Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

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

The effect of Cactus-alfalfa mixed silage on sheep feed intake, nutrient digestibility, microbial protein synthesis, rumen and blood parameters

Ahmad Karimi[1], Omid Dayani[2*], Mohammad Mehdi Sharifi-Hoseini[3], Zohreh Hajalizadeh[4]

[1]Msc. Student of Animal Nutrition, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[2] Professor of Animal Nutrition, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: odayani@uk.ac.ir
[3]Assistant Professor of Animal Nutrition, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[4]PhD Graduate of Animal Nutrition, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 01/12/2023
Revised: 03/06/2023
Accepted: 03/07/2023

Keywords:
Digestibility
Dry matter intake
Gas production
Semi-arid region
Silage
Spineless cactus

ABSTRACT

Background and Objectives: Drought has had adverse effects on the animal husbandry industry, causing a decrease in livestock population and performance. In this regard, changing the cultivation pattern and replacing water-resistant species can be a suitable solution for this problem. However, due to low levels of protein and dry matter (DM), animals fed exclusively with cactus pear may show weight loss, and digestive disorders such as diarrhea. Combining cactus, which is high in soluble sugars, with high fiber and raw protein ingredients could complement each other's weaknesses and form a balanced diet. Therefore, this study aimed to investigate the effect of feeding different levels of cactus-alfalfa mixed silage on nutrient digestibility, rumen fermentation, and blood parameters.

Materials and Methods: The silage was prepared from a homogeneous blend of 66% fresh spineless cactus (*Opuntia ficus indica*) and 34% alfalfa hay on a w/w basis using 220 L plastic gallons. The chemical composition and quality of the ensiled material were determined. The samples were taken to determine the chemical composition after ensiling on day 45. In this experiment, a change-over design was employed, involving four Kermani male sheep across four periods of 21 days each. The experimental treatments involved varying levels of cactus-alfalfa mixed silage (0%, 10%, 20%, and 30% DM). During the sampling week, the daily amount of feed offered and leftovers were recorded before the morning feeding to measure daily feed intake (on a DM basis) and digestibility of nutrients. On the final day of each period, rumen fluid was sampled from sheep (by esophagus tube and was filtered through three layers of cheesecloth) at 0, 2, 4, 6, and 8 h after morning feeding. The samples were used to determine pH, ammonia nitrogen (NH_3-N), and volatile fatty acid (VFA). The blood samples were collected on the fourth day of each period, three hours after the morning feeding, in 10 ml tubes. To determine the allantoin level and microbial protein synthesis, the daily excreted urine was collected during 24 hours.

Results: The gas production volume (ml) showed a significant difference among experimental diets ($P<0.05$). The digestibility of fat and neutral detergent fiber (NDF) increased in animals fed 30% cactus-alfalfa mixed

silage compared to those fed 10% and 20% cactus-alfalfa mixed silage, and the control diet ($P<0.05$). Similarly, there was a quadratic effect on digestibility of DM, organic matter (OM), and acid detergent fiber (ADF) when feeding various levels of cactus-alfalfa mixed silage ($P<0.05$). The highest concentration of ruminal NH_3-N was observed in the experimental diet containing 30% cactus-alfalfa mixed silage during all sampling occasions ($P<0.05$). The inclusion of cactus-alfalfa mixed silage at levels of 20% and 30% in the diet resulted in a linear increase in ruminal propionic acid molar concentration. Simultaneously, there was a linear decrease in acetic acid concentration and acetate/propionate ratio following these treatments ($P<0.05$). The addition of various levels of cactus-alfalfa mixed silage had a notable impact on triglyceride and urea-nitrogen concentrations ($P<0.05$). The blood urea nitrogen level in sheep fed cactus-alfalfa mixed silage exhibited a significant linear increase ($P<0.05$).

Conclusion: The results of this study indicated that cactus-alfalfa mixed silage has appropriate nutritional value, when included in diets at up to 30% of DM, exhibits suitable nutritional value. Moreover, it creates favorable conditions for ruminal function and digestibility. Therefore, it is recommended that cactus-alfalfa mixed silage could be included in livestock diet during drought or shortage of feedstuff, especially in arid and semi-arid regions.

