

Nutrients Composition and *In Vitro* Fermentation Kinetic of Ensiled Wet Barley Brewing Residues Containing Different Carbohydrates Sources

Golnaz Taasoli¹ , Najme Eslamian Farsuni² , Mohsen Bagheri³ , Shahryar Kargar⁴ , Parisa Darat⁵ 
and Fatemeh Khetvan Hafshejani⁶ 

1. Assistant Professor, Department of Animal Science, Chaharmahal Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran. Corresponding author: Email: gtaasoli@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Chaharmahal Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran. Email: n.e.farsuni@gmail.com
3. Research instructor, Department of Animal Science Research, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran. Email: bagherimohsen@yahoo.com
4. Associate Professor, Dep. Animal Science, Agriculture Faculty, Shiraz University, Shiraz, Iran. Email: shkargar@gmail.com
5. Graduated PhD Student, Dep. Animal Science, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran. Email: Parisa.darat@gmail.com
6. PhD Student, Dep. Food Hygiene, Faculty of veterinary Medicine, Islamic Azad University, Sharekord, Iran. Email: fatemakhetvan@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 24 May 2026
Received in revised form 02 August 2026
Accepted 03 September 2026
Available online 22 September 2026

Keywords:

Agro industry residue,
Ensiling,
Fermentation kinetics,
In vitro condition,
Protozoa.

ABSTRACT

Objective: Barley brewing residues or malt pulp is the agro industry by products which, has a low dry matter (DM) content, hence making silage is a preservation method to storage it. Due to its low energy content, it requires needs a carbohydrate source for ensiling.

Method: Wet barley brewing residues were ensiled in experimental scale. Silage additives were malt extract powder or barley powder. Experimental treatments included: 1- ensiled barley brewing residues containing malt extract powder and 2- ensiled barley brewing residues containing barley powder. Silos were opened after 15 and 30 days of conservation. Quality characteristics of all experimental silages including color and odor were investigated and chemical composition, pH and concentrations of ammonia-N, acid lactic and acid acetic were measured and fleig index was calculated. In vitro gas production attributes and protozoa population were determined. Metabolizable energy, organic matter digestibility and short chain fatty acids were estimated. Data were analyzed by CRD.

Results: DM content of ensiled barley brewing residues containing malt extract powder and ensiled barley brewing residues containing barley powder on days 15 and 30 had no significant difference, although adding barley powder in compare to malt extract powder increased silage DM content. Acetic acid concentration in ensiled barley brewing residues containing barley powder increased over the time. Fleig index and pH were influenced by the additive type and time and both additives decreased pH and increased fleig index over the time. Total protozoa population and Entodinium, Epidinium and Diplodinium genera were higher in barley brewing residues silage containing barley powder over the time.

Conclusions: Barley brewing residues silage containing a carbohydrate source can be incorporated into in the animal diet when combined with a carbohydrate source, and carbohydrate addition enhance preservation time in barley brewing residues silage.

Cite this article: Taasoli, G., Eslamian Farsuni, N., Bagheri, M., Kargar, Sh., Darat, P., & Khetvan Hafshejani, F. (2026). Nutrients composition and *in vitro* fermentation kinetic of ensiled wet barley brewing residues containing different carbohydrates sources. *New Approaches in Animal Sciences*, 1 (3), 1-14. <https://doi.org/10.22098/naas.2026.20746.1027>



© The Author(s) retain the copyright.

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili.

DOI: <https://doi.org/10.22098/naas.2026.20746.1027>

Introduction

The limitation of natural resources and rangelands clearly demonstrates the necessity of proper utilization of crop residues and by-products of food processing industries in ruminant nutrition, as these animals are capable of utilizing such products. Therefore, identifying their nutritional value is of economic importance. On the other hand, the consumption of these feed resources not only supplies part of the animals' nutrient requirements but also reduces the environmental problems associated with them. Feeding animals with agro-industrial residues reduce the competition between livestock and humans for food resources that are suitable for human consumption. Therefore, given the forage limitations in the country, optimal utilization of agricultural residue for livestock feed supply is essential. Barley brewing residue consists of insoluble materials that remain after the extraction of malt from barley grains. Due to its high moisture content (70 to 75 percent), it undergoes rapid fermentation and rancidity. This by-product contains approximately 20 to 25 percent crude protein (CP) and 50 to 54 percent neutral detergent fiber (NDF). Ensiling is a preserving and utilizing method for incorporating this product in ruminants' diet (Wang et al., 2020). However, due to the low energy content of wet barley brewery (resulting from the conversion of starch to maltose and dextrin, and the removal of these compounds as malt extract), it is preferable to use carbohydrate sources during silage preparation. Therefore, the present experiment was aimed to study the quality characteristics and in vitro fermentation kinetics of barley brewing residue silage containing malt extract powder or barley powder after 15 and 30 days of silage making.

Method

Chemical composition including dry matter (DM), CP, ash, NDF, acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL) of wet barley brewing residue were determined by standard methods before making silage. Wet barley brewing residues were ensiled in experimental scale (2 to 3 kg). Two silage additives were tested: malt extract powder and barley powder, each incorporated at 15 percent inclusion rate. This created two distinct treatment groups: silages containing 15 percent barley powder and silages containing 15 percent malt extract powder. Silos were opened and evaluated at two time points: 15 days and 30 days post-conservation, allowing assessment of temporal effects on silage quality parameters. Post-ensiling analyses included DM, CP, and ash, NDF, ADF and ADL were determined by standard methods. Quality characteristics assessment encompassed both organoleptic evaluation (color and odor) and quantitative measurements including pH, ammonia-nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) concentration, lactic acid concentration, acetic acid concentration, and calculation of the Fleig index. In vitro evaluation employed gas production techniques to assess fermentation kinetics. Parameters measured included gas production potential, gas production rate, and lag time. After 24 hours of in vitro incubation, ammonia-nitrogen concentrations and protozoal populations were determined.

