Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

Effect of silage processing and non-forage fiber levels on intake, digestibility, rumen parameters, and feed intake behavior in sheep

Hanieh Khaloei[1], Mohammad Mahdi Sharifi Hosseini[2*], Omid Dayani[3], Kazem Jafari Naimi[4]

[1]Master's student in animal nutrition, Department of Animal Sciences, 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, mmsharifih@gmail.com
[3]Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[4]Associate Professor, Department of Biosystem Mechanics Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 11/21/2022
Revised: 01/20/2023
Accepted: 01/21/2023

Keywords:
Feed intake activity time
Protozoa
Rumen parameters
Ruminating
Sugar beet pulp

ABSTRACT

Background and Objectives: In Iran, corn silage is an important part of ruminant forage. Mechanical processing of corn forage can improve the properties of corn silage. In this process, chopped fodder is processed using toothed rollers. In this way, it is increased the digestibility of starch and cell wall. Barley starch has a fast ruminal fermentation, and while increasing the production of microbial protein, it can cause an increase in the incidence of digestive abnormalities in ruminants. Neutral detergent fiber (NDF) of sugar beet pulp is very digestible. This study was conducted in order to investigate the effect of two processing levels of corn silage and barley grain and sugar beet pulp on silage quality, feed intake, digestibility of nutrients, rumen parameters, and feed intake behavior of Kermani sheep.

Materials and methods: In this research, four 2-year-old Kermani lambs with an average weight of 42 ± 2.8 kg were used in a 2x2 factorial experiment in the form of a Latin square design in four periods of 21 days. The experimental diets were: 1) processed corn silage + concentrate with barley seeds, 2) processed corn silage + concentrate with sugar beet pulp, 3) unprocessed corn silage + concentrate with barley seeds, 4) unprocessed corn silage + concentrate with sugar beet pulp. The daily diet was distributed in two equal portions on 8/00 and 18/00. Research data were stored in Excel software and statistically analyzed with SAS software.

Results: Silage processing decreased the percentage of dry matter (DM) and NDF, increased NH3-N, pH (4.42 and 4.04, respectively, P=0.02), and sensory evaluation (15 and 18, respectively, P=0.02) score of silage. Feed intake was higher in the processed silage diets and the diet with barley grain. The digestibility of organic matter (OM) and NDF were higher in the diet containing sugar beet pulp. Ruminal NH3-N (mg/dL) (21.17 and 22.81, respectively, P=0.02) was higher in diets containing processed silage at two and eight hours after feeding, while it was lower in diets containing sugar beet pulp at 6 hours after feeding. The pH of the rumen fluid in the diet

containing sugar beet pulp with processed silage was significantly higher than in other experimental diets at eight hours after feeding (P=0.01, 6.92), the population of rumen protozoa was higher in the unprocessed silage and barley grain diets. Feed intake time was higher in unprocessed silage diets. However, the most rumination time was related to the sheep fed processed silage diets. The highest chewing time was in barley seeds diets.

Conclusion: Although corn fodder processing caused a decrease in the sensory evaluation score in the processed silages, it caused an increase in DM intake and OM intake in diets containing this type of silage. The effect of processing silage on animal responses was greater than that of barley grain or sugar beet pulp on these responses. It is recommended to process corn fodder with a dry matter of about 30 percent.

Cite this article: Khaloei, H., Sharifi Hosseini, M.M., Dayani, O., Jafari Naimi, K. (2023). Effect of silage processing and non-forage fiber levels on intake, digestibility, rumen parameters and feed intake behavior in sheep. *Journal of Ruminant Research*, 11 (1), 129-146.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejrr.2023.20798.1875
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

تأثیر فرآوری فیزیکی سیلاژ و سطوح الیاف غیر علوفه‌ای بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذّی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک گوسفند

هانیه خالویی[۱]، محمدمهدی شریفی حسینی[۲*]، امید دیانی[۳]، کاظم جعفری نعیمی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام، 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] استاد، بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان ایران.
[۴] دانشیار، بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۳۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۰/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱

واژه‌های کلیدی:
پروتوزوآ
تفاله چغندرقند
زمان فعالیت مصرف خوراک
فراسنجه‌های شکمبه
نشخوار

چکیده

سابقه و هدف: در ایران سیلاژ ذرت بخش مهم علوفه نشخوارکنندگان را تشکیل می‌دهد. فرآوری مکانیکی علوفه ذرت می‌تواند ویژگی‌های سیلاژ ذرت را بهبود بخشد. در این فرآیند، با استفاده از غلتک‌های دندانه‌دار علوفه‌های خرد و عمل‌آوری شده و به بدین ترتیب قابلیت هضم نشاسته و دیواره سلولی افزایش می‌یابد. نرخ تخمیر نشاسته دانه جو در شکمبه سریع بوده و ضمن افزایش تولید پروتئین میکروبی می‌تواند سبب افزایش بروز ناهنجاری‌های گوارشی در نشخوارکنندگان شود. الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تفاله چغندرقند بسیار قابل‌هضم است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر دو سطح عمل‌آوری سیلاژ ذرت و تأثیر دانه جو و تفاله چغندرقند بر کیفیت سیلاژ، مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذّی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک در گوسفند کرمانی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از ۸ رأس بره نر ۲ ساله کرمانی با میانگین وزن ۲/۸± ۴۲ کیلوگرم در یک آزمایش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح مربع لاتین در چهار دوره ۲۱ روزه استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل ۱)سیلاژ ذرت فرآوری شده+ کنسانتره دارای دانه جو، ۲)سیلاژ ذرت فرآوری شده+ کنسانتره دارای تفاله چغندر قند، ۳)سیلاژ ذرت فرآوری نشده+ کنسانتره دارای دانه جو، ۴)سیلاژ ذرت فرآوری نشده+ کنسانتره دارای تفاله چغندرقند بودند. خوراک روزانه در دو وعده ۸/۰۰ و ۱۸/۰۰ توزیع شد. داده‌های پژوهش در نرم‌افزار Excel ذخیره و با نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند.

یافته‌ها: فرآوری سیلاژ سبب کاهش درصد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی، افزایش نیتروژن آمونیاکی، pH (۴/۴۲ و ۴/۰۴، به ترتیب در سیلاژ فرآوری شد و نشده، P=۰/۰۱) و نمره ارزیابی حسی سیلاژ شد (۱۵ و ۱۸، به ترتیب در سیلاژ فرآوری شد و در سیلاژ فرآوری نشده، P=۰/۰۲). مصرف خوراک در جیره دارای سیلاژ فرآوری شده و جیره دارای دانه جو بیشتر بود. قابلیت هضم ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره

دارای تفاله چغندرقند بیشتر بود. نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در ساعت‌های دو و هشت بعد از تغذیه در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری نشده (میلی‌گرم در دسی لیتر) بیشتر بود (به ترتیب ۲۱/۱۷ و ۲۲/۸۱، P=۰/۰۲) و در ساعت ۶ بعد از تغذیه نیز در جیره دارای تفاله چغندرقند کمتر بود. هشت ساعت بعد از تغذیه، pH مایع شکمبه در جیره دارای تفاله چغندرقند همراه با سیلاژ فرآوری نشده به‌صورت معنی‌داری بیشتر از دیگر جیره‌های آزمایشی بود (۶/۹۲، P=۰/۰۱). جمعیت پروتوزوآ شکمبه در جیره دارای سیلاژ فرآوری نشده و دانه جو بیشتر بود. زمان مصرف خوراک در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری نشده بیشتر بود. بیشترین زمان نشخوار مربوط به گوسفندان تغذیه‌شده با جیره دارای سیلاژ فرآوری شده بود. بالاترین زمان جویدن در جیره‌های دارای دانه جو بود.

