نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۴۵، زمستان ۱۴۰۳
ص‌ص: ۱۵~۲۸

تأثیر عمل‌آوری مکانیکی سیلاژ ذرت و نوع دانه بر مصرف خوراک و گوارش‌پذیری مواد مغذّی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک در گوسفند

• مهلا سعیدی گراغانی[۱]، محمد مهدی شریفی حسینی*[۲]، کاظم جعفری نعیمی[۳] و امید دیانی[۴]

۱- دانش‌آموخته بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲- استادیار بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۳- دانشیار، بخش مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۴- استاد بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت : مهر ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش : بهمن ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۳۴۳۱۳۲۲۶۹۰
Email: mmsharifih@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2024.363739.2347

چکیده

این تحقیق به‌منظور مقایسهٔ تأثیر عمل‌آوری سیلاژ ذرت و دانه‌های جو و ذرت بر مصرف خوراک، گوارش‌پذیری مواد مغذّی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در گوسفند طراحی شد. از چهار رأس قوچ نژاد کرمانی با میانگین وزنی ۵۳/۲±۴/۱ کیلوگرم استفاده شد. آزمایش به‌صورت چینش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح مربع لاتین در چهار دورهٔ ۲۱ روزه اجرا شد. علوفهٔ ذرت خرد شده و بخشی از آن با دستگاه دارای غلطک‌های دندانه‌دار عمل‌آوری شد. سیلاژها در کیسه‌های نایلون از علوفهٔ عمل‌آوری شده و نشده، تهیه شدند. جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از ۱) جیرهٔ دارای ۳۰ درصد سیلاژ عمل‌آوری شده همراه دانهٔ جو، ۲) جیرهٔ دارای ۳۰ درصد سیلاژ عمل‌آوری شده همراه با دانهٔ ذرت، ۳) جیرهٔ دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده همراه با دانهٔ جو و ۴) جیرهٔ دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده همراه با دانهٔ ذرت. عمل‌آوری علوفه سبب افزایش pH علوفهٔ سیلو شده شد، امّا نمرهٔ ارزیابی حسی کاهش یافت (P=۰/۰۱). مصرف مادهٔ خشک در جیره‌های سیلاژ عمل‌آوری شده بیشتر بود (۱/۹۲ در مقابل ۱/۸۲ کیلوگرم، P<۰/۰۴). گوارش‌پذیری مادهٔ آلی در جیرهٔ دارای دانهٔ ذرت و جیرهٔ دارای سیلاژ عمل‌آوری شده، بیشتر بود. هشت ساعت پس از مصرف خوراک pH شکمبه در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری‌شده و غلظت نیتروژن آمونیاکی در جیرهٔ دارای سیلاژ عمل آوری‌شده به‌همراه دانهٔ جو کم‌تر بود (P<۰/۰۵). زمان مصرف خوراک و نشخوار در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده بیشتر بود. عمل‌آوری علوفهٔ ذرت سبب افزایش مصرف مادهٔ خشک و افزایش گوارش‌پذیری مادهٔ آلی و پروتئین در گوسفندان شد. تأثیر نوع دانه در پاسخ‌های حیوانی کم‌تر از سطح عمل‌آوری بود.

واژه‌های کلیدی: پروتوزوآ، تخمیر شکمبه‌ای، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، فعالیت جویدن، گوسفند کرمانی.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by **Research Journal of Livestock Science** (https://asj.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

Research Journal of Livestock Science No 145 pp: 15-28

Effect of mechanical processing of corn silage and grain types on feed intake and digestibility of nutrients, rumen parameters and feed intake behavior in sheep

By: Mahla Saeedi Garaghani[1], Mohammad Mehdi Sharifi Hosseini*[2], Kazem Jafari Naimi[3] and Omid Diani[4]

1-graduate student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. mmsharifi@uk.ac.ir

3-Associate Professor, Department of Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman Iran.

4-Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Received: October 2023 **Accepted: February 2024**

This research was designed to compare the effect of processing corn silage, and barley and corn grains on feed intake, digestibility and rumen parameters in sheep. Eight Kermani lambs were used with average weight of 53.2±4.1 kg. The experiment was carried out as 2×2 factorial design in the form of a Latin square design in four periods of 21 days. A part of chopped corn forage was processed. Silages were prepared from processed and unprocessed forage in nylon bags. The experimental diets were 1. Diet with 30% processed silage with barley grain, 2. Diet with 30% processed silage with corn grain, 3. Diet with unprocessed silage with Barley grain and 4. Diet with unprocessed silage with corn grain. Physical processing of corn forage increased the pH of silage, but the sensory evaluation score decreased (P=0.01). The dry matter (DM) intake was higher in diets containing processed silage (1.96 vs 1.82 kg, P<0.04). The digestibility of organic matter (OM) was higher in the corn grain diet and the diet with processed silage. The feed intake and the rumen pH levels were lower in processed silage diets and ammonia nitrogen concentration was lower in the processed silage with barley grain diet (P<0.05) eight hours after feeding. The time of feed intake and rumination were higher in unprocessed silage diets. In general, the processing of corn forage increased the DM intake and increased the OM and protein digestibility in sheep. The effect of grain types on animal responses was less than processing levels.

Key words: Protozoa, Rumen fermentation, Ruminal parameters, Chewing activity, Kermani sheep.

مقدمه

گیاهان علوفه‌ای از نظر کمّی می‌توانند حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از کل مصرف مادهٔ خشک دام‌ها را تشکیل می‌دهند (کارگر و همکاران، ۱۳۹۴). الیاف علوفه‌ای ارتباط نزدیکی با فعالیت جویدن و تحریک ترشح بزاق دارند و از این طریق نقش عمده‌ای در حفظ pH مناسب در شکمبه ایفا می‌کنند (Zali و همکاران، ۲۰۱۵؛ Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳). اندازهٔ کافی ذرات علوفه برای عملکرد مناسب شکمبه ضروری است.کاهش اندازهٔ ذرات سبب کاهش زمان جویدن، و نهایتاً کاهش pH شکمبه خواهد شد (Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳). زمانی که حداقل الیاف خام مورد نیاز برای نشخوارکنندگان تأمین نشود ممکن است اختلالات متابولیک ایجاد شوند که از آن جمله می‌توان به کاهش گوارش‌پذیری ماده خشک، کاهش درصد چربی شیر، جابجایی‌شیردان، افزایش وقوع پاراکراتوزیس شکمبه‌ای، لنگش و اسیدوز اشاره کرد (Lammers و همکاران، ۱۹۹۶).

عمل‌آوری مکانیکی علوفهٔ ذرت می‌تواند ویژگی‌های سیلاژ ذرت را بهبود دهد، همچنین طی عمل‌آوری اتلاف ماده خشک در طول تهیه سیلاژ کاهش می‌یابد. در فرآیند عمل‌آوری، علوفه‌های ذرت خرد شده با استفاده از غلطک‌های دندانه‌دار عمل‌آوری می‌شوند (Jancik و همکاران، ۲۰۲۱؛ Andrae و همکاران، ۲۰۰۱). عمل-آوری علوفهٔ ذرت سبب از بین بردن لایه‌های اطراف نشاسته (دانه‌ها روی بلال‌ها) می‌شود (Schwab و همکاران، ۲۰۰۲)، که سبب استفاده بهتر میکروارگانیسم‌های شکمبه از نشاسته و بهبود گوارش-پذیری نشاسته می‌شود. عمل‌آوری علوفه ذرت سبب شکسته شدن دیوارهٔ سلولی و افزایش نفوذ میکروارگانیسم‌های شکمبه در آن می-شود (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱). با عمل‌آوری علوفهٔ ذرت، می توان از طول تئوریکی (فاصله بین تیغه‌های برش در دستگاه خرد کن علوفه) بلندتری (تا ۳۰ میلی‌متر) نسبت به روش‌های عادی (۱۰ میلی-متر) برای خرد کردن علوفه ذرت استفاده کرد، به این صورت فشرده کردن علوفه در ساختمان سیلو امکان پذیر خواهد شد و علوفهٔ سیلو شده ضمن داشتن گوارش‌پذیری بیشتر، می‌تواند الیاف فیزیکی مؤثر بیشتری تأمین کند (Jancik و همکاران، ۲۰۲۱؛ Johnson و همکاران، ۱۹۹۹).