Additionally, metabolizable energy (ME), organic matter digestibility (OMD), and short-chain fatty acids (SCFA) were estimated using established predictive equations derived from gas production data. Treatment means were compared using Tukey's test for multiple comparisons. Statistical significance was declared at $P \leq 0.05$, while P-values between 0.05 and 0.10 were interpreted as trends toward statistical significance.

Results

Analysis of dry matter content revealed that wet barley brewing silages containing malt extract powder and those containing barley powder did not differ significantly at either 15 or 30 days after opening. However, when comparing additive types, the addition of barley powder resulted in significantly higher dry matter content compared to equivalent amounts of malt extract powder ($P < 0.05$). This finding suggests that barley powder may contribute more effectively to moisture reduction or dry matter preservation during the ensiling process. Crude protein percentage, ash content, NDF, ADF, lignin concentration, ammonia-nitrogen concentration, and lactic acid concentration showed no significant differences between silage treatments ($P > 0.05$). This indicates that both carbohydrate sources provided comparable preservation of protein and fiber fractions during fermentation. Acetic acid concentration demonstrated a time-dependent response in wet barley brewing silages containing barley powder, with concentrations increasing significantly as silage storage time extended from 15 to 30 days ($P < 0.05$). This pattern suggests continued fermentation activity and potential shifts in microbial populations during extended storage. Both pH and Fleig index were significantly influenced by additive type and storage duration. For both malt extract powder and barley powder treatments, pH decreased and Fleig index increased over time ($P < 0.05$). The decreasing pH indicates progressive acidification during fermentation, which is desirable for silage preservation. The increasing Fleig index reflects improved overall silage quality with extended storage, as this index integrates multiple fermentation parameters into a single quality indicator. Gas production potential, gas production rate, metabolizable energy, organic matter digestibility, and estimated short-chain fatty acids showed no significant differences between silage treatments containing either additive type or at different opening times ($P > 0.05$). This suggests that both carbohydrate sources supported comparable ruminal fermentation characteristics and nutrient availability. However, lag phase duration demonstrated a significant treatment-by-time interaction. Specifically, in wet barley brewing silages containing malt extract powder, the lag phase increased with extended storage time ($P < 0.05$). This finding indicates that malt extract-containing silages may require longer adaptation periods for ruminal microorganisms after extended storage, potentially affecting initial fermentation rates *in vivo*. Total protozoal populations and specific genera including *Entodinium*, *Epidinium*, and *Diplodinium* showed significant increases with extended storage time in wet barley brewing silages containing barley powder ($P < 0.05$). This response suggests that barley powder

supplementation may create more favorable conditions for protozoal survival and proliferation during ensiling, which could have implications for ruminal fiber digestion and overall feed utilization efficiency.

The results showed that the dry matter content of wet barley brewing residues silages containing malt extract powder and wet barley brewing residues silages containing barley powder did not differ significantly at 15 and 30 days after opening. However, addition of barley powder compared to the same amount of malt extract increased the dry matter content of the silage ($P < 0.05$). Crude protein percentage, ash, NDF, ADF, lignin, ammonia nitrogen concentration, and lactic acid did not differ significantly between silages ($P > 0.05$). Acetic acid concentration in wet barley brewing silages containing barley powder increased with increasing silage storage time ($P < 0.05$). The pH and Flieg index of wet barley brewing silages were influenced by additive type and storage time; and for both additive types, pH decreased and Flieg index increased over the time ($P < 0.05$). Gas production potential, gas production rate, metabolizable energy, organic matter digestibility, and estimated short-chain fatty acids of wet barley brewing silages with both additive types and at different opening times did not differ significantly ($P > 0.05$). However, with increasing storage time in wet barley brewing silages containing malt extract powder, the lag phase increased ($P < 0.05$). Total protozoa population and the genera Entodinium, Epidinium, and Diplodinium in wet barley brewing silages containing barley powder increased with increasing silage storage time ($P < 0.05$).

Conclusions

Results of this study indicated that wet barley brewing silage containing a carbohydrate source can be included in ruminant diets, and the addition of carbohydrate sources contributes to extending the storage time of wet barley brewing silage.

Author Contributions

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

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



ترکیب مواد مغذی و پویایی تخمیر برون‌تنی سیلاژ تفال مالت دارای منابع کربوهیدراتی

گلناز تأسلی^۱، نجمه اسلامیان فارسونی^۲، محسن باقری^۳، شهریار کارگر^۴، پریسا دارات^۵ و فاطمه ختوان هفشجانی^۶

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران. رایانامه: gtaasoli@gmail.com
۲. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران. رایانامه: n.e.farsuni@gmail.com
۳. مربی پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران. رایانامه: bagheriimohsen@yahoo.com
۴. دانشیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: shkargar@gmail.com
۵. دانش آموخته دکتری تخصصی تغذیه دام، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: Parisa.darat@gmail.com
۶. دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت صنایع غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: fatemakhhetvan@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: پسماند تخمیر جو یا تفال مالت از فرآورده‌های جانبی صنایع تبدیلی کشاورزی است که به دلیل ماده خشک کم، سیلو کردن یکی از راه‌های نگهداری و استفاده از آن در تغذیه دام است. این آزمایش با هدف بررسی روند گوارش و پویایی تخمیر برون‌تنی سیلاژ تفال مالت انجام شد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی،

روش پژوهش: سیلاژها در مقیاس آزمایشگاهی تهیه شدند. افزودنی‌های سیلاژ شامل پودر عصاره مالت و یا پودر جو بود. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- سیلاژ تفال مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو، ۲- سیلاژ تفال مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت بود. سیلاژهای آزمایشی پس از ۱۵ و ۳۰ روز بازگشایی شدند. ترکیب شیمیایی، pH، نیتروژن آمونیاکی، اسیدلاکتیک و اسیداستیک اندازه‌گیری و شاخص فلیک محاسبه شد. فراسنجه‌های تولید گاز و جمعیت پروتوزوا اندازه‌گیری و انرژی قابل سوخت‌وساز، گوارش‌پذیری ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر برآورد شد. داده‌های حاصل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شدند.