Cite this article: Karimi, A., Dayani, O., Sharifi-Hoseini, M.M., Hajalizadeh, Z. (2023). The effect of Cactus-alfalfa mixed silage on sheep feed intake, nutrient digestibility, microbial protein synthesis, rumen and blood parameters. *Journal of Ruminant Research*, 11(4), 15-34.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejrr.2023.20971.1881
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

تأثیر سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای–یونجه بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، سنتز پروتئین میکروبی، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گوسفند کرمانی

احمد کریمی[۱]، امید دیانی[۲*]، محمدمهدی شریفی‌حسینی[۳]، زهره حاج‌علیزاده[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۲] استاد تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، رایانامه: odayani@uk.ac.ir
[۳] استادیار تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۴] دانش‌آموخته دکتری تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

واژه‌های کلیدی:
تولید گاز
سیلاژ
قابلیت هضم
کاکتوس علوفه‌ای
ماده خشک مصرفی
مناطق نیمه‌خشک

چکیده

سابقه و هدف: پدیده خشک‌سالی اثرات نامطلوبی بر صنعت دام‌پروری گذاشته و سبب کاهش جمعیت و عملکرد دام‌ها شده است. ازاین‌رو جایگزینی گونه‌های مقاوم به کم‌آبی مانند کاکتوس علوفه‌ای که نسبت به وضعیت نامساعد محیطی مقاومت بالایی دارند، می‌تواند راهکار مناسبی برای جبران خسارت‌های به‌عمل‌آمده باشد. اما به دلیل پایین بودن ماده خشک و پروتئین خام، نشخوارکنندگانی که تنها از این گیاه تغذیه می‌کنند ممکن است دچار اختلالات هضم مانند اسهال و کاهش وزن شوند. بنابراین ترکیب کاکتوس علوفه‌ای که دارای کربوهیدرات بالاست با مواد خوراکی دارای الیاف و پروتئین بالا، می‌توانند یک ترکیب متعادل را به وجود آورند. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تغذیه سطوح مختلف سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای با یونجه خشک بر مصرف خوراک، فراسنجه‌های شکمبه و تولید پروتئین میکروبی بود.

مواد و روش‌ها: برای تهیه سیلاژ، کاکتوس علوفه‌ای به میزان ۶۶ کیلوگرم و یونجه خشک به میزان ۳۴ کیلوگرم به‌صورت همگن مخلوط و در بشکه‌های پلاستیکی ۲۲۰ لیتری فشرده شد. نمونه‌برداری از سیلاژ پس از سیلو کردن در روز ۴۵، برای تعیین ترکیب شیمیایی سیلاژها انجام شد. در این آزمایش از چهار رأس گوسفند نر نژاد کرمانی با میانگین وزنی ۰/۲±۴۳ کیلوگرم و سن ۲/۵ سال در قالب طرح چرخشی در چهار دوره ۲۱ روزه (۱۶ روز عادت‌پذیری) استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل جیره شاهد (سطح صفر) و جیره‌های دارای سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای–یونجه بودند. ابتدا حجم گاز تولیدی از جیره‌های آزمایشی تعیین شد. به‌منظور تعیین مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی، در هفته نمونه‌گیری، نمونه خوراک و باقیمانده خوراک روزانه جمع‌آوری، توزین و آنالیز شیمیایی شد. در روز آخر هر دوره نمونه‌گیری از مایع شکمبه هر گوسفند در ساعات صفر، دو، چهار، شش و هشت ساعت پس از مصرف خوراک توسط لوله مری متصل به دستگاه ساکشن، جهت تعیین pH، نیتروژن آمونیاکی، جمعیت پروتوزوآ و اسیدهای چرب فرار نمونه‌گیری به‌عمل‌آمده آمد. در روز چهارم هر دوره، سه ساعت پس از مصرف خوراک، خون‌گیری از دام‌ها از طریق ورید

وداج جهت تعیین فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون انجام گرفت. به‌منظور تعیین میزان آلانتوئین و پروتئین میکروبی، ادرار تولیدی در روزهای نمونه‌گیری در طول ۲۴ ساعت با ظرف‌هایی که در زیر قفس‌های متابولیکی قرار داشت جمع‌آوری شد.