مطالعات نشان داده است که تغذیهٔ نشخوارکنندگان با جیره‌های دارای دانهٔ جو به‌عنوان تنها منبع کربوهیدرات غیر الیافی سبب افزایش بروز ناهنجاری‌های گوارشی می‌گردد (Zali و همکاران، ۲۰۱۵) گرچه دانهٔ ذرت انرژی بیشتری نسبت به دانهٔ جو دارد، اما هضم شکمبه‌ای نشاستهٔ آن کم‌تر از دانهٔ جو بوده، مگر اینکه عمل‌آوری شود (Ma و همکاران، ۲۰۲۲). دانهٔ جو در مقایسهٔ با ذرت به‌دلیل تخمیر سریع‌تر نشاسته، آزادسازی همزمان انرژی و نیتروژن را نیز سریع‌تر فراهم می کند و در نتیجه تولید پروتئین میکروبی را بهبود می بخشد. به‌این صورت، تغذیه دانهٔ جو (به‌سبب افزایش تولید پروتئین میکروبی) ممکن است نیاز به تغذیه با منابع پروتئین محافظت شده را کاهش دهد. با این حال، این مزیت تنها زمانی محقق می شود که اسیدیتهٔ شکمبه در محدودهٔ بهینه حفظ شود (Nikkhah و همکاران، ۲۰۱۲). این فرضیه وجود داشت که اثرات متقابلی بین سطوح فرآوری سیلاژ با نوع دانه وجود دارد. این اثرات متقابل می‌توانند برای پیش‌بینی مصرف ماده خشک، گوارش‌پذیری مواد مغذّی و فراسنجهٔ‌های شکمبه‌ای استفاده شوند. لذا اهدف از این پژوهش، بررسی تأثیر عمل‌آوری علوفهٔ ذرت (مقایسهٔ سیلاژ عمل‌آوری شده و نشده) و دو نوع دانهٔ جو و ذرت بر مصرف خوراک و گوارش-پذیری مواد مغذی، فراسنجهٔ‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک در گوسفند کرمانی بود.

مواد و روش‌ها

این طرح در ایستگاه تحقیقاتی پرورش گوسفند بخش علوم دامی دانشگاه شهید باهنرکرمان از ابتدای دی‌ماه تا اواخر اسفند ماه ۱۴۰۰ اجرا شد. برای اجرای این آزمایش از چهار رأس قوچ دو سالهٔ نژاد کرمانی با متوسط وزن زنده ۴/۱±۵۳/۲کیلوگرم استفاده شد. برای تهیه سیلاژ، علوفهٔ ذرت با دستگاه خرد کن علوفه (Class, Germany) با اندازهٔ تئوریکی (Theoretical length of cut) ۱۶ میلی‌متر خرد شد و مقدار ۱۵۰۰ کیلوگرم از آن به ایستگاه تحقیقاتی پرورش گوسفند منتقل شد. مقدار ۶۰۰ کیلوگرم علوفه به وسیلهٔ دستگاه مخصوص با گذر از غطک‌های دانه‌دار (این دستگاه درکارگاه بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران ساخته شد) عمل‌آوری شدند. در طی عمل‌آوری، علوفهٔ ذرت با عبور از غلطک‌های دندانه‌دار کوبیده شد و ضمن افزایش قابل توجه دانه‌های شکسته شده، دیوارهٔ سلولی علوفه به‌ویژه در قسمت ساقه شکسته شد (Jancik و همکاران، ۲۰۲۱). سیلاژها از علوفه‌های عمل‌آوری شده و نشده در کیسه‌های نایلونی به ابعاد ۴۵×۹۰ سانتیمتر تهیه شدند. در فرآیند تهیه سیلاژ از هیچگونه افزودنی‌های ویژه سیلاژ استفاده نشد. پس از گذشت دو ماه، سیلوها باز شدند وضمن ارزیابی ظاهری، و تعیین ترکیب شیمیایی آن‌ها، در تهیه جیره‌های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفتند.

جیره‌های آزمایشی و دام‌ها

ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی استفاده شده برای تنظیم جیره‌های آزمایشی مشخص شد و سپس جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم افزار Excel تنظیم شدند (NRC ، ۲۰۰۷). جیره‌ها دارای ۵۰ درصد سیلاژ ذرت و ۵۰ درصد کنسانتره (بر اساس ماده خشک، جدول ۱) بودند که شامل ۱- جیرهٔ دارای ۳۰ درصد سیلاژ عمل-آوری شده همراه با دانهٔ جو در کنسانتره، ۲- جیرهٔ دارای ۳۰ درصد سیلاژ عمل‌آوری شده همراه با دانهٔ ذرت در کنسانتره، ۳- جیرهٔ دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده همراه با دانهٔ جو در کنسانتره و ۴- جیرهٔ دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده همراه با دانهٔ ذرت در کنسانتره. از

مدل آماری چینش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح مربع لاتین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. مدت زمان آزمایش ۹۰ روز بود که شامل ۶ روز عادت دهی به‌قفس‌های متابولیک بوده و ۸۴ روز نیز به آزمایش اصلی اختصاص یافت که شامل چهار دورهٔ ۲۱ روزه بود. هر دوره شامل ۱۴روز عادت‌پذیری به جیره‌ها و هفت روز رکوردبرداری و نمونه‌برداری بود که پنج روز آن برای رکوردبرداری از مصرف خوراک و نیز اندازه‌گیری باقی‌مانده خوراک و مدفوع بود. یک روز برای اندازه‌گیری رفتار مصرف خوراک و روز انتهای هر دوره نیز برای جمع‌آوری مایع شکمبه درنظر گرفته شد. در طول آزمایش آب به صورت دائم در اختیار گوسفندان قرار داشت.

