutr. Conf* (pp. 86-112). Tucson: University of Arizona.
- Parand, E., & Taghizadeh, A. (2009). Investigation of the digestibility of barley grain processed by different methods using the gas production technique and two microbial enzyme sources. *Journal of Animal Science Researches*, 4 (2), 1-13. (In Persian)
- Philippeau, C., Martin, C., & Michalet-Doreau, B. (1999). Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *Journal of Animal Science*, 77, 1587-1596. <https://doi.org/10.2527/1999.7761587x>
- Pirgozliev, V. R., C. L. Birch, S. P. Rose, P. S. Kettlewell, & M. R. Bedford. (2003). Chemical composition and the nutritive quality of different wheat cultivars for broiler chickens. *British Poultry Science*, 44, 464-475. <https://doi.org/10.1080/0007166031000085594>.
- Pirgozliev, V. R., Rose, P., Kettlewell, P., & Bedford, M. (2000). Relationship between chemical composition of wheat and broiler chicken growth performance. *British Poultry Science*, 41, 697-698.
- Pishnamazi, R., Ghorbani, G. R., & Alikhani, M. (2003). In-situ degradability of dry matter and crude protein of corn, wheat, and millet grains. *Iranian Agricultural Research Journal*, 22(2), 197-205. <https://doi.org/10.22099/iar.2003.4263>. (In Persian)
- Porter, J. C., Warner, R. G., & Kertz, A. F. (2007). Effect of fiber level and physical form of starter on growth and development of dairy calves fed no forage. *The Professional Animal Scientist*, 23, 395-400. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30994-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30994-3)

- Reinhardt, C. D., Brandt Jr, R. T., Behnke, K. C., Freeman, A. S., & Eck, T. P. (1997). Effect of steam-flaked sorghum grain density on performance, mill production rate, and subacute acidosis in feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 75(11), 2852-2857. <https://doi.org/10.2527/1997.75112852x>
- Reynolds, C. K. (2006). Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 130, 78-94. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.01.019>
- Rode, L. M., & Satter, L. D. (1988). Effect of amount and length of alfalfa hay in diets containing barley or corn on site of digestion and rumen microbial protein synthesis in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 68, 445-454. <https://doi.org/10.4141/cjas88-050>
- Rooney, L.W., & Pflugfelder, R. L. (1986). Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, 63, 1607. <https://doi.org/10.2527/jas1986.6351607x>
- Rosenfelder, P., Eklund, M., & Mosenthin, R. (2013). Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 185(3-4), 107-125. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.07.011>
- Rowe, J. B., & Pethick, D. W. (1994). Starch digestion in ruminants-problems, solutions and opportunities. In: Proceeding of 20th Annual Scientific Meeting Nutrition Society of Australia. Newcastle, NSW, Australia, pp. 40-52.
- Rowe, J. B., Choct, M., & Pethick, D.W. (1999). Processing cereal grains for animal feeding. *Australian Journal Experimental Agriculture*, 50, 721-736. <https://doi.org/10.1071/AR98163>
- Sadri, H., Ghorbani, G. R., Rahmani, H. R. Samie, A. H., Khorvash, M., & Bruckmaier, R. M. (2009). Chromium supplementation and substitution of barley grain with corn: Effects on performance and lactation in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 5411-5418. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1877>
- Shen, J., Zheng, L., Chen, X., Han, X., Cao, Y., & Yao, J. (2020). Metagenomic analyses of microbial and carbohydrate-active enzymes in the rumen of dairy goats fed different rumen degradable starch. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1003. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01003>
- Silveira, C., Oba, M., Beauchemin, K. A., & Helm, J. (2007). Effect of grains differing in expected ruminal fermentability on the productivity of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 2852-2859. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-649>
- Slyter, L. L., Oltjen, R. R., Kern, D. L., & Blank, F. C. (1970). Influence of type and level of grain and diethylstilbestrol on the rumen microbial populations of steers fed all-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 31, 996-1002. <https://doi.org/10.2527/jas1970.315996x>
- Taghizadeh, A., Shojae, Gh., Jalil, M., Gholamali, Janmohammadi, H., & Viasan, P. (2001). Determination of dry matter and crude protein degradability of some fibrous and concentrate feeds using the *in-situ* technique in sheep. *Agricultural Science*, 11(3), 93-100 (In Persian) .
- Van Soest, P. J., Robertson, J., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Wales, W. J., Egan, A. R., & Kolver, E. S. (2004). Using the Cornell net carbohydrate and protein system to predict ruminal pH in dairy cows grazing high quality pasture. *Science Access*, 1(1), 188-191. <https://doi.org/10.1071/SA0401048>
- Zebeli, Q., Mansmann, D., Steingass, H., & Ametaj, B. N. (2010). Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livestock Science*, 127, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.09.003>
- Zhang, Z., Li, F., Ma, X., Li, F., & Wang, Z. (2022). Effects of barley starch level in diet on fermentation and microflora in rumen of hu sheep. *Animals*, 12(15), 1941. <https://doi.org/10.3390/ani12151941>
- Zinn, R. A. (1994). Influence of flake thickness on the feeding value of steam-rolled wheat for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 72(1), 21-28. <https://doi.org/10.2527/1994.72121x>
- Zinn, R. A., Barreras, A., Corona, L., Owens, F. N., & Ware, R. A. (2007). Starch digestion by feedlot cattle: predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. *Journal of Animal Science*, 85, 1727-1730. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-556>
- Zitnan, R., Voigt, J., Schönhusen, U., Wegner, J., Kokardová, M., Hagemeister, H., Levkut, M., Kuhla, S., & Sommer, A. (1998). Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Archiv Für Tierernaehrung*, 51(4), 279-291. <https://doi.org/10.1080/17450399809381926>