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

یافته‌ها: افزودن پودر جو در مقایسه با همان میزان عصاره مالت باعث افزایش ماده خشک سیلاژ شد. درصد پروتئین خام، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین و غلظت نیتروژن آمونیاکی و اسید لاکتیک بین سیلاژها متفاوت نبود. غلظت اسید استیک سیلاژهای تفال مالت دارای پودر جو با افزایش زمان نگهداری سیلاژ افزایش یافت. مقدار pH و شاخص فلیک سیلاژهای تفال مالت تحت تأثیر نوع افزودنی و زمان قرار گرفت و در هر دو نوع افزودنی با گذشت زمان pH کاهش و شاخص فلیک افزایش یافت. پتانسیل تولید گاز، سرعت تولید گاز، انرژی قابل سوخت‌وساز، گوارش‌پذیری ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر برآورد شده سیلاژهای تفال مالت با هر دو نوع افزودنی و در زمان متفاوت بازگشایی با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند اما، با گذشت زمان نگهداری در سیلاژهای تفال مالت دارای پودر عصاره مالت فاز تأخیر افزایش یافت. جمعیت کل پروتوزوا و جنس‌های انتودینیوم، اپیدینیوم و دیپلودینیوم در سیلاژهای تفال مالت دارای پودر جو با افزایش زمان نگهداری سیلاژ افزایش یافت.

کلیدواژه‌ها:

پروتوزوا،

پسماند صنایع تبدیلی،

پویایی تخمیر،

سیلاژ،

شرایط برون‌تنی.

نتیجه‌گیری: سیلاژ تفال مالت همراه با یک منبع کربوهیدرات می‌تواند در جیره استفاده شود و افزودن منبع کربوهیدرات به بیشتر شدن زمان نگهداری سیلاژ تفال مالت کمک می‌کند.

استناد: تأسلی، گلناز؛ اسلامیان فارسون، نجمه؛ باقری، محسن؛ کارگر، شهریار؛ دارات، پریسا و ختوان هفشجانی، فاطمه (۱۴۰۵). ترکیب مواد مغذی و پویایی تخمیر برون‌تنی سیلاژ تفال مالت دارای منابع کربوهیدراتی. *یافته‌های نوین علوم دامی*، ۱ (۳)، ۱-۱۴. <https://doi.org/10.22098/naas.2026.20746.1027>



۱. مقدمه

واحد‌های پرورش دام و طیور به دلیل کمبود بارش و خشکسالی با مشکل جدی کمبود خوراک دام و تأمین آن مواجه شده‌اند. از این رو استفاده از فرآورده‌ها و پسماندهای جانبی صنایع کشاورزی در تغذیه دام رو به افزایش است. مصرف این منابع خوراکی علاوه بر تأمین بخشی از نیازهای مواد مغذی دام، مشکلات زیست محیطی ناشی از دفن و یا انباشت آن‌ها را نیز کاهش می‌دهد (Teymour Nezhad و همکاران، ۲۰۰۷). پسماندهای صنایع تبدیلی کشاورزی تنوع زیادی از لحاظ کمی و کیفی دارند و مصرف بهینه آن‌ها در تغذیه دام نیاز به بررسی دارد. تفاله‌مالت شامل مواد نامحلولی است که پس از برداشت مایع قندی از جو باقی می‌ماند که به دلیل رطوبت بالا (۷۰ تا ۷۵ درصد) به سرعت تخمیر می‌شود. این پسماند در حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۵۴ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی دارد که گوارش‌پذیری الیاف بالا است (Wang و همکاران، ۲۰۲۰). در عین حال به دلیل رطوبت بالای تفاله‌مالت، دامدار تمایل زیادی برای استفاده از آن نخواهد داشت، چرا که فسادپذیری آن زیاد است و به دلیل عدم شناخت ترکیب تفاله مالت و نحوه مصرف آن، استفاده بهینه‌ای از آن نمی‌شود. یکی از راه‌های نگهداری و استفاده این محصول در تغذیه دام سیلو کردن آن است. در فرآیند تولید عصاره از مالت، نشاسته مالت به مالتوز و دکستترین تبدیل می‌شود؛ بنابراین تفاله مالت انرژی کمی دارد و بهتر است هنگام تهیه سیلاژ از منابع کربوهیدراتی استفاده شود.

استفاده از بقایای تقطیری جو (تفاله مالت) در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزن تازه همراه با پسماندهای چوبی ذرت، تفاله سیب خشک شده و پوست سیب زمینی شیرین در سیلاژ آزمایشگاهی سبب افزایش پروتئین خام، اسیدلاکتیک و کاهش ماده‌خشک، نیتروژن آمونیاکی، مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، سلولز و همی‌سلولز بعد از روز ۳۰ سیلو شد (Dai و همکاران، ۲۰۲۲). در پژوهش دیگری، جایگزینی ماشک با تفاله مالت به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزن تازه در جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده نشان داد که با افزایش سطح تفاله مالت، نسبت اسید لاکتیک به اسید استیک، اتانول، کربوهیدرات‌های محلول در آب و ماده خشک سیلاژ افزایش و اسیدهای چرب فرار، pH و نیتروژن آمونیاکی کاهش یافت (Wang و همکاران، ۲۰۲۰).