جدول ۱. اجزاء خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

نوع سیلاژ	فرآوری شده		فرآوری نشده	
نوع دانه	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت
مواد خوراکی جیره‌های آزمایشی	(گرم در کیلوگرم مادهٔ خشک)			
سیلاژذرت فرآوری شده	۳۰۰	۳۰۰	–	–
سیلاژ ذرت فرآوری نشده	۲۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۵۰۰
دانهٔ جو	۲۵۰	–	۲۶۰	–
دانهٔ ذرت	–	۲۴۰	–	۲۵۰
کنجالهٔ سویا	۱۲۰	۱۲۶	۱۲۰	۱۳۰
سبوس گندم	۱۱۰	۱۱۴	۱۰۰	۱۰۰
دی کلسیم فسفات	۵	۵	۵	۵
سنگ آهک	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
مکمل مواد معدنی/ویتامینی[۱]	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
نمک	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
ترکیب شیمیایی[۲] جیره‌ها (گرم در کیلوگرم ماده خشک)				
مادهٔ خشک (درصد)	۵۷/۵	۵۷/۵	۵۸/۳	۵۸/۳
مادهٔ آلی (درصد)	۹۰/۶	۹۱/۳	۹۰/۳	۹۱
پروتئین خام	۱۳۰/۸	۱۲۹/۸	۱۲۹/۲۹	۱۳۰/۹
عصارهٔ اتری	۳۸/۵	۳۹/۰	۳۵/۲	۳۵/۹
الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی	۴۱۹	۳۹۲/۹	۴۱۶	۳۸۸
الیاف نامحلول در شویندهٔ اسیدی	۲۰۵	۱۹۵/۶	۲۳۱/۲	۲۰۳
کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی[۳]	۳۲۱/۱	۳۴۷	۳۲۸/۶	۳۵۴/۲
کلسیم(گرم در کیلوگرم)	۶/۲۰	۶/۲۰	۶/۲۰	۶/۲۰
فسفر(گرم در کیلوگرم)	۵/۱۰	۵/۰۰	۴/۴۰	۴/۹۰
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلو گرم مادهٔ خشک)	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۲۹	۲/۲۹

[۱] هر کیلوگرم مکمل حاوی ۶۰۰ هزار واحد بین المللی ویتامین A، ۲۰۰ هزار واحد بین المللی ویتامین D، ۲۰۰ میلی گرم ویتامین E، ۲۰۰میلی گرم منگنز، ۱۹۵ میلی گرم کلسیم، ۳۰۰میلی گرم روی، ۸۰گرم فسفر، ۲۱۰۰۰میلی گرم منیزیم، ۱۲میلی گرم ید، ۳۰۰۰ میلی گرم آهن، ۳۰۰میلی گرم مس، ۱۰۰میلی گرم کبالت، و ۱/۱میلی گرم سلنیوم بود.

[۲] غلظت تمام ترکیب شیمیایی جیره‌ها به جز کلسیم و فسفر در آزمایشگاه مشخص شد.

[۳] (درصد الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی+ درصد عصارهٔ اتری+درصد پروتئین+درصد خاکستر)-۱۰۰۰=کربوهیدرات غیر ساختمانی (کامل ارومیه و همکاران، ۱۳۹۶).

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی، جیره‌های آزمایشی و باقیماندهٔ خوراک

برای اندازه‌گیری مادهٔ خشک، دو تکرار از هر نمونه در گرمخانه (آون) ۵۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شدند. با اندازه‌گیری وزن اولیه و ثانویه درصد ماده خشک هر نمونه محاسبه شد (AOAC، ۲۰۰۵). مقدار خاکستر نمونه‌های خوراک، باقیماندهٔ خوراک و مدفوع با کورهٔ الکتریکی (SEF-Finetech, South Korea) دارای دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد در مدت سه ساعت مشخص شد. برای اندازه‌گیری پروتئین خام از روش کلدال (Buchi K 370, Switzerland)استفاده شد. (AOAC، ۲۰۰۵). عصارهٔ اتری نمونه‌ها با روش استاندارد مشخص گردید (دستگاه سوکسله، AOAC، ۲۰۰۵). مقدار الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی (بدون استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت و بدون حذف خاکستر) و الیاف نامحلول در شویندهٔ اسیدی تعیین شد (Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱). کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شدند (کامل ارومیه و همکاران، ۱۳۹۶).

رابطهٔ ۱ (درصد الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی+ درصد عصارهٔ اتری+درصد پروتئین+درصد خاکستر)-۱۰۰=کربوهیدرات غیر ساختمانی

تعیین کیفیت سیلاژها

جهت تعیین pH سیلاژ، بلافاصله پس از نمونه‌برداری از هر دو نوع سیلاژ، به‌ازای ۲۰ گرم سیلاژ ذرت ۲۰۰ سی‌سی آب مقطر افزوده شد و به‌مدت یک دقیقه کاملاً مخلوط شد و بلافاصله pH نمونه با دستگاه pH متر قلمی دیجیتال (AZ 8686, Taiwan) (pH متر همزمان با محلول‌هایی دارای pH استاندارد ۴ و ۷ کالیبره شده بود) اندازه‌گیری شد (Eguchi و همکاران، ۲۰۰۸). برای تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی ابتدا در هنگام بازکردن سیلوها مقداری نمونه برداشته شد، سپس ۴۰ گرم از نمونه با ۳۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌مدت سه دقیقه مخلوط و محلول به‌دست آمده از کاغذصافی واتمن (Whatman, Maidstone, U.K.) عبور داده شد و سپس میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده برای تعیین نیتروژن آمونیاکی به‌دستگاه کلدال (Buchi K 370, Switzerland) منتقل شد و غلظت نیتروژن آمونیاکی محاسبه شد (Gozho و Mutsvangwa ، ۲۰۰۸).

ارزیابی حسی سیلاژها

ارزیابی ظاهری علوفهٔ سیلویی، بر اساس بو (حداکثر ۱۴ نمره)، ساختمان ظاهری (حداکثر ۴ نمره) و رنگ (حداکثر ۲ نمره)، با چهار تکرار از هر نوع علوفهٔ سیلوشده، توسط چهار نفر انجام گرفت (Karasahin ، ۲۰۱۴).

گوارش‌پذیری مواد مغذّی

گوارش‌پذیری مادهٔ خشک به‌صورت ذیل و به صورت جمع‌آوری کل مدفوع با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه شد (Rymer ، ۲۰۰۰).

$$DMD=\frac{\text{DM Intake}-\text{Faecal DM excreted}}{\text{DM Intake}}\times 100$$ رابطهٔ ۲

در این رابطه: DMD گوارش‌پذیری مادهٔ خشک؛ DM Intake، مصرف مادهٔ خشک؛ Fecal DM excreted، مادهٔ خشک مدفوع بود. محاسبهٔ گوارش‌پذیری دیگر مواد مغذی مانند مادهٔ آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی با جایگزینی آن‌ها به‌جای مادهٔ خشک انجام شد.

اندازه‌گیری فراسنجه‌های شکمبه

نمونه‌گیری از مایع شکمبه در روز ۲۱ هر دوره و در زمان قبل از مصرف خوراک (زمان صفر) و در زمان‌های بعد از مصرف خوراک (دو ، چهار، شش و هشت ساعت) با استفاده از لولهٔ معدی انجام گرفت. در حدود ۱۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه اولیه جهت حذف تأثیر بزاق دور ریخته شد. پس از نمونه‌گیری، pH مایع شکمبه بلافاصله به‌وسیلهٔ pH متر قلمی (AZ Taiwan 8686,) اندازه‌گیری شد (Tajaddini و همکاران، ۲۰۲۱). سپس نمونه‌ها با پارچه کتانی صاف شدند و برای تعیین نیترژن آمونیاکی پنج میلی‌لیتر مایع شکمبه با ۰/۲ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۵۰ درصد (شرکت Merck) مخلوط گردید.

اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه با استفاده از روش فنول- هیپوکلریت انجام شد. همچنین ۱۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف شده نیز با ۱۰ میلی‌لیتر محلول MFS (Methylgreen-formalin-salin) برای شمارش پروتوزوآء مژک‌دار نگهداری شد (Ogimoto و Imai، ۱۹۸۱). پروتوزوآء توسط لام نئوبار DQ و با استفاده از میکروسکوپ (Olympus CH-2 Japan) با بزرگنمایی ۱۵۰۰ شمارش شدند. هر نمونه چهار بار شمارش شد.