نتیجه‌گیری: گرچه فرآوری علوفه ذرت سبب شد نمره ارزیابی حسی در سیلاژهای فرآوری شده کاهش یابد، امّا فرآوری سبب افزایش مصرف ماده خشک و مصرف ماده آلی در جیره‌های دارای این نوع سیلاژ گردید. تأثیر فرآوری بر پاسخ‌های حیوانی بیشتر از تأثیر دانه جو و یا تفاله چغندرقند بر این پاسخ‌ها بود. پیشنهاد می‌شود برای تأثیرگذاری بیشتر، علوفه ذرت با ماده خشک حدود ۳۰ درصد عمل‌آوری شود.

استناد: خالویی، ه.، شریفی حسینی، م.م.، دیانی، ا.، جعفری نعیمی، ک. (۱۴۰۲). تأثیر فرآوری فیزیکی سیلاژ و سطوح الیاف غیر علوفه‌ای بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذّی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک گوسفند. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۱(۱)، ۱۴۶-۱۲۹

DOI: 10.22069/ejrr.2023.20798.1875

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

سیلاژ ذرت با کیفیت بالا نقش مهمی در تأمین انرژی نشخوارکنندگان دارد (Ferraretto و Shaver، ۲۰۱۲). بر اساس آمار، در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸، تولید ذرت علوفه‌ای در ایران ۱۴/۲۵ میلیون تن بوده و ۱۷ درصد از کل تولیدات محصولات کشت آبی زارعی را به خود اختصاص داد (Ahmadi و همکاران، ۲۰۲۱). فرآوری مکانیکی علوفه ذرت می‌تواند ویژگی‌های سیلاژ ذرت را بهبود بخشد. در این فرآیند، با استفاده از غلتک‌های دندانه‌دار، علوفه ذرت کوبیده و فرآوری می‌شود (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱؛ Jancik و همکاران، ۲۰۲۱). فرآوری مکانیکی سبب شکافتن پوست دانه و افزایش تخمیر نشاسته دانه شده و ارزش غذایی سیلاژ ذرت را افزایش می‌دهد (Schwab و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین فرآوری علوفه سبب ایجاد اثرات فیزیکی در بافت الیافی گیاه شده و به دنبال آن سبب تغییر در اندازه قطعات شده و قابلیت هضم سیلاژ افزایش می‌یابد (Allen و همکاران، ۲۰۰۳). فرآوری سبب افزایش غلظت لاکتات و درنتیجه‌ی آن کاهش pH سیلاژ می‌شود. کاهش pH به‌نوبه خود سبب مهار رشد برخی میکروارگانیسم‌های نامطلوب مانند کپک‌ها و مخمرها می‌شود (Allen و همکاران، ۲۰۰۳؛ McDonald و همکاران، ۲۰۱۱).

جو[1]، یکی از غلات دانه ریز است. تخمیر سریع شکمبه‌ای نشاسته جو سبب افزایش تولید پروتئین میکروبی و پروتئین قابل متابولیسم قابل‌دسترس در روده کوچک می‌شود (Nikkhah، ۲۰۱۲). اما وجود جو به عنوان تنها منبع کربوهیدرات غیر الیافی در جیره‌های نشخوارکنندگان می‌تواند سبب افزایش بروز ناهنجاری‌های گوارشی شود (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱؛ Kazemi و همکاران، ۲۰۱۶). تفاله چغندرقند یک محصول جانبی است که در فرآیند تولید شکر تولید می‌شود. تفاله چغندرقند عمدتاً به عنوان یکی از اجزای کنسانتره استفاده می‌شود (Mustafa، ۲۰۱۱). نتایج تحقیقات حاکی از این است که الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در تفاله چغندرقند بسیار قابل هضم است. و قابلیت هضم الیاف آن در حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد می‌باشد (Kohestani-Ghadami و همکاران، ۲۰۱۱). به‌دلیل تخمیر آهسته‌تر تفاله چغندرقند، استفاده از آن به عنوان جایگزین بخشی از نشاسته جیره، سبب بهبود شرایط شکمبه می‌شود (Evans و Messerschmidt، ۲۰۱۷). یکی از علل استفاده از تفاله چغندرقند در تغذیه نشخوارکنندگان خوش‌خوراکی آن در نشخوارکنندگان می‌باشد (Mojtahedi، ۲۰۰۸). لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر دو سطح فرآوری سیلاژ ذرت (سیلاژ فرآوری شده و فرآوری نشده) و دانه جو و تفاله چغندرقند بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذّی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و رفتار مصرف خوراک بود.

مواد و روش‌ها

این طرح در واحد گوسفندداری بخش مهندسی علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. در ابتدا حدود ۱۵۰۰ کیلو ذرت علوفه‌ای با دستگاه چاپر با طول تئوریکی ۱۶ میلی‌متر خرد شد. سپس در حدود ۶۰۰ کیلوگرم از علوفه خردشده ذرت با دستگاه مخصوص فرآوری شد (در بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، طراحی و ساخته شد). در طی فرآوری فیزیکی، علوفه ذرت با عبور از غلتک‌های دندانه‌دار (که با تسمه به موتور برقی متصل بودند) با طول ۷۵ سانتی‌متر و با فاصله ۵ میلی‌متر بین آن‌ها، کوبیده شد. برای تغذیه غلتک‌ها، از یک سینی به طول ۷۵ و عرض ۴۰ سانتی‌متر استفاده شد. در زمان فرآوری ضمن

1. *Hordeum vulgare*

افزایش قابل‌توجه دانه‌های شکسته شده، دیواره سلولی علوفه به‌ویژه ساقه شکسته شد (Andrae و همکاران ۲۰۰۱؛ Jancik و همکاران، ۲۰۲۱). سیلاژها از علوفه‌های ذرت فرآوری شده و فرآوری نشده در کیسه نایلون‌های مخصوص، تهیه شدند. سیلاژهای ذرت آماده‌شده، پس از ۶۰ روز در تهیه جیره‌های آزمایشی به میزان ۵۰ درصد استفاده شدند. جیره‌های آزمایشی دارای انرژی و پروتئین خام یکسانی بودند (جدول ۱). جیره‌ها بر اساس NRC (۲۰۰۷) تنظیم شدند و عبارت بود از: ۱) سیلاژ ذرت فرآوری شده + کنسانتره دارای دانه جو، ۲) سیلاژ ذرت فرآوری شده + کنسانتره دارای تفاله چغندرقند، ۳) سیلاژ ذرت فرآوری نشده + کنسانتره دارای دانه جو، ۴) سیلاژ ذرت فرآوری نشده + کنسانتره دارای تفاله چغندرقند (جدول ۱).