با توجه به وجود صنایع تبدیلی غذایی در کشور و تولید تفاله مالت، پژوهش در این زمینه به دامدار کمک می‌کند تا با وجود مواد دردسترس جیره ارزان‌تری تهیه نماید. بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی روند گوارش و پویایی تخمیر برون‌تنی سیلاژ تفاله‌مالت انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد از سال ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ انجام شد. تفاله‌مالت، پودر عصاره مالت و دانه جو از شرکت شهید جهان‌بین زاگرس واقع در استان چهارمحال و بختیاری (شهرهفشجان) تهیه شد. جدول ۱ ترکیب شیمیایی تفاله مالت را نشان می‌دهد. سیلاژها در مقیاس آزمایشگاهی (سه کیلوگرم) و با شش تکرار در هر تیمار تهیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- سیلاژ تفاله‌مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو، ۲- سیلاژ تفاله‌مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت بود که در روزهای ۱۵ و ۳۰ پس از تهیه سیلاژ بازگشایی شدند. ماده خشک سیلاژهای آزمایشی در دمای ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد (Hristov و همکاران، ۲۰۲۰). سپس با آسیاب دارای الک ۱ میلی‌متری آسیاب شده و خاکستر و پروتئین خام سیلاژها با روش استاندارد اندازه‌گیری (AOAC، ۲۰۱۹). مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین براساس روش ون سوست و همکاران (Van Soest و همکاران ۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. درصد ماده آلی از اختلاف ماده خشک و خاکستر محاسبه شد. بازگشایی سیلاژها در روزهای ۱۵ و ۳۰ پس از تهیه سیلاژ انجام شد. هنگام بازگشایی همه سیلاژها، رنگ و بو هر سیلاژ بررسی و ارزیابی شد (Kung و همکاران، ۲۰۱۷). هیچ گونه بو و یا رنگ نامطبوع در سیلاژها مشاهده نشد. برای اندازه‌گیری pH، ۱۵ گرم از سیلاژ با ۱۳۵ میلی‌لیتر آب مقطر با استفاده از دستگاه بلندر (مخلوط کن) به مدت یک دقیقه مخلوط شد و سپس عصاره حاصل با استفاده از دو لایه پارچه تنظیف صاف شد و pH عصاره صاف شده با pH متر دیجیتال (Metrohm, Swiss) انجام شد (Zahiroddini و همکاران، ۲۰۰۴). شاخص فلیگ با توجه به ماده خشک و pH سیلاژ و بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد که در آن نمره ۸۱ تا ۱۰۰ برابر با امتیاز خیلی خوب، نمره ۶۱ تا ۸۰ برابر با امتیاز خوب، نمره ۴۱ تا ۶۰ برابر با امتیاز قابل قبول، نمره ۲۱ تا ۴۰ برابر با

در این رابطه، P ، میزان گاز تجمعی تولید شده در زمان (میلی لیتر)؛ a ، میزان گاز تولیدی توسط بخش تند تجزیه شونده خوراک (میلی لیتر)؛ b ، میزان گاز تولیدی توسط بخش کند شونده خوراک (میلی لیتر)؛ c ، سرعت کل تولید گاز (درصد در ساعت)؛ t ، زمان (ساعت) و lag ، فاز تأخیر است. برای اندازه گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی و شمارش جمعیت پروتوزوا یک آزمون تولید گاز به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون ویال ها باز شدند و دو میلی لیتر از مایع درون شیشه برداشته شد و پنج میلی لیتر محلول اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال به آن اضافه شد و تا زمان آنالیز در دمای منفی ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. نیتروژن آمونیاکی با استفاده از روش فنول هیپوکلریت (Broderick و Kang، ۱۹۸۰) اندازه گیری شد. برای شمارش جمعیت پروتوزوا پنج میلی لیتر از مایع درون ویال ها با پنج میلی لیتر فرمالین ۵۰ درصد مخلوط، سپس دو قطره رنگ سبز بریلیانت به آن اضافه شد. ۲۴ ساعت پس از افزودن رنگ، شمارش پروتوزوا با استفاده از لام نفوبار و میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰ انجام شد و جنس های مختلف پروتوزوا با بزرگنمایی ۴۰ شناسایی شدند (Dehority، ۲۰۰۳). میزان انرژی قابل سوخت و ساز و گوارش پذیری ماده آلی با استفاده از روابط ۳ و ۴ (Menke و Steingass، ۱۹۸۸) و کل اسیدهای چرب فرار با استفاده از رابطه ۵ (Makkar، ۲۰۱۰) محاسبه شد.

(رابطه ۳)

$$GP + 0.057CP = 2/2 + 0.136 \text{ انرژی قابل متابولیسم}$$

(مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)

(رابطه ۴)

$$CP + 0.045GP + 0.889 = 14/88 \text{ (درصد) گوارش پذیری ماده آلی}$$

$$GP - 0.0425 = 0.222 \text{ (میلی مول) اسیدهای}$$

چرب زنجیر کوتاه

در این رابطه، GP ، تولید گاز حاصل از ۲۴ ساعت انکوباسیون (میلی لیتر) و CP ؛ پروتئین خام (درصد) است.

آنالیز آماری

داده های حاصل در قالب طرح کاملاً تصادفی و براساس رویه GLM نرم افزار آماری SAS تجزیه واریانس شدند و برای مقایسه میانگین ها از آزمون توکی استفاده شد. سطح احتمال کمتر یا مساوی ۰/۰۵ معنی دار تلقی شدند. مدل آماری به صورت زیر است:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

امتیاز متوسط و نمره صفر تا ۲۰ برابر با امتیاز بد در نظر گرفته شد (Gao و همکاران، ۲۰۲۱).

(رابطه ۱)

$$pH \times 40 - (15 - \% \text{ dry matter} \times 2) = \text{Fleig point}$$

از عصاره صاف شده سیلاژ برای اندازه گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی (Kang و Broderick، ۱۹۸۰) و اسیدلاکتیک با دستگاه اسپکتوفتومتری (Jenway, UK) در طول موج ۵۷۰ نانومتر استفاده شد (Taylor، ۱۹۹۶). برای اندازه گیری اسیدهای چرب کوتاه زنجیر سیلاژها، پنج میلی لیتر از عصاره صاف شده سیلاژ با یک میلی لیتر محلول اسید متافسفریک مخلوط و تا زمان اندازه گیری در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. اندازه گیری غلظت اسیدهای چرب فرار با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی دارای ستون شیشه ای (۱/۶۵ متر $\times$ ۴/۶ میلی متری) انجام شد. تنظیم دستگاه به گونه ای بود که دمای ستون از ۸۰ درجه سلسیوس با توالی ۱۰ درجه به ۱۸۰ درجه سلسیوس رسید. دمای تشخیص دهنده و تزریق کننده به ۲۰۰ درجه سلسیوس رسانده شد. جریان گاز نیتروژن، ۳۵ میلی لیتر در دقیقه، گاز هیدروژن، ۳۳ میلی لیتر در دقیقه و جریان هوا ۲۰۰ میلی لیتر در دقیقه در دستگاه تنظیم شد. اندازه گیری در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات علوم دامی انجام شد.