رفتار مصرف خوراک

رفتار مصرف خوراک، نشخوار و جویدن دام‌ها به صورت چشمی و به فواصل زمانی پنج دقیقه‌ای در دوره‌های ۲۴ ساعته در روز ۲۰ هر دورهٔ آزمایشی اندازه‌گیری شد. فعالیت جویدن از مجموع زمان‌های نشخوار و مصرف خوراک محاسبه شد (Zali و همکاران، ۲۰۱۵).

مدل آماری

داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی سیلاژها، با استفاده از مدل آماری آزمایش کاملاً تصادفی با رویه GLM، تجزیهٔ آماری شدند. برای این منظور از رابطهٔ ۳ استفاده شد.

$$Y_{ij} = \mu + Ti + e_{ij}$$ رابطهٔ ۳

در این رابطه: Y_{ij}: : هر کدام از مشاهدات، μ: میانگین کل، T_i: اثر نوع سیلاژ ذرت، e_{ij}: اثر باقی مانده بود. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. داده‌های مربوط به حیوانات با استفاده از چینش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح مربع لاتین با رویه MIXED با مدل آماری ذیل (رابطهٔ ۴) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + ß_j + (\alpha \times ß)_{ij} + \gamma_k + \delta_L + e_{ijlk}$$ رابطهٔ ۴

در این رابطه: Y_{ijk}: هر رکورد مشاهد شده، μ: میانگین کل، α_i: اثر عمل‌آوری ذرات سیلاژ ذرت، $ß_j$: اثر نوع دانهٔ ذرت یا جو، $(\alpha \times ß)_{ij}$: اثر متقابل سطح عمل‌آوری سیلاژ ذرت با نوع دانهٔ غله، γ_k: اثر دوره، δ_L: اثر تصادفی حیوان، e_{ijk}: خطای آزمایش بود. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح معنی‌دار ۵ درصد و برای تجزیه تحلیل داده‌ها در هر دو مدل آماری، از نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۵) استفاده شد.

نتایج و بحث

ارزیابی و ویژگی‌های شیمیایی سیلاژ

سیلاژ عمل‌آوری نشده درصد مادهٔ خشک بیشتری نسبت به سیلاژ عمل‌آوری شده داشت (جدول ۲، P<۰/۰۵). عصارهٔ اتری، pH و نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ عمل‌آوری شده به‌صورت معنی‌داری بیشتر از سیلاژ عمل‌آوری نشده بود (P<۰/۰۵). به‌نظر می‌رسد به سبب اینکه فرآوری علوفهٔ ذرت همزمان با خرد کردن علوفه نبود و بعد از آن انجام شد، تنفس هوازی سبب شد مقداری از کربوهیدرات‌های محلول در آب مصرف شوند. کاهش کربوهیدرات‌های محلول در آب ضمن کاهش مادهٔ خشک سبب کاهش تخمیر بی‌هوازی در مواد سیلویی شد (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش تخمیر در سیلاژ ضمن افزایش pH سیلاژ، به‌سبب کاهش ماده خشک، درصد عصاره اتری در ماده خشک افزایش یافت (McCarthy و همکاران، ۱۹۸۹). در یک تحقیق، گزارش شد که افزایش نیتروژن آمونیاکی سیلاژ به‌سبب افزایش فعالیت باکتری‌های کلستریدیوم و افزایش فعالیت پروتئولیز آن‌ها در فرآیند تهیه سیلاژ مرتبط می باشد. در سیلاژ عمل‌آوری نشده، pH، کم‌تر از سیلاژ عمل‌آوری شده بود و کاهش pH مواد سیلویی، سبب کاهش فعالیت پروتئولیتیک باکتریهای موجود در مواد سیلویی شد و در نتیجه غلظت نیتروژن آمونیاکی کاهش یافت (Sniffen و همکاران، ۱۹۹۲). درصد پروتئین خام، الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی ، الیاف نامحلول در شویندهٔ اسیدی و خاکستر در دو سیلاژ عمل‌آوری شده و نشده تفاوت معنی‌داری نداشتند.

کیفیت بو در سیلاژ عمل‌آوری نشده به‌طور معنی‌داری بیشتر از سیلاژ عمل‌آوری شده بود (P<۰/۰۵)، احتمالاً رطوبت بالا در سیلاژ سبب افزایش فعالیت کلستریدیوم‌ها شد و مقداری اسید بوتیریک تولید گردید که سبب کاهش نمره بو شد (Karasahin، ۲۰۱۴؛ McDonald و همکاران، ۲۰۱۱ و Miller و همکاران، ۱۹۹۶). اما از لحاظ کیفیت ساختاری و رنگ تفاوتی مشاهده نشد. نمرهٔ کلی سیلاژ عمل‌آوری شده ۱۵ و نمره

کلی سیلاژ عمل‌آوری نشده ۱۸ بود. مقدار pH یکی از شاخص‌های مهم است که در ارزشیابی علوفهٔ سیلو شده مورد توجه قرار می گیرد و با اندازه‌گیری آن می‌توان تا حد زیادی به میزان اسید لاکتیک تولید شده در سیلو و نیز کیفیت فرآیند تخمیر و وضعیت پایداری مواد سیلو شده پی برد. در این تحقیق pH بالا در سیلاژ عمل‌آوری شده احتمالاً رطوبت بالا در این سیلاژ سبب افزایش فعالیت کلستریدیوم‌ها شد. میکروارگانیسم‌های کلستریدیوم اسید لاکتیک را تخمیر و اسید بوتیریک تولید می کنند (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). لذا pH بالاتر بود (Karasahin و همکاران، ۲۰۱۴ و McDonald و همکاران، ۲۰۱۱) .

جدول ۲. تأثیر عمل‌آوری مکانیکی سیلاژ بر ویژگی‌های شیمیایی و ارزیابی حسی سیلاژ عمل‌آوری شده و نشده

ترکیب شیمیایی	سیلاژذرت فرآوری شده	سیلاژ ذرت فرآوری نشده	خطای استاندارد میانگین	سطح معنی‌داری
		درصد ماده خشک		
مادهٔ خشک(درصد)	۲۲/۹۷[b]	۲۴/۸۶[a]	۰/۳۲	۰/۰۲
پروتئین خام	۶/۱۷	۵/۹۶	۰/۱۵	۰/۰۸
الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی	۶۷/۳۴	۶۸/۵۰	۰/۶۸	۰/۳۲
الیاف نامحلول در شویندهٔ اسیدی	۴۰/۹۰	۴۱/۶۷	۰/۲۵	۰/۱۲
pH	۴/۵۸[a]	۳/۵۶[b]	۰/۰۹	<۰/۰۱
عصارهٔ اتری	۵/۲[a]	۴/۱۵[b]	۰/۰۶	<۰/۰۱
نیتروژن آمونیاکی	۰/۱۶[a]	۰/۱۲[b]	۰/۰۰۶	<۰/۰۱
خاکستر	۹/۴۷	۹/۶۹	۰/۲۱	۰/۰۷
				ارزیابی حسی
کیفیت بو	۱۱[b]	۱۳[a]	۰/۳۴	۰/۰۱
کیفیت ساختار	۳	۴	۰/۰۶	۰/۷۵
رنگ	۱	۱	–	۱/۰۰
نمرهٔ کلی	۱۵[b]	۱۸[a]	۰/۵۷	۰/۰۱

[a,b] حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین جیره‌ها است.