جدول ۱- اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets

فرآوری نشده Unprocessed silage		فرآوری شده Processed silage		فرآوری سیلاژ silage processing
تفاله چغندرقند Beet pulp	دانه جو Barley Grain	تفاله چغندرقند Beet pulp	دانه جو Barley Grain	نوع دانه Grain type
				مواد خوراکی دام (گرم در کیلوگرم) Diet Ingredients (DM%)
–	–	30.0	30.0	سیلاژ فرآوری شده Processed silage
50.0	50.0	20.0	20.0	سیلاژ فرآوری نشده Unprocessed silage
10.0	30.0	10.0	30.0	دانه جو Barley grain
20.0	–	20.0	–	تفاله چغندر Beet pulp
1.3	–	1.5	–	پودر چربی Fat powder
11.7	9.0	13.0	9.0	کنجاله سویا Soybean meal
5.0	9.0	3.0	9.0	سبوس گندم Wheat bran
0.5	0.5	1.0	0.5	دی کلسیم فسفات DCP
1.0	1.0	1.0	1.0	سنگ‌آهک خردشده Ground limestone
0.25	0.25	0.25	0.25	مکمل مواد معدنی Mineral supplement
0.25	0.25	0.25	0.25	نمک Salt
		Chemical composition of diets (DM%)		ترکیب شیمیایی جیره‌ها (گرم در کیلوگرم ماده خشک)
54.0	54.0	53.0	54.0	ماده خشک DM (گرم در کیلوگرم خوراک تازه)
91.0	90.3	91.3	90.6	ماده آلی OM
13.1	129.3	13.0	13.1	پروتئین خام CP
3.6	35.2	3.9	3.9	عصاره اتری EE
38.8	416	39.3	41.9	الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی NDF
20.3	231.2	19.6	20.5	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF
35.4	32.9	34.7	32.1	کربوهیدرات‌های غیر الیافی[1] NFC
6.2	6.2	6.2	6.2	کلسیم Ca
4.9	4.4	5.0	5.1	فسفر P
2.29	2.29	2.30	2.3	انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک ME (MCal/kg DM)

(۲۳) 100- (NDF% +EE%+CP%+Ash%)=کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی

سیلاژها پس از ۶۰ روز باز شدند و ویژگی‌های فیزیکی و ارزیابی ظاهری سیلاژها به روش نمره‌گذاری مطابق با روش استاندارد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱)، بر اساس بو (حداکثر ۱۴ نمره)، ساختمان ظاهری (حداکثر ۴ نمره) و رنگ (حداکثر ۲ نمره) انجام گرفت. میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی و خاکستر سیلاژ بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC، ۲۰۰۵) تعیین گردید. مقدار اسیدیته سیلاژ نیز توسط pH متر تعیین گردید (Higginbotham و همکاران، ۱۹۹۷). الیاف نامحلول در شوینده خنثی (بدون استفاده از آنزیم آمیلاز مقاوم به حرارت و بدون حذف خاکستر) و اسیدی نمونه‌ها نیز بدون حذف خاکستر، با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱).

مدل آماری استفاده‌شده، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح مربع لاتین بود. طرح مربع لاتین در چهار دوره ۲۱ روزه انجام شد. هر دوره شامل ۱۴ روز دوره عادت دهی، پنج روز نمونه‌برداری از مصرف خوراک، مدفوع، یک روز برای ثبت رفتار مصرف خوراک و یک روز به گرفتن مایع شکمبه با استفاده از لوله معده‌ای اختصاص یافت. برای اجرای این آزمایش از ۸ رأس قوچ نر ۲ ساله کرمانی با میانگین وزن ۴۲±۲/۱۲ کیلوگرم استفاده شد. گوسفندها در قفس‌های متابولیک مجهز به سیستم جمع‌آوری ادرار و مدفوع قرار داده شدند. قابلیت هضم ظاهری به روش اندازه‌گیری کل مدفوع (Rymer، ۲۰۰۰) محاسبه شد. نمونه‌گیری از مایع شکمبه، در روز آخر هر دوره و پیش از مصرف خوراک (ساعت صفر) و در ساعات دو، چهار، شش و هشت ساعت بعد از مصرف خوراک از طریق دستگاه ساکشن صورت گرفت. در هر ساعت، پس از نمونه‌گیری، pH مایع شکمبه بلافاصله به وسیله pH متر سیار اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه با استفاده از روش فنل هیپو کلریت (Weatherburn، ۱۹۶۷) انجام شد. برای این منظور نمونه‌های مایع شکمبه با پارچه کتانی صاف شدند. سپس به یک نمونه ۱۰ میلی‌لیتری، ۰/۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۵۰ درصد اضافه شد و تا زمان تجزیه آزمایشگاهی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. همچنین ۱۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف‌شده نیز با ۱۰ میلی‌لیتر محلول متیل گرین - فرمالین - سالین (Ogimoto و Imai، ۱۹۸۱) برای شمارش پروتوزوآ نگهداری شد. پروتوزوآی مژکدار در نمونه‌های مایع شکمبه نگهداری شده با محلول MFS توسط لام نئوبار DQ و با استفاده از میکروسکوپ (Olympus CH-2) با بزرگنمایی ۱۵۰۰، هر نمونه ۲ بار شمارش شد. در هر شمارش تعداد گونه‌های متفاوت پروتوزوآی مژکدار ثبت و به صورت پروتوزوآهای سلولایتیک[1]، انتودینیوم[2]، هولوتریش[3] و جمعیت کل پروتوزوا[4] گروه‌بندی شدند.

رفتار مصرف خوراک، نشخوار و جویدن دام‌ها به‌صورت چشمی و به فواصل زمانی پنج دقیقه‌ای در دوره‌های ۲۴ ساعته در روز ۲۰ هر دوره آزمایشی اندازه‌گیری شد. فعالیت جویدن از مجموع زمان‌های نشخوار و مصرف خوراک محاسبه شد (Sharifi-Hosseini، ۲۰۱۸). داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی سیلاژها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM تجزیه‌ی آماری شدند. مدل آماری به شرح ذیل بود.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

که y_{ij} = هر مشاهده، α_i= اثر فرآوری سیلاژ ذرت و e_{ij} = واریانس باقیمانده بود.

1. Cellulitic protozoa
2. Entodinium protozoa
3. Holotrich protozoa
4. Total protozoas

داده‌های مربوط به آزمایشات در حیوان با مدل آماری ذیل و با استفاده از رویه MIXED مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + ß_j + (\alpha \times ß)_{ij} + \gamma_k + \delta_L + \lambda_m + e_{ijlklmn}$$

که y_{ijk}= هر مشاهدات، μ= میانگین کل، α_i= اثر فرآوری سیلاژ ذرت، $ß_j$= اثر سطح الیاف غیر علوفه‌ای، $(\alpha \times ß)_{ij}$= اثر متقابل فرآوری سیلاژ ذرت با سطح الیاف غیر علوفه‌ای، γ_k= اثر دوره، δ_L = اثر تصادفی حیوان، λ_m = اثر تکرار و e_{ijk}= واریانس باقیمانده بود. داده‌ها و اطلاعات طرح پژوهشی در نرم‌افزار EXCEL ذخیره و تجزیه‌وتحلیل داده‌های آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۵) نسخه ۹/۱ انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارزیابی و ویژگی‌های شیمیایی سیلاژ: درصد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در سیلاژ فرآوری نشده بیشتر از سیلاژ فرآوری شده بود (جدول ۲، P<۰/۰۵۰). نیتروژن آمونیاکی و pH در سیلاژ فرآوری شده بیشتر از سیلاژ فرآوری نشده بود (P<۰/۰۵). اما درصد پروتئین خام، عصاره اتری، الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی و خاکستر در دو سیلاژ تفاوت معنی‌داری نداشتند. در طی فرآیند تهیه سیلاژ درصد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی کاهش یافت. غلظت بالای نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ فرآوری شده ممکن است به دلیل تخمیر و دکربوکسیلاسیون پروتئین باشد (Rooke و همکاران، ۱۹۹۸) که به سبب رطوبت، pH بالا و فعالیت کلستریدیوم‌ها در سیلاژ فرآوری شده بود (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۲- تأثیر فرآوری سیلاژ بر ویژگی‌های شیمیایی (درصد) pH و ارزیابی حسی سیلاژ