برای آزمون تولید گاز، سیلاژهای خشک شده با استفاده از الک یک میلی متری آسیاب شدند و محلول بافر با روش مک دوگال (McDougall، ۱۹۴۸). تهیه شد. مقدار ۲۵۰ میلی گرم از سیلاژها درون بطری های ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به تمام بطری ها، ۴۰ میلی لیتر مخلوط مایع شکمبه- محلول بافر اضافه شد و سپس به داخل هر بطری ۱۵ ثانیه دی اکسید کربن تزریق و بلافاصله درپوش لاستیکی شیشه ها گذاشته شد و با استفاده از محافظ آلومینیومی مخصوص پرس شد. برای تصحیح میزان گاز نمونه ها، سه بطری فاقد ماده خوراکی به عنوان بطری های بلانک در نظر گرفته شد. میزان گاز تولیدی با فشارسنج (مدل Testo 512 Digitalmonomer) در زمان های صفر، دو، چهار، شش، هشت، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ ساعت پس از شروع انکوباسیون قرائت شد (Theodorou و همکاران، ۱۹۹۴). داده های فشار گاز به حجم تبدیل شد (Lopez و همکاران، ۲۰۰۷) و فراسنجه های تولید گاز با استفاده از معادله مکدونالد (۱۹۸۱)، رابطه ۲ پرازش شد:

(رابطه ۲)

$$P = a + b (1 - e^{-c(t - lag)})$$

طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه واریانس شدند و هر اجرای آزمایش گاز به عنوان بلوک در نظر گرفته شد.

که در این رابطه Y_{ij} متغیر وابسته، μ میانگین جامعه، T_i اثر تیمار و e_{ij} اثر خطای آزمایشی است. داده‌های تولید گاز در قالب

جدول ۱. ترکیب شیمیایی تفالۀ مالت، جو و عصاره مالت (درصد از ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of malt pulp, barley and malt extract powder (percentage of dry matter)

چربی خام Crude Fat	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	خاکستر Ash	پروتئین خام Crude Protein	ماده خشک Dry Matter
4.70	26.74	62.52	3.02	21.58	21.20
---	13.07	9.54	2.28	9.88	88.82
---	---	---	2.00	6.00	90.02

تفالۀ مالت

Malt Pulp

جو

Barley

پودر عصاره مالت

Malt extract powder

بود ($P < 0.05$) و با افزایش زمان بازگشایی سیلاژ مقدار آن افزایش یافت. فزون بر این، ماده خشک سیلاژهای تفالۀ مالت با افزودن پودر جو افزایش یافت و به دنبال آن مقدار pH سیلاژهای تفالۀ مالت دارای پودر جو بیشتر از سیلاژهای تفالۀ مالت دارای عصاره مالت بود. با افزایش زمان سیلو شدن مقدار pH کاهش و مقدار اسیداستیک افزایش می‌یابد (Windle و همکاران، ۲۰۱۴؛ Der Bedrosian و همکاران، ۲۰۱۲). مقایسات مستقل نشان داد که شاخص فلیگ سیلاژها تحت تأثیر زمان بازگشایی و نوع افزودنی قرار گرفت ($P < 0.05$). در هر دو نوع افزودنی با افزایش زمان بازگشایی، شاخص فلیگ افزایش یافت. شاخص فلیگ معیاری برای نشان دادن کیفیت سیلاژ می‌باشد و بالاتر بودن آن نشانه کیفیت مطلوب‌تر مواد سیلو شده است (Gao و همکاران، ۲۰۲۱). در آزمایش حاضر، شاخص فلیگ همه سیلاژها بیشتر از ۸۱ بود که نشان می‌دهد مواد سیلو شده از کیفیت مناسبی برخوردار بودند (Dai و همکاران، ۲۰۲۳).

فراسنجه‌های تولید گاز

جدول ۳ فراسنجه‌های تولید گاز سیلاژهای تفالۀ مالت را نشان می‌دهد. پتانسیل تولید گاز و سرعت تولید گاز سیلاژ تفالۀ مالت با هر دو نوع افزودنی و در زمان متفاوت بازگشایی با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند ($P < 0.05$)، اما فاز تأخیر سیلاژهای تفالۀ مالت با یکدیگر متفاوت بود ($P < 0.05$). علت آن می‌تواند نشاسته بیشتر در پودر جو در مقایسه با عصاره مالت باشد. در حضور کربوهیدرات غیرساختاری سرعت گوارش بیشتر و فاز تأخیر کم‌تر می‌شود (Makkar, 2010). سیلاژ تفالۀ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت ۱۵ روز بعد از بازگشایی در مقایسه با همین سیلاژ در ۳۰ روز

۳. نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی و کیفیت سیلاژها

جدول ۲ ترکیب شیمیایی و خصوصیات کیفی سیلاژهای تفالۀ مالت را نشان می‌دهد. مقایسه سیلاژ دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت در روزهای ۱۵ و ۳۰ پس از بازگشایی نشان داد که ماده خشک تفاوت معنی‌داری نداشت (مقایسه مستقل ۱ و ۲ جدول ۲). اما افزودن پودر جو و یا پودر عصاره مالت در روزهای ۱۵ و ۳۰ اثر معنی‌داری بر ماده خشک سیلاژ داشت (مقایسه مستقل ۳ و ۴ جدول ۲) و افزودن پودر جو در مقایسه با همان میزان عصاره مالت باعث افزایش ماده خشک سیلاژ شد. ناهمسو با آزمایش حاضر، افزودن ملاس (سطوح یک و دو درصد) به سیلاژ تفالۀ مالت اثری بر ماده خشک نداشت (Eslamian و همکاران، ۲۰۱۳). مقدار پروتئین خام، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، لیگنین، نیتروژن آمونیاکی و اسیدلاکتیک تحت تأثیر نوع افزودنی و زمان بازگشایی قرار نگرفت ($P > 0.05$) اما مقدار pH، اسیداستیک و شاخص فلیگ سیلاژ تفالۀ مالت تحت تأثیر نوع افزودنی و زمان قرار گرفت ($P > 0.05$). مقدار pH سیلاژها در دامنه طبیعی بود ولی به واسطه هر دو افزودنی سیلاژ مقدار pH باگذشت زمان کاهش یافت، که می‌تواند به دلیل غلظت بیشتر اسیداستیک در هر دو نوع سیلاژ با افزایش زمان بازگشایی سیلوها باشد. اگرچه اسیدلاکتیک، اسید اصلی سیلاژ است و نقش اصلی در تعیین میزان pH سیلاژ دارد، اما در آزمایش حاضر غلظت این اسید بین سیلاژها متفاوت نبود، ولی غلظت اسیداستیک در هر دو نوع افزودنی در سیلاژها متفاوت