مصرف و گوارش‌پذیری مواد مغذّی

مصرف مادهٔ خشک در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده بیشتر بود (جدول ۳، P<۰/۰۴). ترکیب شیمیایی و گوارش‌پذیری از جمله عوامل مهم در پیش‌بینی مصرف اختیاری سیلاژ هستند (Nadeau و همکاران، ۲۰۰۶). اثر متقابل سطح عمل‌آوری و نوع دانه بر مصرف مادهٔ خشک، مصرف مادهٔ آلی و پروتئین خام معنی‌دار بود. در مطالعهٔ حاضر نوع دانه تأثیری بر مصرف مادهٔ خشک، مادهٔ آلی و پروتئین خام نداشت. امّا عمل‌آوری علوفهٔ ذرت سبب شکنندگی دیواره سلولی علوفه شده و سبب افزایش مصرف مادهٔ خشک گردید (Zali و همکاران، ۲۰۱۵). نوع دانه تأثیری بر pH شکمبه نداشت (جدول ۴). در تمام ساعت‌ها بعد از مصرف خوراک، pH شکمبه در تمام جیره‌ها از حداقل ۶/۲ مورد نیاز برای تخمیر الیاف بالاتر بود (Van Soest، ۱۹۹۴). نتایج یک تحقیق نشان داد که، با تغذیه دانهٔ جو و یا ذرت تغییری در غلظت پروپیونات، استات و pH شکمبه ایجاد نشد (Gozho و Mutsvangwa، ۲۰۰۸).

جدول ۳. مصرف خوراک و گوارش‌پذیری مواد مغذی در گوسفندان تغذیه شده با جیره های آزمایشی

سطح‌فرآوری	فرآوری شده		فرآوری نشده		اثرات اصلی				خطای	احتمال معنی‌داری		
نوع دانه	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	فرآوری شده	فرآوری نشده	استاندارد میانگین	سطح فرآوری	نوع دانه	اثر متقابل
مصرف مادهٔ خشک و آلی (کیلوگرم)												
مادهٔ خشک	۱/۹۷^{a}	۱/۸۶^{ab}	۱/۷۸^{b}	۱/۸۶^{ab}	۱/۸۷	۱/۸۶	۱/۹۲^{a}	۱/۸۲^{b}	۰/۸۷	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۱
مادهٔ آلی	۱/۸۷^{a}	۱/۷۶^{ab}	۱/۷۱^{b}	۱/۷۶^{ab}	۱/۷۹	۱/۷۶	۱/۸۲	۱/۷۳	۰/۶۹	۰/۱۰	۰/۲۶	۰/۰۱
گوارش‌پذیری مادهٔ خشک و مواد مغذی (درصد)												
مادهٔخشک	۶۹/۷۷^{a}	۶۶/۰۹^{ab}	۶۶/۵۱^{ab}	۵۶/۲۶^{b}	۶۸/۱۴	۶۱/۱۷	۶۷/۹۳	۶۱/۳۸	۲/۶۱	۰/۳۰	۰/۴۱	۰/۰۳
مادهٔ آلی	۷۴/۱۹^{a}	۶۹/۱۷^{ab}	۷۰/۳۷^{a}	۶۰/۱۹^{b}	۷۲/۲۸^{a}	۶۴/۶۸^{b}	۷۱/۶۸^{a}	۶۵/۲۸^{b}	۲/۳۵	۰/۰۲	۰/۰۴	<۰/۰۱
پروتئین خام	۶۶/۲۴^{a}	۶۴/۲۷^{ab}	۶۰/۲۹^{ab}	۵۴/۲۵^{b}	۶۳/۲۶^{a}	۵۹/۲۶^{b}	۶۵/۲۵	۵۷/۲۷	۴/۵۴	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۲
الیاف[۱]	۷۰/۵۳^{a}	۶۱/۸۹^{b}	۶۸/۴۳^{a}	۶۷/۱۷^{ab}	۶۹/۳۹^{a}	۶۴/۵۳^{b}	۶۶/۲۱	۶۷/۸۰	۷/۹۱	۰/۲۴	۰/۰۲	<۰/۰۱

^{a,b} حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین جیره‌ها است.

[۱] الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی

گوارش‌پذیری مادهٔ آلی و الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی در جیره‌های دارای دانهٔ ذرت بیشتر بود (به ترتیب P=۰/۰۴ و P=۰/۰۲). احتمالاً شرایط بهتر شکمبه سبب شد گوارش‌پذیری مادهٔ آلی و الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی در جیره‌های دارای دانهٔ ذرت بیشتر باشد (Kargar و همکاران، ۲۰۱۳). امّا در تعدادی از پژوهش‌های پیشین گوارش‌پذیری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش یا تحت تأثیر منبع غله قرار نگرفته (Martin و Michalet-Doreau، ۱۹۹۵) و یا براساس نتایج یک تحقیق گوارش‌پذیری در جیره‌های بر پایه دانهٔ جو نسبت به دانهٔ ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Saricicek و Kilic، ۲۰۱۱). گوارش‌پذیری مادهٔ آلی و پروتئین خام در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده بیشتر بود (به ترتیب P=۰/۰۲ و P=۰/۰۳). در یک پژوهش مشخص شد که، هضم نشاسته در جیرهٔ دارای سیلاژ ذرت عمل‌آوری شده به‌دلیل تأثیر عمل‌آوری بر پوسته دانه‌ها پنج درصد در مقایسهٔ با جیره سیلاژ عمل‌آوری نشده افزایش یافت (Sadri و همکاران ۲۰۰۹). همچنین عمل‌آوری فیزیکی سبب می‌شود ضمن شکسته شدن پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی، اتصال بیشتر باکتری‌های شکمبه سبب افزایش تخمیر دیواره‌های سلولی شوند (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱).

مقدار pH مایع شکمبه

مقدار pH مایع شکمبه در زمان ۶ ساعت پس از تغذیه در جیره دارای دانهٔ جو بیشتر بود (جدول۴، P=۰/۰۳)، امّا pH در هشت ساعت بعداز تغذیه در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده بیشتر بود (P=۰/۰۲). تحقیقات نشان می‌دهد بین ۸۰ تا ۹۰ درصد از نشاستهٔ جو در شکمبه تجزیه می‌شود در حالی که این میزان برای ذرت بین ۵۵ الی ۷۰ درصد می‌باشد (Miller و همکاران، ۱۹۹۶)، لذا انتظار می رفت شش ساعت بعد از تغذیه، pH شکمبه در جیره‌های دارای دانهٔ ذرت بیشتر باشد. امّا pH در جیره‌های دارای دانهٔ ذرت کم‌تر بود که به سبب مصرف ماده خشک بیشتر در این جیره‌ها بود (جدول۳). شدت تخمیر کربوهیدرات‌ها در شکمبه عاملی تأثیر گذار است، زیرا سرعت تخمیر کربوهیدرات‌ها در شکمبه، بر نیاز به الیاف مؤثر فیزیکی در جیره گاوهای شیرده تأثیر می‌گذارند (Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳) ، زیرا با کاهش pH شکمبه، انرژی نگهداری باکتری‌های تخمیر کننده کربوهیدرات‌های الیافی افزایش یافته و نرخ هضم الیاف کم می‌شود (Zali و همکاران، ۲۰۱۵).