Table 2. Effect of silage processing on chemical characteristics (%), pH and sensory evaluation of silage

سطح معنی‌دار p.Value	خطای استاندارد میانگین MSE	سیلاژ فرآوری نشده Unprocessed silage	سیلاژ فرآوری شده Processed silage	ترکیب شیمیایی Chemical composition
			Chemical composition (DM%)	ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)
0.01	0.23	25.79[a]	23.82[b]	ماده خشک DM
0.29	0.09	6.07	6.37	پروتئین خام CP
0.02	1.07	68.26[a]	65.74[b]	الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی NDF
0.06	0.68	42.95	41.03	الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی ADF
0.01	0.03	4.04[b]	4.42[a]	pH
0.17	0.06	4.69	4.91	عصاره اتری EE
<0.01	0.004	0.15[b]	0.22[a]	نیتروژن آمونیاکی NH3-N
0.42	0.37	8.54	8.29	خاکستر Ash
				ارزیابی حسی Sensory evaluation
0.01	0.69	11[b]	13[a]	کیفیت بو Smell quality
0.15	0.05	3	4	کیفیت ساختار structure quality
1.00	0.05	1	1	رنگ Color
0.02	0.72	15[b]	18[a]	نمره کلی ارزیابی حسی overall score

[a,b] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین جیره‌ها است.

[a, b] different letters in each row indicate a significant difference between the rations

عوامل مختلفی مانند بلوغ گیاه، افزودنی‌های مورداستفاده در سیلاژ و تفاوت در مقدار مواد مغذی علوفه سیلو شده می‌توانند میزان ترکیبات شیمیایی را تحت تأثیر قرار دهند. در سیلاژ فرآوری شده، غلظت الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی کاهش یافت که به هیدرولیز اجزای دیواره سلولی در طی عمل تخمیر مربوط می‌شود (Yahaya و همکاران، ۲۰۰۲). زیرا با شکسته شدن دیواره سلولی امکان جدا شدن ترکیبات دیواره سلولی افزایش یافت.

مقدار pH یکی از شاخص‌های مهم است که در ارزشیابی علوفه سیلو شده موردتوجه قرار می‌گیرد و با اندازه‌گیری آن می‌توان تا حد زیادی به میزان اسیدلاکتیک تولیدشده در سیلو و نیز کیفیت فرآیند تخمیر و وضعیت پایداری سیلاژ پی برد. در این آزمایش pH سیلاژهای فرآوری شده بیشتر از سیلاژ فرآوری نشده بود. در آزمایش جاری، به دلیل طولانی شدن فرآوری علوفه ذرت و تنفس هوازی در مراحل قبل از تهیه سیلاژ، pH علوفه سیلو شده افزایش یافت. با توجه به بالا بودن pH، فعالیت باکتری‌های نامناسب سبب فرآوری سیلاژ سبب کاهش نمره بو شد ولی تفاوتی بین سیلاژها در نمره ساختار و رنگ سیلاژ وجود نداشت. با توجه به نمره دهی، کیفیت بو در سیلاژ فرآوری شده کم‌تر از سیلاژ فرآوری نشده بود (P<۰/۰۵)، امّا از لحاظ کیفت ساختاری و رنگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به ارزیابی‌های حسی، در این آزمایش، سیلاژ فرآوری شده با نمره ۱۸ و سیلاژ فرآوری نشده با نمره ۱۵ به ترتیب رتبه خوب و قابل‌قبول را به خود اختصاص دادند (Horiguchi و Takahashi، ۲۰۰۷). در علوفه خردشده رطوبت بالابود، امّا بعد از فرآوری، مقادیر بیشتری شیره‌های گیاهی از سیتوپلاسم محصور در دیواره سلولی آزاد شدند. لذا رطوبت زیاد سبب تخمیر کلوستردیومی و کاهش نمره بو در این سیلاژ گردید. بدین‌صورت کاهش نمره بو (جدول ۲) نشان دهنده کاهش کیفیت سیلاژ بود (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱).

مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی: مصرف ماده خشک و مصرف ماده آلی در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده از جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری نشده بیشتر بود (جدول ۳، P<۰/۰۵). ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم ماده سیلویی از جمله عوامل مهم در پیش‌بینی مصرف اختیاری ماده خشک علوفه سیلویی می‌باشند (Samadi و همکاران، ۲۰۱۳). در سیلاژ فرآوری شده دام‌ها تمایل بیشتری برای مصرف این سیلاژها داشتند. در نتیجه در این تیمارها مصرف خوراک نسبت به سیلاژ فرآوری نشده افزایش یافت. زیرا در یک تحقق هضم نشاسته در جیره دارای سیلاژ ذرت فرآوری شده به دلیل تأثیر فرآوری بر پوسته دانه‌ها پنج درصد در مقایسه با جیره سیلاژ فرآوری نشده افزایش یافت (Sadri و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین فرآوری فیزیکی سبب می‌شود مانع فیزیکی پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی بر هضم الیاف از میان برداشته و اتصال بیشتر باکتری‌ها، دسترسی به آنزیم و تخمیر دیواره‌های سلولی را افزایش می‌دهد (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱؛ McDonald و همکاران، ۲۰۱۱).

وجود تفاله چغندر در جیره‌های آزمایشی، مصرف ماده خشک و ماده آلی را به‌طور معنی‌داری نسبت به دانه جو کاهش داد (P<۰/۰۵). زیرا جذب آب در تفاله چغندرقند سبب پر شدن فیزیکی شکمبه و کاهش مصرف خوراک شد (Abo-Zeida و همکاران، ۲۰۱۷). امّا با وجود تأثیر منفی تفاله چغندرقند بر مصرف ماده خشک و ماده آلی جیره، قابلیت هضم ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در جیره‌های دارای تفاله افزایش یافت (P<۰/۰۵). زیرا الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تفاله چغندر فاز

تأخیری کوتاه‌تر و هضم سریع‌تری نسبت به اغلب دیگر منابع الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی داشته (Bhatti و Firkins، ۱۹۹۵) و دلیل آن تا حدودی به غوطه‌ور شدن در آب داغ در حین مراحل استخراج قند مربوط می‌شود (Bichsel، ۱۹۸۸). همچنین الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در تفاله چغندرقند فاقد لیگنین می‌باشند (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه بر این جایگزینی تفاله چغندرقند با نشاسته دانه جو می‌تواند تأثیر منفی تخمیر نشاسته را بر باکتری‌های سلولایتیک کاهش دهد (Voelker و Allen، ۲۰۰۳). قابلیت هضم عصاره اتری در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده بیشتر بود و نیز اثر متقابل فرآوری و سطح تفاله چغندرقند بر قابلیت هضم چربی معنی‌دار بود.