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن پودر عصاره مالت به سیلاژ تفالۀ مالت در مقایسه با افزودن پودر جو، سبب افزایش مقدار اسیدلاکتیک و شاخص فلیگ و کاهش pH شد. همچنین، با افزودن پودر عصاره مالت مقدار پروتئین خام سیلاژ تفالۀ مالت در مقایسه با افزودن پودر جو تمایل به افزایش داشت. افزودن پودر جو و یا پودر عصاره مالت به سیلاژ تفالۀ مالت به افزایش زمان نگهداری سیلاژ کمک می‌کند. استفاده از باکتری‌های بهبوددهنده کیفیت سیلاژ می‌تواند در پژوهش‌های آینده بررسی شود.

سپاسگزاری

از شرکت شهید زاگرس جهان‌بین که حامی مالی این پروژه هستند، قدردانی و سپاسگزاری می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچگونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: طراحی و اجرای پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، نگارش مقاله.

نویسنده دوم: اجرای پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها.

نویسنده سوم و بقیه: جمع‌آوری داده‌ها.

بعد از بازگشایی، فاز تأخیری بیشتری داشت ($P < 0.05$). با افزایش زمان سیلو شدن، فعالیت تجزیه پروتئین در سیلاژ افزایش می‌یابد و همین امر کمک می‌کند تا پروتئین‌هایی که با دیواره سلولی گیاه در ارتباط هستند تجزیه شوند؛ بنابراین، در سیلاژی که بعد از زمان بیشتری بازگشایی می‌شود، تجزیه دیواره سلولی راحت‌تر رخ می‌دهد و فاز تأخیر کم‌تر است (Kung و همکاران، ۲۰۱۷). میزان افزایش فاز تأخیر می‌تواند به این دلیل باشد که جمعیت میکروبی باید تکثیر یافته و بر ذرات خوراک برای تشکیل بیوفیلم کلونی تشکیل دهند (Dehority, 2003). ناهمسو با پژوهش حاضر افزودن ملاس (سطوح یک و دو درصد ماده خشک) به سیلاژ تفالۀ مالت، پتانسیل تولید گاز و سرعت تولید گاز را افزایش داد (Eslamian و همکاران، ۲۰۱۳). فراسنجه‌های برآورده شده انرژی قابل سوخت‌وساز، گوارش‌پذیری ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر سیلاژهای تفالۀ مالت دارای هر دو افزودنی و در هر دو زمان بازگشایی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P < 0.05$).

جمعیت پروتوزوا

جدول ۴ کل جمعیت پروتوزوا و تفکیک آن را براساس جنس نشان می‌دهد. کل جمعیت پروتوزوا، جنس‌های انتودینیوم، دیپلودینیوم و اپیدینیوم سیلاژ تفالۀ مالت دارای پودر جو ۱۵ روز بعد از بازگشایی بعد از ۲۴ ساعت تخمیر برون‌تنی در مقایسه با همین سیلاژ که در روز ۳۰ بازگشایی شده است، کم‌تر بود ($P < 0.05$). با افزایش زمان سیلو کردن و تجزیه پروتئین بیشتر در سیلاژ، مقدار نیتروژن آمونیاکی سیلاژ بیشتر و شرایط برای تکثیر پروتوزوا در حالت تخمیر برون‌تنی بیشتر شده است. جنس انتودینیوم بخش اصلی جمعیت پروتوزوا را در این پژوهش به خود اختصاص داده است. همسو با این نتایج، در پژوهش‌های درون‌تنی نیز این جنس، جمعیت اصلی پروتوزوا در شکمبه را شامل می‌شود (Ivan و همکاران، ۲۰۰۰؛ Donmez و همکاران، ۲۰۰۳). پژوهش‌های درون‌تنی نشان داد که مصرف جیره دارای بقایای تخمیری جو (۹ درصد ماده خشک جیره) در تغذیه گاوهای شیرده تأثیری بر جمعیت کل پروتوزوا و جنس‌های انتودینیوم و ایزوترشیا نداشت (Miyazawa و همکاران، ۲۰۰۷)؛ اما، استفاده از بقایای تخمیری جو (۱۱/۵ درصد ماده خشک جیره) در جیره گاوهای شیرده باعث کاهش جمعیت جنس‌های انتودینیوم و ایزوترشیا شد (Faccenda و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۲. ترکیب شیمیایی (درصد از ماده خشک) و خصوصیات کیفی سیلاژهای تفال مالت
Table 2. Chemical composition (% of Dry matter) and qualitative characteristics of malt pulp silages