هشت ساعت بعد از مصرف خوراک، pH شکمبه در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده کم‌تر بود، زیرا گوارش‌پذیری در

این جیره‌ها بیشتر از جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده بود (جدول ۳)، زیرا عمل‌آوری سبب می‌شود پلی‌ساکاریدهای دیوارهٔ سلولی علوفه شکسته شوند و دسترسی و اتصال میکرواگانیسم‌های شکمبه به‌الیاف علوفه‌ای و تخمیر دیوارهٔ‌های سلولی افزایش یابد (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین مصرف بیشتر مادهٔ خشک در جیره‌های سیلاژ عمل‌آوری شده، بر کاهش pH تأثیر گذاشت (Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳)

جدول ٤. pH مایع شکمبه گوسفندان تغذیه شده با جیرهٔ‌های مختلف آزمایشی در زمان‌های بعد از تغذیه

سطح‌فرآوری	فرآوری شده		فرآوری نشده		اثرات اصلی				خطای	احتمال معنی‌داری		
نوع دانه	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	فرآوری شده	فرآوری نشده	استاندارد میانگین	سطح فرآوری	نوع دانه	اثر متقابل
ساعت												
صفر	۶/۹۱^{b}	۷/۲۴^{ab}	۷/۱۶^{ab}	۷/۲۶^{a}	۷/۰۳	۷/۲۵	۷/۰۷	۷/۲۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۳۲	۰/۰۴
۲	۶/۶۰	۶/۴۵	۶/۵۳	۶/۴۶	۶/۵۶	۶/۴۵	۶/۵۲	۶/۴۹	۰/۰۸	۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۱۷
۴	۶/۵۱	۶/۴۶	۶/۶۰	۶/۵۲	۶/۵۵	۶/۴۹	۶/۴۸	۶/۵۶	۰/۰۳	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۲۱
۶	۶/۵۷	۶/۶۰	۶/۵۸	۶/۷۷	۶/۵۷^{b}	۶/۶۸^{a}	۶/۵۸	۶/۶۷	۰/۰۵	۰/۵۹	۰/۰۳	۰/۱۸
۸	۶/۷۳^{ab}	۶/۸۸^{a}	۶/۵۸^{b}	۶/۵۹^{b}	۶/۶۵	۶/۷۳	۶/۸۰^{a}	۶/۵۸^{b}	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۴
کل	۶/۶۶	۶/۷۷	۶/۶۷	۶/۷۲	۶/۶۶	۶/۷۴	۶/۷۱	۶/۶۹	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۱۹	۰/۰۹

^{a,b} حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین جیره‌ها است.

نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه

اثر عمل‌آوری سیلاژ و نوع دانه در هیچ کدام از ساعات بر غلظت نیروژن آمونیاکی شکمبه تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). تنها هشت ساعت بعد از مصرف خوراک أثر متقابل عمل‌آوری سیلاژ و نوع دانه بر نیتروژن آمونیاکی شکمبه معنی‌دار بوده و غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در جیرهٔ دارای سیلاژ عمل‌آوری شده دارای دانهٔ جو از دیگر جیرها کم‌تر بود ($P<۰/۰۵$). همگام با نتایج آزمایش جاری، در یک مطالعه نتیجه گرفته شد که غلظت نیتروژن آمونیاکی در جیره‌های بر پایه ذرت در مقایسهٔ با جو، بالاترین مقدار بود (کارگر و همکاران، ۱۳۹۴)، زیرا افزایش تجزیه‌پذیری نشاسته سبب افزایش تخمیر مادهٔ آلی در جیره‌های بر پایهٔ دانهٔ جو در مقایسه با دانه ذرت شد (Ma و همکاران، ۲۰۲۲). در نتیجه انرژی تخمیری بیشتری را برای ساخت نیتروژن و پروتئین میکروبی از نیتروژن آمونیاکی شکمبه فرآهم کرده و از غلظت آن در شکمبه کاسته شد (Nikkhah، ۲۰۱۲).

جدول ۵. غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در زمان‌های مختلف

سطح‌فرآوری	فرآوری‌شده		فرآوری‌نشده		اثرات اصلی				خطای	احتمال معنی داری		
نوع دانه	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	فرآوری شده	فرآوری نشده	استاندارد میانگین	سطح فرآوری	نوع دانه	اثر متقابل
زمان	میلی‌گرم در دسی لیتر											
صفر	۲۴/۱۲	۲۴/۵۳	۲۳/۸۹	۲۵/۰۹	۲۴/۰۰	۲۴/۸۱	۲۴/۳۲	۲۴/۴۹	۱/۶۷	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۱۴
۲	۲۴/۵۴	۲۳/۷۹	۲۴/۱۱	۲۴/۹۵	۲۴/۳۲	۲۴/۳۷	۲۴/۱۶	۲۴/۵۳	۲/۰۸	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۲۶
۴	۲۵/۱۴	۲۵/۸۷	۲۴/۴۵	۲۵/۰۲	۲۴/۷۹	۲۵/۴۴	۲۵/۵۰	۲۴/۷۵	۱/۸۶	۰/۸۴	۰/۴۷	۰/۵۳
۶	۲۵/۶۷	۲۴/۳۶	۲۵/۱۹	۲۴/۵۷	۲۵/۴۳	۲۴/۴۶	۲۵/۰۱	۲۴/۸۸	۱/۷۵	۰/۵۱	۰/۶۲	۰/۹۲
۸	۲۵/۷۹[a]	۲۳/۱۴[b]	۲۵/۲۷[a]	۲۵/۶۵[a]	۲۵/۵۳	۲۴/۳۹	۲۴/۴۶	۲۵/۴۶	۱/۴۳	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۱
کل	۲۵/۰۵	۲۳/۹۳	۲۴/۵۸	۲۵/۰۵	۲۴/۸۱	۲۴/۴۹	۲۴/۴۹	۲۴/۸۱	۱/۳۵	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۳۲

[a,b] حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین جیره‌ها است.

جمعیت پروتوزوآء شکمبه

پروتوزوآء اینتودنیوم نسبت به دیگر انواع می‌تواند pH کم را بیشتر تحمل کند (Nagaraja و Titgemeyer، ۲۰۰۷). به همین علت جمعیت انتودینیوم از دیگر انواع پروتوزوآء بیشتر بوده و جنس غالب در بین پروتوزوآء مژک‌دار شکمبه بود (Van Soest، ۱۹۹۴). جمعیت پروتوزوآء انتودینیوم در جیره‌های دارای دانهٔ ذرت و جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده بیشتر بود (جدول ۶). در جیره‌های دارای دانهٔ ذرت در شش ساعت بعد از تغذیه و در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده هشت ساعت بعد از تغذیه pH شکمبه کم‌تر بود (جدول ۴). پروتوزوآء انتودینیوم کربوهیدرات‌های ساختاری و نیز کربوهیدرات‌های غیر ساختاری را مصرف می کنند (Van Soest، ۱۹۹۴). پروتوزوآء هولوتریش در جیره‌های دارای دانهٔ جو بیشتر بود. گزارش شده که با کاهش pH شکمبه، سطح مصرف خوراک و با افزایش دانهٔ جو در جیره، جمعیت هولوتریش‌ها افزایش یافت (Martin و Michalet-Doreau، ۱۹۹۵). جمعیت پروتوزوآء سلولولیتیک در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده بیشتر بود و به‌نظر می رسد در جیرهٔ سیلاژ عمل‌آوری شده، با شکسته شدن دیواره سلولی فراهمی سوبسترای این نوع پروتوزوآء افزایش یافت (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول ٦. جمعیت پروتوزوآء شکمبه در گوسفندان تغذیه شده با جیره های مختلف آزمایشی