جدول ۳- مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی

Table 3. Feed intake and digestibility of nutrients in sheep fed experimental diets

سطح فرآوری Silage processing	سیلاژ فرآوری شده Processed		سیلاژ فرآوری نشده Unprocessed		اثرات اصلی Main effects				احتمال معنی‌داری p.Value			
سطح تفاله چغندر Beet pulp levels	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	فرآوری‌شده Processed	فرآوری‌نشده Unprocessed	MSE	فرآوری processing	تفاله pulp	اثرمتقابل interaction
مصرف خوراک (کیلوگرم در روز)(kg/d) Feed intake												
ماده خشک DM	1.25	1.20	1.21	0.96	1.23[a]	1.08[b]	1.22[a]	1.09[b]	0.11	0.03	0.02	0.10
ماده آلی OM	1.17	1.12	1.13	0.90	1.15[a]	1.01[b]	1.14[a]	1.01[b]	0.08	0.01	0.01	0.06
قابلیت هضم (٪)(%) Digestibility												
ماده خشک DM	74.63	76.68	74.80	78.45	74.71	77.57	75.65	76.63	3.52	0.59	0.13	0.65
ماده آلی OM	75.40	79.16	76.79	79.90	76.10[b]	79.53[a]	77.28	78.35	3.24	0.52	0.05	0.84
عصاره اتری EE	84.00[a]	82.04[a]	74.45[b]	82.07[a]	79.23	82.05	83.05[a]	78.26[b]	2.79	<0.01	0.06	0.005
پروتئین خام CP	76.45	77.81	78.02	76.19	77.23	77.00	77.13	77.10	2.29	0.27	0.52	0.74
الیاف نامحلول در شوینده خنثی[1] NDF	63.12	72.45	62.44	73.58	62.78[b]	73.02[a]	67.79	68.01	3.47	0.94	<0.01	0.37

[a,b] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

[a, b] different letters in each row indicate a significant difference between the rations

[1] الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی Neutral Detergent Fiber

فراسنجه‌های شکمبه

نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه: فرآوری سیلاژ سبب کاهش مقدار نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در دو و هشت ساعت بعد از تغذیه شد (جدول۴، P<۰/۰۵). همچنین در جیره‌های دارای تفاله چغندرقند مقدار نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در ساعت شش بعد از تغذیه کمتر از جیره‌های دارای دانه جو بود (P<۰/۰۵). کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گوسفندان تغذیه‌شده با سیلاژ فرآوری شده نشان‌دهنده افزایش هضم در سیلاژ فرآوری شده بود،

زیرا در زمان فرآوری، دیواره سلولی علوفه شکسته (Andrae و همکاران، ۲۰۰۱) و نیز پوسته دانه‌ها کنار رفته (Sadri و همکاران، ۲۰۰۹) و در نتیجه سبب افزایش دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه و افزایش فراهمی انرژی تخمیری شد. در نتیجه بهبود تخمیر، از بخش‌های سریع التخمیر نیتروژن جیره به‌صورت مؤثرتر برای تولید پروتئین میکروبی استفاده شد (Khezri و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۴-غلظت نیتروژن آمونیاک مایع شکمبه گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در زمان‌های مختلف

Table 4. The NH3-N concentration in the rumen fluid of sheep fed different experimental diets at different times

سطح فرآوری Silage processing	سیلاژ فرآوری شده Processed		سیلاژ فرآوری نشده Unprocessed		اثرات اصلی Main effects			احتمال معنی‌داری p.Value			MSE
سطح تفاله چغندر Beet pulp levels	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	فرآوری شده Processed	فرآوری نشده Unprocessed	فرآوری processing	تفاله pulp	اثرمتقابل interaction	
ساعت(hours)	سطح نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی لیتر)NH3-N levels (mg/dL)											
0	23.47	19.35	20.18	21.72	21.82	20.53	21.41	20.95	0.49	0.39	0.34	0.12
2	16.97	18.29	21.85	20.49	19.41	19.39	17.63[b]	21.17[a]	0.02	0.67	0.16	0.02
4	19.16	18.29	21.15	20.68	20.15	19.48	18.72	20.91	0.12	0.70	0.44	0.03
6	20.47	15.88	21.52	19.46	20.99[a]	17.67[b]	18.17	20.49	0.42	0.03	0.21	0.03
8	18.76	21.66	22.34	23.29	20.55	22.47	20.21[b]	22.81[a]	0.02	0.05	0.50	0.02

[a,b] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

[a, b] different letters in each row indicate a significant difference between the rations

در تحقیق (Baizaei و همکاران، ۲۰۱۲) گزارش شد که جایگزینی تفاله چغندرقند به جای دانه غلات در تمام سطوح سبب کاهش نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه شد. با توجه به قابلیت هضم بیشتر جیره‌های دارای تفاله چغندرقند، انرژی تخمیری بیشتری فراهم کرده و افزایش قابلیت دسترسی میکروارگانیسم‌ها به این انرژی، استفاده از نیتروژن آمونیاکی افزایش‌یافته که سبب کاهش غلظت آن در شکمبه شد. در یک تحقیق، نتایج مشابهی نیز با جایگزینی سطوح مختلف جو با تفاله چغندرقند در جیره گوساله‌های نر هلشتاین گزارش‌شده است (Mojtahedi، ۲۰۰۸). اما در مقابل نتایج یک تحقیق نشان داد که جایگزینی تفاله چغندرقند با جو در جیره‌ی بره‌های نر پرواری، تأثیری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نداشت (Bodas و همکاران، ۲۰۰۷).

pH مایع شکمبه: مقدار pH مایع شکمبه در زمان شش و هشت ساعت پس از تغذیه در جیره‌های دارای دانه جو کم‌تر از جیره‌های دارای تفاله چغندرقند بود (جدول ۵، P<۰/۰۵). زیرا نرخ تجزیه-پذیری دانه جو در شکمبه زیاد بوده بین ۸۰ تا ۹۰ درصد از نشاسته جو در شکمبه تجزیه می‌شود (Khorasani و همکاران، ۲۰۰۰) لذا تجزیه سریع نشاسته در دانه جو سبب کاهش pH شد. شش و هشت ساعت بعد از مصرف خوراک، pH شکمبه در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده کم‌تر بود. زیرا قابلیت هضم در این جیره‌ها بیشتر از جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری نشده بود (جدول ۳). زیرا فرآوری سبب می‌شود مانع فیزیکی پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی را برای هضم الیاف مختل شده و اتصال باکتری، دسترسی به آنزیم و تخمیر دیواره‌های سلولی

را افـزایش مـی‌دهـد (Andrae و همکـاران، ۲۰۰۱). مصرف بیشتر ماده خشک در جیره‌های سیلاژ فرآوری شده، نیز بر کـاهش pH تـأثیر گذاشـت (Kononoff و Heinrichs، ۲۰۰۳). در فرآوری سیلاژ مقدار زیادی از دانه‌های موجود بر روی بلال‌هـا خردشـده (Jancik و همکـاران، ۲۰۲۱) و لـذا تخمیـر بیشـتر نشاسـته در شکمبه نیز سبب کاهش pH شکمبه شد.