یافته‌ها: حجم گاز تولیدی از جیره‌های آزمایشی به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (P<۰/۰۵). قابلیت هضم چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با جیره دارای ۳۰ درصد سیلاژ از گروه شاهد و جیره‌های دارای ۱۰ و ۲۰ درصد سیلاژ بیشتر بود (P<۰/۰۰۱). هم‌چنین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با افزودن سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه به جیره، به‌صورت درجه دو افزایش یافت (P=۰/۰۲۶). بیشترین غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در تمامی ساعات نمونه‌گیری با تغذیه جیره دارای ۳۰ درصد سیلاژ (با میانگین ۱۹/۵ گرم در دسی‌لیتر) مشاهده شد (P<۰/۰۰۱). هم‌چنین درصد مولاری اسید پروپیونیک با استفاده از ۲۰ و ۳۰ درصد سیلاژ به‌صورت خطی افزایش و درصد مولاری اسید استیک و نسبت اسید استیک به اسید پروپیونیک به‌صورت خطی کاهش یافت (P=۰/۰۰۱). غلظت نیتروژن اوره‌ای (P=۰/۰۳) و تری‌گلیسرید (P=۰/۰۱) خون تحت تأثیر افزودن سطح سیلاژ کاکتوس-یونجه تغییر کرد که بیشترین مقدار نیتروژن اوره‌ای و کمترین میزان تری‌گلیسرید در جیره دارای ۳۰ درصد سیلاژ و به ترتیب ۱۸/۲۹ و ۳۹ میلی‌گرم بود. مقدار اوره ادرار در گوسفندان با افزایش سطح سیلاژ کاکتوس-یونجه در جیره به‌صورت خطی افزایش یافت (P=۰/۰۳).

نتیجه‌گیری: سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه از ارزش تغذیه‌ای مطلوبی برخوردار است و اضافه کردن آن به جیره گوسفندان کرمانی سبب حفظ شرایط بهینه شکمبه و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی شد. بنابراین می‌توان از مخلوط کاکتوس علوفه‌ای و یونجه خشک تا سطح ۳۰ درصد در جیره گوسفندان به‌عنوان خوراک جایگزین برای جبران کمبود خوراک دام در فصول گرم و در مناطق نیمه‌خشک بهره برد.

استناد: کریمی، ا.، دیانی، ا.، شریفی‌حسینی، م.م.، حاج‌علیزاده، ز. (۱۴۰۲). تأثیر سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، سنتز پروتئین میکروبی، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گوسفند کرمانی. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۱(۴)، ۳۴-۱۵

DOI: 10.22069/ejrr.2023.20971.1881

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تقریباً ۴۰ درصد از سطح خشکی‌های کره زمین را تشکیل می‌دهند و جمعیتی حدود دو میلیارد نفر در این مناطق زندگی می‌کنند. هم‌زمان با تغییرات آب‌وهوایی، افزایش دما و خشک‌سالی‌های فراوان در مناطق مختلف جهان، تقاضا برای پروتئین حیوانی روند فزاینده‌ای داشته است (FAO، ۲۰۱۱). از طرفی پدیده خشک‌سالی اثرات نامطلوبی بر صنعت دام‌پروری گذشته و سبب کاهش جمعیت و عملکرد دام‌ها شده است. ازاین‌رو جایگزینی گونه‌های مقاوم به کم‌آبی مانند کاکتوس علوفه‌ای که نسبت به وضعیت نامساعد محیطی (درجه حرارت بالا، خشکی‌های طولانی‌مدت و خاک‌های فقیر) مقاومت بالایی دارند، می‌تواند راهکار مناسبی برای جبران خسارت‌های به‌عمل‌آمده باشد.