سطح‌فرآوری	فرآوری شده		فرآوری نشده		اثرات اصلی				خطای	احتمال معنی‌داری		
نوع دانه	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	فرآوری شده	فرآوری نشده	استاندارد میانگین	سطح فرآوری	نوع دانه	اثر متقابل
	$\times 10^5$ در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه											
انتودینیوم	۲۲/۴[a]	۱۷/۹[b]	۱۸/۹[b]	۲۲/۳[a]	۲۰/۶۵[a]	۲۰/۱[b]	۲۰/۱۵[b]	۲۰/۶[a]	۱/۴۷	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲
هولوتریش	۰/۹۱[ab]	۰/۹۲[b]	۰/۹۲[b]	۰/۹۳[a]	۰/۹۲[b]	۰/۹۳[a]	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۱
سلولولیتیک	۰/۹۹[a]	۰/۹۸[b]	۰/۹۷[c]	۰/۹۸[bc]	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۹[a]	۰/۹۷[b]	۱/۲۱	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۰۳
تعداد کل پروتوزوآء	۲۴/۳[a]	۱۹/۸[b]	۲۰/۷۹[b]	۲۴/۲۱[a]	۲۲/۵۵[b]	۲۲/۰۱[a]	۲۲/۰۵[a]	۲۲/۴۹[b]	۲/۳۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲

[a,b] حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین جیره‌ها است.

اثر متقابل سطح عمل‌آوری و نوع دانه در انواع پروتوزوآء و کل آن‌ها معنی‌دار بود، زیرا به جز پروتوزوآء سلولولیتیک، جمعیت دیگر انواع پروتوزوآء در جیره دارای سیلاژ عمل‌آوری شده و دانهٔ ذرت بیشترین بوده و در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده، بیشترین جمعیت آن‌ها در جیرهٔ دارای دانهٔ جو بود.

رفتار مصرف خوراک

عمل‌آوری سیلاژ به‌طور معنی‌داری سبب کاهش زمان مصرف و نشخوار خوراک شد. زمان جویدن نیز تحت تأثیر عمل‌آوری سیلاژ و نوع دانه قرار گرفت و در جیره‌های دارای سیلاژ عمل-آوری شده و جیره‌های دارای دانهٔ جو کم‌تر بود (جدول ۷) . عمل‌آوری علوفهٔ ذرت سبب شکسته شدن دیواره سلولی و افزایش گوارش‌پذیری دیوارهٔ سلولی شد (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱). در این آزمایش گرچه عمل‌آوری سیلاژ تأثیری معنی-داری بر گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی نداشت، امّا بیشترین گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی در جیره سیلاژ ذرت عمل‌آوری شده به همراه دانهٔ ذرت بود (جدول ۳) و نتایج یک تحقیق حاکی از این بود که گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی با فعالیت نشخوار، همبستگی منفی دارد (Zali و همکاران، ۲۰۱۵). نوع دانه بر فعالیت جویدن تأثیر داشت و در جیره‌های دارای دانهٔ جو بیشتر بود. در یک آزمایش افزایش تجزیه‌پذیری کربوهیدرات‌های قابل تخمیر (دانه ذرت ریز آسیاب شده)، سبب شد به زمان نشخوار افزوده شد. زیرا ۸۰ درصد کاهش اندازه ذرات در شکمبه به فعالیت جویدن و ۲۰ درصد به فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه بستگی دارد (Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳). در این آزمایش، در جیره‌های دارای دانهٔ جو به علت شرایط نامناسب شکمبه، احتمالاً از فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه کاسته و برای جبران، به فعالیت جویدن افزوده شد.

جدول ۷-رفتار مصرف خوراک گوسفندان تغذیه شده با جیره های مختلف آزمایشی

سطح‌فرآوری	فرآوری شده		فرآوری نشده		اثرات اصلی				خطای	احتمال معنی داری		
نوع دانه	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	دانهٔ ذرت	دانهٔ جو	فرآوری شده	فرآوری نشده	استاندارد میانگین	سطح فرآوری	نوع دانه	اثر متقابل
رفتار مصرف خوراک (دقیقه در روز)												
زمان مصرف	۲۱۰/۵^{b}	۱۹۳/۹^{b}	۲۲۵/۷^{ab}	۲۳۹/۴^{a}	۲۱۸/۱	۲۱۶/۶۵	۲۰۲/۲^{b}	۲۳۲/۵^{a}	۸/۳	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۱
زمان نشخوار	۳۸۳/۷^{b}	۳۶۵/۲^{b}	۴۰۳/۳^{ab}	۴۱۷/۵^{a}	۳۹۳/۵	۳۹۱/۳	۳۷۴/۴^{b}	۴۱۰/۴^{a}	۱۶/۱	۰/۰۱	۰/۱۲	<۰/۰۱
زمان جویدن	۵۹۴/۲^{b}	۵۵۹/۱^{c}	۶۲۹^{ab}	۶۵۶/۹^{a}	۶۱۱/۶^{b}	۶۲۸/۰	۵۷۶/۶^{b}	۶۴۲/۹^{a}	۲۷/۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴
زمان مصرف خوراک به‌ازای مصرف هر کیلو گرم (دقیقه)												
مادهٔ خشک	۱۱۴/۸^{ab}	۱۰۵/۴^{b}	۱۱۰/۳^{ab}	۱۱۷/۹^{a}	۱۱۲/۵	۱۱۱/۶	۱۱۰/۱	۱۱۴/۱	۵/۲	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۰۱
الیاف[۱]	۱۱۳/۹^{ab}	۱۰۳/۳^{b}	۱۰۹/۷^{ab}	۱۱۵/۵^{a}	۱۱۱/۸	۱۰۹/۴	۱۰۸/۶	۱۱۲/۶	۴/۷	۰/۰۹	۰/۱۷	<۰/۰۱
زمان نشخوار به ازای مصرف هر کیلوگرم (دقیقه)												
مادهٔ خشک	۱۹۵/۷	۱۹۳/۵	۲۰۴/۴	۲۰۷/۶	۲۰۰/۱	۲۰۰/۵	۱۹۴/۶^{b}	۲۰۶/۱^{a}	۹/۶	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۰۸
الیاف[۱]	۲۰۷/۴^{b}	۲۰۵/۸^{b}	۲۱۵/۹^{ab}	۲۲۰/۳^{a}	۲۱۱/۶	۲۱۳/۱	۲۰۶/۶^{b}	۲۱۸/۱^{a}	۱۱/۴	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۰۲
زمان جویدن به ازای مصرف هر کیلوگرم (دقیقه)												
مادهٔخشک	۳۱۵/۷	۳۰۹/۸	۳۲۶/۵	۳۳۱/۲	۳۲۱/۱	۳۲۰/۵	۳۱۲/۸	۳۲۸/۸	۱۷/۴	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۰۹
الیاف[۱]	۳۰۷/۵^{b}	۳۰۱/۴^{b}	۳۲۷/۹^{ab}	۳۳۴/^{a}۸	۳۱۷/۷	۳۱۸/۱	۳۰۴/۴^{b}	۳۳۱/۳^{a}	۱۸/۲	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۱

^{a,b} حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین جیره‌ها است.

الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی[1]

زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلو مادهٔ خشک و الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی تحت تأثیر سطح عمل‌آوری و نوع دانه قرار نگرفت و اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شد، زیرا زمان مصرف به ازای هر کیلو مادهٔ خشک و الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده همراه با دانهٔ جو کم‌ترین و در جیرهٔ سیلاژ عمل‌آوری نشده به همراه دانهٔ جو بیشترین بود.