جدول ۵- pH مایع شکمبه گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در زمان‌های بعد از تغذیه

Table 4. The pH value of the rumen fluid of sheep fed different experimental diets at different times

سطح فرآوری Silage processing	سیلاژ فرآوری شده Processed		سیلاژ فرآوری نشده Unprocessed			اثرات اصلی Main effect			احتمال معنی‌داری p.Value			
سطح تفاله چغندر Beet pulp levels	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	فرآوری شده Processed	فرآوری نشده Unprocessed	MSE	فرآوری processing	تفاله pulp	اثرمتقابل interaction
ساعت (hours)	سطح نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی لیتر) NH3-N levels (mg/dL)											
0	6.85	6.92	6.82	6.90	6.85	6.91	6.88	6.88	0.03	0.43	0.27	0.16
2	6.67	6.52	6.60	6.53	6.63	6.52	6.59	6.56	.07	0.25	0.51	0.30
4	6.59	6.54	6.68	6.60	6.63	6.57	6.56	6.64	.05	0.23	0.19	0.09
6	6.62^{b}	6.65^{a}	6.68^{ab}	6.87^{a}	6.65^{b}	6.76^{a}	6.63^{b}	6.77^{a}	0.03	0.03	0.01	0.01
8	6.63^{b}	6.67^{b}	6.64^{b}	6.92^{a}	6.63^{b}	6.79^{a}	6.65^{b}	6.79^{a}	0.05	0.04	0.01	0.01
میانگین- Average	6.67	6.66	6.69	6.76	6.68	6.71	6.66	6.72	0.09	0.07	0.26	0.13

[a,b] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

[a, b] different letters in each row indicate a significant difference between the rations

اثر متقابل سطح فرآوری و سطح تفاله چغندرقند در شش و هشت ساعت بعد از تغذیه معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). در هشت ساعت بعد از تغذیه، جیره دارای سیلاژ فرآوری نشده و تفاله چغندرقند دارای بالاترین مقدار pH بود (P<۰/۰۵).

پروتوزوآ شکمبه: جمعیت گونه‌های سلولاتیک و کل پروتوزوآ در جیره دارای دانه جو بیشتر از جیره‌های دارای تفاله چغندر بود (جدول ۶، به ترتیب P<۰/۰۵ و P<۰/۰۵). همچنین جمعیت گونه‌های انتودینیوم و کل جمعیت پروتوزوآ در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره دارای سیلاژ فرآوری نشده بیشتر بود. در جیره‌های با سیلاژ فرآوری شده احتمالاً به سبب کوبیده شدن و تخمیر سریع‌تر، تله فیبری[1] به مقدار کم‌تری تشکیل‌شده و ذرات سریع‌تر از شکمبه عبور کرده‌اند (Sharifi Hosseini و همکاران، ۲۰۱۸). با افزایش نرخ عبور از شکمبه از تعداد پروتوزوآ کاسته می‌شود (Sylvester و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از سیلاژ فرآوری نشده، به سبب تشکیل تله فیبر بیشتر و عبور کند تر مواد خورده شده، جمعیت گونه‌های هولوتریش، سلولایتیک و انتودینیوم افزایش یافت (Hosseini و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین تعداد بیشتر پروتوزوآ انتودینیوم و کل جمعیت پروتوزوآ در جیره‌های دارای دانه جو احتمالاً سبب تجزیه‌پذیری سریع‌تر دانه جو و فراهمی بیشتر انرژی شده و درنتیجه سبب شد جمعیت باکتری‌ها و در نتیجه پروتوزوآ افزایش یابند (Ortega Cerrilla و Martínez، ۲۰۰۳).

1. Rumen mat

جدول ۶- جمعیت پروتوزوآ شکمبه در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های مختلف آزمایشی

Table 6. Rumen protozoa population in sheep fed different experimental diets

سطح فرآوری Silage processing	سیلاژ فرآوری شده Processed		سیلاژ فرآوری نشده Unprocessed		اثرات اصلی Main effects		MSE		احتمال معنی‌داری p.Value		
سطح تفاله چغندر Beet pulp levels	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	فرآوری شده Processed	فرآوری نشده Unprocessed	فرآوری processing	تفاله pulp	اثرمتقابل interaction
نوع پروتوزوآ Types of protozoa	جمعیت انواع پروتوزوآ (10^5× در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه) The population of protozoa (10^5×/ml of rumen fluid)										
انتودینیوم Entodinium	7.68^b	8.01^b	10.13^a	8.38^{ab}	8.90	8.19	7.84^b	9.25^a	0.58	0.72	0.01
هولوتریش Holotrisch	6.20^b	6.30^b	8.75^a	6.30^b	7.47	6.30	6.25	7.52	0.42	0.27	0.002
سلولایتیک cellulolytic	0.84^a	0.65^b	0.87^a	0.71^{ab}	0.85^a	0.68^b	0.74	0.79	0.09	0.001	0.03
کل پروتوزوآ Total protozoa	14.75^b	14.96^b	19.75^a	15.39^b	17.23^a	15.17^b	14.84^b	7.57^a	1.48	0.02	0.004

[a,b] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

[a, b] different letters in each row indicate a significant difference between the rations

اثر متقابل سطح فرآوری و سطح تفاله چغندرقند بر جمعیت پروتوزوآی هولوتریش شکمبه معنی‌دار بود و در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره دارای سیلاژ فرآوری نشده به همراه دانه جو بیشتر بود (P<۰/۰۵). همچنین اثر متقابل سطح فرآوری و سطح تفاله چغندرقند بر جمعیت کل پروتوزوآی شکمبه گوسفندان تأثیر داشت و بیشترین جمعیت کل پروتوزوآی در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره دارای سیلاژ فرآوری نشده و دانه جو بود (P<۰/۰۵).

رفتار مصرف خوراک: مدت‌زمان فعالیت خوردن در جیره های دارای سیلاژ فرآوری نشده به طور معنی-داری بیشتر ازسیلاژ فرآوری شده بود (جدول ۷، P<۰/۰۵). در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری نشده گاوها برای خرد کردن علوفه‌ها درشت و بلعیدن به زمان بیشتری نیاز داشتند (Grant و همکاران، ۲۰۲۰). فرآیند سیلاژ سبب می‌شود که دام مقادیر بیشتری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مصرف کند (Ouellet و همکاران، ۲۰۰۳)، امّا با فرآوری سیلاژ، از زمان مصرف خوراک کاسته شد. زیرا با فرآوری از اندازه علوفه سیلو شده کاسته گردید (Grant و Ferraretto، ۲۰۱۸). اثر متقابل سطح فرآوری جیره و سطح تفاله چغندرقند بر زمان مصرف خوراک معنی‌دار بود و بیشترین زمان خوردن در جیره دارای سیلاژ فرآوری نشده به همراه دانه جو بود (P<۰/۰۵).

زمان نشخوار در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده بیشتر بود (P<۰/۰۱). زیرا گرچه در جیره‌های دارای علوفه فرآوری نشده زمان نشخوار باید طولانی‌تر باشد (این سیلاژ نسبت به سیلاژ فرآوری شده درشت‌تر بودند)، اما در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده مصرف ماده خشک بیشتر، سبب افزایش زمان نشخوار شد (جدول ۳) زیرا نشخوار کردن به‌منظور خردتر شدن مواد غذایی شکمبه برای هضم بهتر صورت می‌گیرد (Kononoff و Heinrichs، ۲۰۰۳). همچنین زمان نشخوار و جویدن (دقیقه در روز) در جیره‌های دارای دانه جو بیشتر از جیره‌های دارای تفاله چغندرقند بود (P<۰/۰۱)، زیرا در جیره‌های دارای دانه جو pH شکمبه در شش و هشت ساعت بعد از مصرف خوراک کم‌تر از جیره-

هـای دارای تفالـه چغندرقنـد بـود. بـا کـاهش pH از فعالیت باکتری‌های سلولایتیک و هضم الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثـی کاسـته مـی‌شـود و بـرای جبـران کاهش هضم میکروبی علوفه سیلاژ به زمـان نشـخوار افزوده می‌شود (Russell و Wilson، ۱۹۹۶). در حدود ۸۰ درصد کاهش اندازه ذرات علوفه به دلیل نشـخوار بوده و ۲۰ درصد به سبب تخمیر میکروبـی اسـت، بـا کاهش pH شکمبه، از فعالیـت میکروبـی کاسـته و بـه زمان نشخوار افزوده می‌شود (Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳).