سیلاژ تفاله مالت دارای ۱۵ درصد پودر					سیلاژ تفاله مالت دارای ۱۵ درصد		میانگین		سطح معنی داری مقایسات مستقل*
عصاره مالت					پودر جو		خطای معیار		
MPS containing MEP ¹					MPS containing BP ²		SEM		
روز					روز		Contrasts		
Day					Day				
۱۵					۳۰		۱		5
15					30				4
فراسنجه					30		2		3
Parameter					15		1		2
ماده خشک (%)					27.98	27.52	0.44	0.16	<0.01
Dry matter (%)					22.56	21.95	0.55	0.90	<0.01
پروتئین خام (%)					2.95	2.84	0.13	0.17	0.07
Crude protein (%)					71.10	63.78	5.38	0.23	0.06
خاکستر (%)					16.65	16.23	1.98	0.57	0.17
Ash (%)					1.81	1.25	0.33	0.41	0.07
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%)					3.83	4.25	0.05	<0.01	<0.01
Neutral detergent fiber (%)					5.38	4.87	0.35	0.68	0.18
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (%)					57.73	55.87	9.81	0.63	0.03
Acid detergent fiber (%)					0.12	0.074	0.013	0.84	<0.01
لیگنین (%)					107.63	89.23	1.67	<0.01	<0.01
Acid detergent lignin (%)									
pH									
نیتروزن آمونیاکی (میلی گرم در دسی لیتر)									
Ammonia –N (mg/dl)									
اسید لاکتیک (گرم در کیلوگرم ماده خشک)									
Acid lactic (mg/kg DM)									
اسیداستیک (درصد از ماده خشک سیلاژ)									
Acetic acid (% of silage DM)									
شاخص فلیگ									
Flig Index									

1. Malt pulp silage containing malt extract powder, 2. Malt pulp silage containing barley powder.

*مقایسات مستقل: ۱- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی، ۲- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی، ۳- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روز ۱۵ بعد از بازگشایی، ۴- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روز ۳۰ بعد از بازگشایی و ۵- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی.

*1. Contrast between malt pulp silage containing malt extract at day 15 vs day 30, 2. Contrast between malt pulp silage containing barley powder at day 15 vs day 30, 3. Contrast between malt pulp silage containing barley powder or malt extract powder at day 15, 4. Contrast between malt pulp silage containing barley powder or malt extract powder at day 30 and 5. Contrast between malt pulp silage containing barley powder at days 15 and 30 vs malt pulp silage containing malt extract powder at days 15 and 30.

جدول ۳. فراسنجه‌های تولید گاز سیلاژهای تفاله مالت
 Table 3. In vitro gas production parameters of malt pulp silages

سطح معنی‌داری مقایسات مستقل*					میانگین خطای معیار SEM	سیلاژ تفاله مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو MPS containing BP ²		سیلاژ تفاله مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت MPS containing MEP ¹		فراسنجه Parameter
						روز Day		روز Day		
Contrasts						۳۰ 30	۱۵ 15	۳۰ 30	۱۵ 15	
5	4	3	2	1						
0.32	0.71	0.34	0.39	0.05	13.05	85.72	99.64	90.30	77.87	پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر / ۲۵۰ میلی گرم ماده خشک) Gas production potential (ml/250mg DM)
0.89	0.18	0.91	0.64	0.14	0.12	0.18	0.12	0.39	0.10	سرعت کل تولید گاز (درصد در ساعت) Gas production rate (%/h)
<0.01	0.88	<0.01	0.39	<0.01	0.49	0.75	0.24	0.84	2.64	فاز تأخیر (ساعت) Lag time (h)
0.59	0.51	0.90	0.16	0.10	2.45	9.02	3.29	11.48	3.79	نیتروژن آمونیایی (میلی گرم در دسی لیتر) Ammonia-N (mg/dl)
فراسنجه‌های برآورد شده Estimated Parameters										
0.23	0.52	0.29	0.38	0.94	1.18	7.42	6.00	8.35	8.14	انرژی قابل سوخت‌وساز (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (MJ/kg DM)
0.23	0.49	0.31	0.46	0.91	12.25	53.16	40.89	63.75	62.38	گوارش پذیری ماده آلی (درصد) Organic matter digestibility (%)
0.31	0.38	0.52	0.95	0.97	0.57	1.61	1.56	0.98	0.94	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی مول / ۲۵۰ میلی گرم ماده خشک) Short chain fatty acids (mM/250 mg DM)

1. Malt pulp silage containing malt extract powder, 2. Malt pulp silage containing barley powder.

*مقایسات مستقل: ۱- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی، ۲- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی، ۳- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روز ۱۵ بعد از بازگشایی، ۴- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روز ۳۰ بعد از بازگشایی و ۵- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی.

*1. Contrast between malt pulp silage containing malt extract at day 15 vs day 30, 2. Contrast between malt pulp silage containing barley powder at day 15 vs day 30, 3. Contrast between malt pulp silage containing barley powder or malt extract powder at day 15, 4. Contrast between malt pulp silage containing barley powder or malt extract powder at day 30 and 5. Contrast between malt pulp silage containing barley powder at days 15 and 30 vs malt pulp silage containing malt extract powder at days 15 and 30.

جدول ۴. جمعیت پروتوزوای سیلاژهای تفاله مالت پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون در شرایط برون تنی (Log 10/g digesta)

Table 4. Protozoa population of malt pulp silages after 24 hours of incubation under in vitro condition

سطح معنی‌داری مقایسات مستقل*					خطای معیار SEM		سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو MPS containing BP ²		سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو MPS containing MPE ¹		فراسنجه Parameter
Contrasts					روز Day		روز Day		روز Day		
5	4	3	2	1	۳۰ 30	۱۵ 15	۳۰ 30	۱۵ 15	۳۰ 30	۱۵ 15	
0.93	0.13	0.10	<0.01	0.87	0.14	2.83	2.11	2.50	2.46		کل جمعیت پروتوزوای
											Total protozoan population
0.74	0.18	0.09	<0.01	0.94	0.15	2.75	1.99	2.43	2.41		انتودینیوم
											Entodinium
0.13	0.05	-	<0.01	0.21	0.28	1.46	0	0.53	0		دیپلودینیوم
											Diplodinium
0.06	0.02	0.75	0.02	0.75	0.13	1.98	1.46	1.46	1.40		اپیدینیوم
											Epidinium

*1. Malt pulp silage containing malt extract powder, 2. Malt pulp silage containing barley powder.

* مقایسات مستقل: ۱- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی، ۲- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی، ۳- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روز ۱۵ بعد از بازگشایی، ۴- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو با سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی، ۵- مقایسه سیلاژ مالت دارای ۱۵ درصد پودر عصاره مالت جو در روزهای ۱۵ و ۳۰ بعد از بازگشایی.