فعالیت نشخوار و جویدن به ازای هر کیلو الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده بیشتر بود زیرا عمل‌آوری سبب شکسته شدن دیوارهٔ سلولی علوفهٔ سیلویی شده و لذا زمان کم‌تری برای فعالیت نشخوار و جویدن مورد نیاز بود (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱).

نتیجه‌گیری

عمل‌آوری علوفهٔ ذرت سبب شد مصرف مادهٔ خشک و گوارش‌پذیری مادهٔ آلی در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده افزایش یابد. لذا عمل‌آوری سیلاژ می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری در تغذیه نشخوارکنندگان شود. تأثیر نوع دانه در پاسخ‌های حیوانی کم‌تر از سطح عمل‌آوری بود، اما گوارش‌پذیری مادهٔ آلی و الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی در جیره‌های دارای دانهٔ ذرت بیشتر بود. اثرات متقابل بین سطح عمل‌آوری و نوع دانه، بر مصرف مادهٔ خشک و آلی معنی‌دار بود، زیرا در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری شده تفاوت معنی‌داری بین جیره‌های دارای دانهٔ ذرت یا جو وجود نداشت، امّا در جیره‌های دارای سیلاژ عمل‌آوری نشده مصرف در جیرهٔ دارای دانهٔ جو بیشتر بود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

کارگر، ش.، قربانی، غ.ر. و خوروش، م. (۱۳۹۴). گوارش‌پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای و عملکرد تولیدی در پاسخ به منبع دانه غله و مکمل روغن در جیره گاوهای شیری هلشتاین. نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران. ۷ (۳)، ۲۸۵-۲۹۳.
https://doi.org/10.22067/ijasr.v7i3.27929

کامل ارومیه، س.، ناصریان، ع.ع.، ولی‌زاده، ر.، هلن قانع، ف. و بنایان اول، م. (۱۳۹۶). اثر کربوهیدرات‌های غیر الیافی بر عملکرد و خصوصیات هضمی مواد مغذّی در گاوهای شیرده هلشتاین. نشریه پژوهش‌های علوم دامی ایران. ۹ (۱) ۱- ۱۲.
https://doi.org/10.22067/ijasr.v9i1.35243

Andrae, J.G., Hunt, C.W., Pritchard, G.T., Kennington, L.R., Harrison, J.H., Kezar, W. and Mahanna W. (2001). Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *Journal of Animal Science*. 79:2268–2275. http://dx.doi.org/ 10.2527/2001.7992268x.

AOAC, (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, Maryland, USA.

Eguchi, K., Hattori, I., Sawai, A. and Muraki, M. (2008). Fermentation quality of purple corn [zea mays] silage. (national agricultural research center for kyushu okinawa region., kushi, kumamoto (Japan). Japanese Journal of Grassland Science. 54(2): 141-143. https://doi.org/10. 14941 /grass.54.141.

Gozho, G.N. and Mutsvangwa, T. (2008). Influence of carbohydrate source on ruminal fermentation characteristics, performance, and microbial protein synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91: 2726-2735. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0809.

Jancik, P., Kubelkova, P., Kumprechtova, D., Loucka, R., Homolka, P., Koukolová, V., Tyrolová, Y. and Výborná, A. (2021). Quality of chopped maize can be improved by processing. *Agriculture*. 11: 1226-1231. https://doi.org/10.3390/agriculture11121226.

Johnson, L., Harrison, J.H., Hunt, C., Shinners, K., Doggett, C.G., and Sapienza, D. (1999). Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review. *Journal of dairy science*. 82: 2813-2825. https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(99)75540-2.

Karasahin, M. (2014). Effects of different irrigation methods and plant densities on silage quality parameters of PR 31Y43 hibrid corn cultivar (zea mays l. var. indentata [sturtev.] L.H. Bailey). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 74: 105-110. http:// doi.org/10.4067/S0718-58392014000100016.

Lammers, B.P., Buckmaster, D.R. and Heinrichs, A.J. (1996). A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. Journal of Dairy Science. 79: 922–928. https:// doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1.

Ma, X., Zhou, W., Guo, T., Li, F., Li, F., Ran, T., Zhang, Z. and 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: 1-8. https://doi. org/10.3389/fnut.2021.797801.

Maulfair, D.D. and Heinrichs, A.J. (2013). Effects of varying forage particle size and fermentable carbohydrates on feed sorting, ruminal fermentation, and milk and component yields of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 96(5): 3085-3097. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6048.

Martin, C. and Michalet-Doreau, B. (1995). Variations in mass and enzyme activity of rumen microorganisms: effect of barley and buffer supplements. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 67(3): 407-413. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740670319.

McCarthy, R.D.J., Klusmeyer, T.H., Vicini, J.L., Clark, J.H. and Nelson, D.R. (1989). Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 72: 2002–2016. https://doi. org/10.3168/jds.s0022-0302(89)79324-3.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G. (2011). Animal nutrition. 7th edition. Prentice Hall: Harlow.

Miller, R.K., Rockwell, L.C., Lunt, D.K., and Carstens, G.E. (1996). Determination of the flavor attributes of cooked beef from cross-bred Angus steers fed corn- or barley-based diets. *Meat Science*. 44: 235- 243. https://doi.org/10.1016/s0309-1740(96)00030-7.

Nadeau, E.M.G., Buxton, D.R., Russell, J.R., Allison, M.J. and Young, J.W. (2006). Enzyme, bacterial inoculant, and formic acid effects on silage composition of orchard grass and alfalfa. *Journal of Dairy Science*. 83: 1487-1502. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75021-1.

Nagaraja, T.G. and Titgemeyer, E.C. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook1, 2. *Journal of Dairy Science*. 90: 17-38. https: //doi.org/10.3168/jds.2006-478.

Nikkhah, A. (2012). Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 3: 22-30. http://www.jasbsci.com/content/3/1/22.

National Research Council (NRC), 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. US National Academies Press, Washington, DC, USA.

Ogimoto, K. and Imai, S. (1981). Atlas of rumen microbiology. Japan Scientific press, TOKYO,

Rymer, C. (2000). The measurement of forage digestibility in vivo. In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, Edited by Givens DI, Owen E, Omed H.M, and Axford R.F.E, Pp, 113-134.

Sadri, H., Ghorbani, G.R., Rahmani, H.R., Samie, A.H., Khorvash, M. and 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.

Schwab, E.C., Shaver, R.D., Shinners, K.J. Lauer, G. and Coors, 1.G. (2002). Processing and chop length effects in brown-midrib com silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 85: 613- 623. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02) 74115-5.

Saricicek, B.Z. and Kilic, U. (2011). Effect of different additives on the nutrient composition, in vitro gas production and silage quality of alfalfa silage. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 6(6): 618-626.

https://doi.org/10.3923/ajava.2011.618.626.

Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J, Fox, D.G. and Russell, J.B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70(11): 3562-77. https://doi.org/10.2527/1992.70113562x.

Tajaddini, M.A. Dayani, O., Khezri, A., Tahmasbi, R. and Sharifi-Hoseini M.M. (2021). Production efficiency, milk yield, and milk composition and fatty acids profile of lactating goats feeding formaldehyde-treated canola meal in two levels of dietary crude protein. *Small Ruminant Research*. 240: 106519-106526. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106519.

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Zali, S.M., Teimouri Yansari, A. and Jafari Sayyadi, A. (2015). Effect of particle Size and fragility of corn silage and alfalfa hay on intake, digestibility, performance, and chewing activity of fattening male lambs. *Research & Reviews: Journal of Veterinary Sciences.* 1: 47-57.