جدول ۷-رفتار خوراک گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های مختلف آزمایشی

Table 7. Feeding intake behavior of sheep fed with different experimental diets

سطح فرآوری Silage processing	سیلاژ فرآوری شده Processed		سیلاژ فرآوری نشده Unprocessed		اثرات اصلی Main effects				MSE	احتمال معنی‌داری p.Value		
سطح تفاله چغندر Beet pulp levels	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp	فرآوری شده Processed	فرآوری نشده Unprocessed	دانه جو Barley grain	تفاله چغندر Beet pulp		فرآوری processing	تفاله pulp	اثرمتقابل interaction
رفتار مصرف خوراک (دقیقه در روز) Feed intake behavior (minutes per day)												
مصرف eating	105.0^{c}	115.0^{b}	126.2^{a}	115.0^{b}	110.0^{b}	120.6^{a}	115.6	115.0	4.73	<0.01	0.79	<0.01
نشخوار rumination	375.0^{a}	315.0^{b}	324.7^{b}	318.0^{b}	345.0^{a}	321.4^{b}	349.9^{a}	316.5^{b}	3.88	<0.01	<0.01	<0.01
جویدن chewing	480.0^{a}	430.0^{b}	451.0^{ab}	433.0^{b}	455.0	442.0	465.5^{a}	431.0^{b}	41.41	0.28	0.04	0.03
استراحت Resting	960.0	1010	989.0	1007.0	985.0	997.5	974.5	1009.0	65.01	0.21	0.06	0.14
زمان مصرف خوراک به ازای مصرف هر کیلو (دقیقه) Feed intake time per kg (minutes)												
ماده خشک DM	63.7^{b}	67.5^{ab}	72.75^{a}	66.8^{ab}	65.60	69.77	68.22	67.15	3.69	0.17	0.25	0.02
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF[1]	62.2^{b}	66.7^{ab}	71.3^{a}	66.9^{ab}	66.45	69.10	66.75	66.80	5.47	0.36	0.41	0.01
زمان نشخوار به ازای مصرف هر کیلو (دقیقه) Rumination time per kg (minutes)												
ماده خشک DM	187.5^{a}	163.3^{b}	166.7^{b}	164.4^{b}	175.4^{a}	165.6^{b}	177.1^{a}	163.8^{b}	15.68	<0.01	0.01	<0.01
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF[1]	199.7^{a}	175.9^{b}	178.6^{b}	176.8^{b}	187.8^{a}	177.7^{b}	189.2^{a}	176.3^{b}	16.35	<0.01	0.03	<0.01
فعالیت جویدن به ازای مصرف هر کیلو (دقیقه) chewing time per kg (minutes)												
ماده خشک DM	253.6	242.4	248.9	243.3	248.0	246.1	251.2	242.8	4.57	0.26	0.09	0.17
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF [1]	264.5^{a}	253.7^{b}	255.4^{a}	252.8^{b}	259.1	254.3	260.0	253.2	7.21	0. 15	0.32	0.01

[a,b] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

[a, b] different letters in each row indicate a significant difference between the rations

۱-الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی Neutral Detergent Fiber

زمان فعالیت جویدن در جیره‌های دارای دانه جـو بیشتر از جیره‌های دارای تفاله چغندرقند بود. همچنین اثر متقابل سطح فرآوری و سطح تفالـه چغندرقنـد بـر زمان فعالیـت جویـدن معنـی‌دار بـود. بیشـترین زمـان جویدن مربوط به گوسفندان تغذیه شده با جیـره دارای سیلاژ فرآوری شده همراه با دانه جو بود (P<۰/۰۵).

اثر متقابل سطح فرآوری و سطح تفالـه چغندرقنـد بر زمان فعالیت مصرف خوراک بـه ازای مصـرف هـر

کیلو ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (دقیقه) معنی‌دار بود (به ترتیب، P<۰/۰۲ و P<۰/۰۱). فرآوری سیلاژ و دانه جو نیز به طور معنی‌دار سبب افزایش زمان نشخوار به ازای هر کیلو ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (دقیقه) شد (P<۰/۰۵). زیرا در جیره‌های دارای دانه جو pH در شش و هشت ساعت بعد از مصرف خوراک پایین‌تر از جیره‌های دارای تفاله چغندرقند بود، در نتیجه کاهش pH، تخمیر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در شکمبه کاهش یافت و برای جبران به زمان نشخوار افزوده شد (Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳). بیشترین زمان نشخوار به ازای هر کیلو ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی (دقیقه) در جیره دارای سیلاژ فرآوری شده به همراه دانه جو بود.

فعالیت جویدن، اثر متقابل سطح فرآوری و سطح تفاله چغندرقند بر فعالیت جویدن به ازای هر کیلو الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی، معنی‌دار بود (P<۰/۰۱)، و بیشترین زمان در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده و فرآوری نشده به همراه دانه جو بود. زیرا در جیره‌های دارای دانه جو با کاهش pH شکمبه از میزان تخمیر الیاف کاسته شده که با افزایش زمان فعالیت جویدن (جویدن= نشخوار+مصرف) جبران نمی‌شود (Maulfair و Heinrichs، ۲۰۱۳؛ Sharifi Hosseini و همکاران، ۲۰۱۸)

نتیجه‌گیری

فرآوری علوفه ذرت سبب شد در سیلاژ فرآوری شده، مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی کاهش یابد، امّا فرآوری سبب افزایش pH و عصاره اتری در مواد سیلویی شد. اثرات متقابل سطح فرآوری سیلاژ و جیره‌های دارای دانه جو و یا تفاله چغندرقند بر جمعیت پروتوزوآی انتودینیوم، هولوتریش و کل پروتوزوآ معنی‌دار بود، زیرا در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده، دانه جو و تفاله چغندرقند، تأثیر معنی-داری بر جمعیت آن‌ها نداشت. امّا در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری نشده، جمعیت آن‌ها در جیره‌های دارای دانه جو بیشتر بود. اثر متقابل سطح فرآوری سیلاژ و جیره‌های دارای دانه جو و تفاله چغندرقند بر زمان نشخوار و جویدن (دقیقه در روز) معنی‌دار بود، زیرا در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری شده این زمان‌ها در جیره‌های دارای دانه جو، طولانی‌تر از جیره‌های دارای تفاله چغندرقند بود. امّا در جیره‌های دارای سیلاژ فرآوری نشده تفاوت‌ها بین جیره‌های دارای دانه جو و تفاله چغندرقند معنی‌دار نبود. تأثیر فرآوری بر پاسخ‌های حیوانی بیشتر از تأثیر دانه جو و یا تفاله چغندرقند بود.

منابع

Abo-Zeida, H.M., El-Zaiata, H.M., Morsyb, A.S., Attiaa, M.F.A., Abazaa, M.A. and Sallama, S.M.A. 2017. Effects of replacing dietary maize grains with increasing levels of sugar beet pulp on rumen fermentation constituents and performance of growing buffalo calves. Animal Feed Science and Technology, 234: 129-139.