*1. Contrast between malt pulp silage containing malt extract at day 15 vs day 30, 2. Contrast between malt pulp silage containing barley powder at day 15 vs day 30, 3. Contrast between malt pulp silage containing barley powder or malt extract powder at day 15, 4. Contrast between malt pulp silage containing barley powder or malt extract powder at day 30 and 5. Contrast between malt pulp silage containing barley powder at days 15 and 30 vs malt pulp silage containing malt extract powder at days 15 and 30.

Dai, T., Dong, D., Wang, J., Yin, X., Zong, C., Jia, Y. & Shao, T. (2023). Effects of wet brewer's grains on fermentation quality and in vitro ruminal digestibility of mixed silage prepared with corn stalk, sweet potato peel and dried apple pomace in southeast China. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107: 340-349. <https://doi.org/10.1111/jpn.13716>

Dehority. B. A. (2003). Rumen Microbiology. Nottingham University Press, UK.

Der Bedrosian, M. C., Nestor, K. E. & Kung, L Jr. (2012). The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 95:5115-5126. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4833>

منابع

تیمورنژاد، ناصر، زاهدی، فر، مجتبی، علی، نیکخواه، و حسن، فضائی. (۱۳۸۶). تعیین ارزش غذایی پسماندهای میوه و سبزیجات در تغذیه نشخوار کنندگان. پژوهش و سازندگی، ۷۶: ۱۶۷-۱۶۷.

References

AOAC. (2019). Association of Official Analytical Chemists Official Methods of Analysis; AOAC, Washington, DC, USA.

Broderick, G.A. & Kang, J.H. (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)

- Kung, L. J. r., Shaver, R. D., Grant, R. G. & Schmidt, R. J. (2017). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101: 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Makkar. H. P. S. (2010). In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In: Vercoe, P. E., Makkar. H. P. S., Schlink, A. C. (Eds.), In vitro Screening of Plant Resources for Extra-Nutritional Attributes in Ruminants: Nuclear and Related Methodologies. IAEA. pp. 107–144. Dordrecht, the Netherlands.
- McDonald. I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, 96: 251-252. <https://doi.org/10.1017/S0021859600032081>
- McDougall, E. I. (1947). The composition and output of sheep saliva. *The Biochemical Journal*, 43:99-109.
- Menke, K. H. & Steingass, H. (1988). Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro production using rumen fluid. *Journal of Animal Research and Development*, 28: 7-55 .
- Miyazawa, K., Sultana, H., Hirata, T., Kanda, S. & Itabashi, H. (2007). Effect of brewer's grain on rumen fermentation, milk production and milk composition in lactating dairy cows. *Animal Science Journal*, 78: 519–526. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2007.00471.x>
- Taylor, K. A. C. C. (1996). A simple colorimetric assay for muramic acid and lactic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 56: 49-58. <https://doi.org/10.1007/BF02787869>
- Teymour Nezhad, N., Zahedifar, M., Nikkhah, A. & Fazaeli, H. (2007). Nutritive value of
- Dönmez, N., Karsli, M., Çinar, A., Aksu, T., & Baytok, E., (2003). The effects of different silage additives on rumen protozoan number and volatile fatty acid concentration in sheep fed corn silage. *Small Ruminant Research* , 48: 227-231. [https://doi.org/10.1016/s0921-4488\(03\)00017-8](https://doi.org/10.1016/s0921-4488(03)00017-8)
- Eslamian, E., Naserian, A. A., Tahmasbi, A. M., Valizadeh, A. R. & Kazemi. M. (2013). Nutritional evaluation of ensiled brewers' grain by the in vitro and in situ techniques. *International Journal of Biotechnology and Food Science*, 1: 84-89.
- Faccenda, A., Zambom, M. A., de Avil, A. S., Garcias, J., Eckstein, E. I., Fornari, J. L., de Almeida, K. V & Santos, G. T. (2019). Nutrient digestibility and ruminal parameters of cattle fed dried brewers grains and *Saccharomyces cerevisiae*. *Livestock Science*, 225: 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.003>
- Gao, R., Wang, B., Jia, T., Luo, Y. & Yu, Z. (2021). Effects of different carbohydrate sources on alfalfa silage quality at different ensiling days. *Agriculture*. 11: 58-64. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010058>
- Hristov, A.N., Harper, M.T., Roth, G., Canale, C., Huhtanen, P., Richard, T. L. & DiMarco, K. (2020). Effects of ensiling time on corn silage neutral detergent fiber degradability and relationship between laboratory fiber analyses and in vivo digestibility. *Journal of Dairy Science*, 103:2333–2346. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16917>
- Ivan, M., Neill, L., Forster, R., Alimon, R., Rode, L.M. & Entz, T. (2000). Effects of *Isotricha*, *Dasytricha*, *Entodinium* and total fauna on ruminal fermentation and duodenal flow in wethers fed different diets. *Journal of Dairy Science*, 83: 776–787. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74940-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74940-X)

- evaluation of wet brewers' grains as substitute for common vetch in ensiled total mixed ration. *Italian Journal of Animal Science*, 19: 1015-1025. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1810141>
- Windle, M. C., Walker, P. & Kung, L. J. r. (2014). Effects of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of corn silage harvested at different dry matter contents and ensiled for various lengths of time. *Journal of Dairy Science*, 97, 3053–3060. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7586>
- Zahiroddini, H., Baah, J., Absalom, W., & McAllister, T. A. (2004). Effects of an inoculant and hydrolytic enzymes on fermentation and nutritive value of whole crop barley silage. *Animal Feed Science and Technology*, 117: 317-330. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.08.013>
- fruit and vegetable wastes in ruminants. *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, 20(3):76. *In Animal And Fisheries Sciences*)), 168-173. [In Persian]
- Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48:185-197. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)
- Van Soest, P. J., Robertson, G.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch 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)
- Wang, S., Zhao, J., Yu, C., Li, Y., Tao, X., Chen, S. & Shao, T. (2020). Nutritional