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Mohammadniaafrozi S., Esfandiaripour, A. and Taghani, R. 2021. Agricultural statistics of the crop year 1399-1398, the first volume of crops, Ministry of Jihad Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center. (In Persian).

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.

Allen, M.S., Coors, J.G. and Roth, G.W. 2003. Corn Silage. Pages 547–608 in Silage Science and Technology. D. R. Buxton, R. E. Muck. and H. J. Harrison, ed. ASA, CSA, and SSSA, Madison, WI.

AOAC (2005) Official Methods of Analysis of AOAC International, Maryland, USA. 18th ed. Association of official analytical chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Baizaei, R., Sari, M., Bujarpour, M., Chaji, M. and Islami M. 2012. The effect of replacing starch with soluble fiber on nutrient digestibility and carcass characteristics of sheep fed with high-concentrate diets and gas production of low-quality fodder sources. Journal of Ruminant Research, 4: 47-64. (In Persian).

Bhatti, S.A, and Firkins, J.L. 1995. Kinetics of hydration and functional specific gravity of fibrous feed by-products. Journal of Animal Science, 73:1449-1458.

Bichsel, S.E. 1988. An overview of the U.S. beet sugar industry, Chemistry and Processing of Sugar beet and Sugarcane. Elsevier, NewYork.

Bodas, R., Giraldez, F.J., Lopez, S., Rodrıguez, A.B. and Mantecon, A.R. 2007. Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. Small Ruminant Research, 71: 250-254.

Evans, E. and Messerschmidt, U. 2017. Review: Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. Journal of Animal Science and Biotechnology, 8: 25-34.

Ferraretto, L.F. and Shaver, R.D. 2012. Meta-analysis: Effect of corn silage harvest practices on intake, digestion, and milk production by dairy cows. The Professional Animal Scientist, 28: 141-149.

Ghadami Kohestani, M., Teimouri Yansari, A. and Rezaei, M. 2011. Effects of partial replacement of barley with sugar beet pulp on pre- and post-partum performance of Zel ewes. South African Journal of Animal Science, 41: 256-264.

Grant, R., Smith W. and Miller M. 2020. Relationships between Fiber digestibility and particle size for lactating dairy cows. WCDS Advances in Dairy Technology, 32: 47-57.

Grant, R.J. and Ferraretto, L.F. 2018. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. Journal of Dairy Science, 101: 4111-4121.

Higginbotham, G.E., Mueller, S.C., Bolsen, K.K. and Depeters, E. J. 1997. Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. Journal of Dairy Science, 81: 2185–2192.

Horiguchi, K.I. and Takahashi, T. 2007. Fermentation quality and nutritive value of green soybean stover silage. Grassland Science, 53: 27-31.

Hosseini, Z., Sharifi Hosseini, M.M., Dayani, A. and Tahmasabi, R. 2014. Effect of barley silage particle size and two levels of sugar beet pulp on diet physical characteristics, feed consumption, nutrient digestibility, and microbial protein synthesis and feed consumption behavior in Kermani sheep. Master's thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (In Persian).

Kazemi, F., Ghoorchi, T., Dastar B., Eshraghi F., 2016. Investigating the effects of replacement barley seeds with processed corn seeds on profitability of Afshary fattening lambs. Journal of Ruminant Research, 4 (1): 39-54. (In Persian).

Khezri, A., Rezayazdi, K., Danesh Mesgaran, M. and Moradi Shahrbabak, M. 2009. Effect of different rumen-degradable carbohydrates on rumen fermentation, nitrogen metabolism and lactation performance of Holstein dairy Cows. Asian-Australasian Journal of Animal Science, 5:651-658.

Khorasani, P., Helm, J. and Kennelly J.J. 2000. *In situ* rumen degradation characteristics of sixty cultivars of barley grain. Canadian Journal of Animal Science, 80: 691-701.

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.

Kononoff, P.J. and Heinrichs, A.J. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. Journal of Dairy Science, 86: 1445-1457.

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: 3085-3097.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G. 2011. *Animal Nutrition*. 7th ed. Prentice Hall, Essex, UK.

McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S.J.E. 1991. Biochemistry of Silage. Second Edition, chalcombe Publications, Marlow, U.K.

Mojtahedi, M. 2008. Physical and chemical composition, gas production parameters and *in situ* ruminal degradability of dried sugar beet pulp and its effects on rumen fermentation of Holstein steers. Msc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).

Mustafa, M.M.M. 2011. Effect of dried olive oil by-product supplementation to ration on the performance of local ewes and their lambs. Isotope and Radiation Research, 40: 507-518.

Nikkhah, A. 2012. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy. Journal of Animal Science and Biotechnology, 3*:* 1-9.

NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and NewWorld Camelids. National Academy Press, Washington, DC, 384 pp.

Ogimoto, k. and Imai, s. 1981. Atlas of rumen microbiology. Japan Scientific Press, Tokyo, Japan.

Ortega Cerrilla, M.E. and Martínez, G.M. 2003. Starch digestion and glucose metabolism in the ruminant: A review. Interciencia, 28: 380-386.

Ouellet, D.R., Lapierre, H. and Chiquette J. 2003. Effects of corn silage processing and amino acid supplementation on the performance of lactating dairy cows. Journal of dairy Science, 86: 3675–3684.

Rooke, J.A., Maya, F.M., Arnold, J.A. and Armstrong, D.G. 1998. The chemical composition and nutritive value of grass silages prepared with no additive or with the application of additives containing either *Lactobacillus plantarum* or formic acid. Grass Forage Science, 43: 87-95.

Russell, J.B. and Wilson, D.B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? Journal of Dairy Science, 79: 1503-1509.

Rymer, C. 2000. The measurement of forage *in vivo* digestibility. In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, Edited by Givens, D.I., Owen, E., Omed, H.M. and Axford. R.F.E. 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.

SAS 2005. SAS User,s Guide. SAS Institute Inc. Version 9.1. Cary, NC, USA.

Samadi, H., Teimouri Yansari, A., Golchin, S. and the Taghavi H. 2013. The effect of Iranian clover silage processed with easily digestible carbohydrates and enzymes on feed intake, digestibility, chewing behavior and weight gain in Zel sheep. Livestock Production Research, 5(9) 69-82.

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.

Sharifi Hosseini, M.M., Torbati Nejad, N., Teimouri Yansari A., Hasani S., Goorchi, T. and Tahmasbi R. 2018. The effects of corn silage particles size and fat supplement on feed intake, digestibility, ruminal function, chewing activity, and performance in mid-lactating Holstein dairy cows. Journal of Livestock Science and Technologies, 6: 21-32.

Sylvester, J.T., Karnati, S.K.R., Dehority, B.A., Morrison, M., Smith, G.L. St-Pierre, N.R. and Firkins J.L. 2009. Rumen ciliated protozoa decrease generation time and adjust 18S ribosomal DNA copies to adapt to decreased transfer interval, starvation, and monensin. Journal of Dairy Science, 92:256–269.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and 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.

Voelker, J.A. and Allen, M.S. 2003. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 3. Effects on ruminal fermentation, pH, and microbial protein efficiency in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 86: 3562-3570.

Weatherburn, W. 1967. Phenol-Hypochlorite Reaction for Determination of Ammonia. Analytical Chemistry, 39: 8: 971–974.

Yahaya, M.S., Kawai, M., Takahashi, J. and Matsuoka, S. 2002. The effects of different moisture content and ensiling time on silo degradation of structural carbohydrate of orchard grass. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 15: 213-217.