کاکتوس علوفه‌ای (*Opuntia ficus indica*) گیاهی بوته‌ای متعلق به خانواده *Cactaceae*، است و دارای سرعت رشد بالا بوده که به دلیل داشتن مقدار فراوان کربوهیدرات غیرالیافی به‌عنوان منبع عالی انرژی و تأمین علوفه برای دام‌ها به شمار می‌آید (Melo و همکاران، ۲۰۰۳). کارایی مصرف آب این گیاه بالا است به‌طوری‌که نقش این گیاه به‌عنوان منبع آب برای حیوانات ساکن مناطق خشک قابل‌توجه می‌باشد (Pereira و همکاران، ۲۰۲۱). اما به دلیل پایین بودن ماده خشک و پروتئین خام، حیواناتی که تنها از این گیاه تغذیه می‌کنند ممکن است دچار کاهش وزن، کاهش چربی شیر و هم‌چنین اختلالات هضم مانند اسهال شوند (Tegegne و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین زمانی که کاکتوس علوفه‌ای با سایر منابع الیاف مورداستفاده قرار می‌گیرد، سطح ماده خشک بالا رفته و به دلیل افزایش الیاف مؤثر فیزیکی، می‌تواند سبب تحریک نشخوار و افزایش جریان بزاق و حفظ ظرفیت بافری شکمبه شود (Li و همکاران، ۲۰۱۴).

ترکیب کاکتوس علوفه‌ای که دارای قند بالا اما پروتئین خام و ماده خشک پایین بوده با مواد خوراکی دارای الیاف و پروتئین بالا می‌توانند یک ترکیب متعادل را به وجود آورند و جهت تغذیه دام در مناطق نیمه‌خشک استفاده شوند (Nourollahi Ravari و همکاران، ۲۰۲۱). طی پژوهشی Gusha و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند ترکیب کاکتوس علوفه‌ای و علوفه خشک گیاهان لگومینه (بومی منطقه) سبب بهبود محتوی ماده خشک و نیتروژن کل در محصول نهایی شد. در تحقیقی، Taasoli و همکاران (۲۰۱۱)، کاکتوس علوفه‌ای منطقه غرب ایران را در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از تکنیک تولید گاز مورد ارزیابی قراردادند. طبق گزارش آن‌ها، کاکتوس علوفه‌ای می‌تواند با تأمین مواد آلی قابل‌دسترس بین علوفه لگومینه، ضایعات حاصل از محصولات کشاورزی و منابع نیتروژن غیر پروتئینی ارتباط برقرار کند. هم‌چنین اضافه کردن کاکتوس علوفه‌ای تخمیری به سیلاژ ذرت، سبب افزایش کیفیت مواد مغذی سیلاژ شده و ترکیب این گیاه با کنجاله زیتون و سبوس گندم، سبب افزایش وزن روزانه و بهبود کیفیت گوشت بره‌ها شد (Abidi و همکاران، ۲۰۱۳؛ Gonzalez و همکاران، ۲۰۱۹). در ایران، Nourollahi Ravari و همکاران (۲۰۲۲) اثر تغذیه مخلوط کاکتوس علوفه‌ای و یونجه خشک را در جیره بزهای شیری سانن موردبررسی قرار داده و اعلام کردند تأثیر جیره‌های آزمایشی بر تولید شیر دام‌ها یکسان بوده و جیره دارای ۳۰ درصد سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه سبب افزایش درصد پروتئین شیر شد. با توجه به بررسی منابع صورت گرفته توسط نویسندگان، اطلاعات به‌نسبت محدودی در مورد تغذیه سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای در دسترس است، بنابراین لازم است تأثیر تغذیه سیلاژ کاکتوس علوفه-

ای در دام‌های بومی مناطق ایران موردمطالعه قرار گیرد. ازاین‌رو هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تغذیه سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه بر مصرف خوراک، قابلیت‌هضم مواد مغذی، سنتز پروتئین میکروبی، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گوسفند نژاد کرمانی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی پرورش دام سبک (بخش مهندسی علوم دامی) دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. کاکتوس علوفه‌ای بدون خار از مزرعه‌ای واقع در دانشگاه آزاد اِوز در جنوب استان فارس تهیه و به ایستگاه تحقیقاتی منتقل شد. برای تهیه سیلاژ، پدهای کاکتوس توسط کارد به‌صورت طولی و عرضی به قطعات پنج سانتی‌متر برش داده شد و یونجه خشک توسط چاپر به قطعات پنج سانتی‌متری خرد شد. سپس کاکتوس علوفه‌ای به میزان ۶۶ کیلوگرم و یونجه خشک به میزان ۳۴ کیلوگرم بدون ماده افزودنی و به‌صورت همگن مخلوط و در بشکه‌های پلاستیکی ۲۲۰ لیتری فشرده شد. نمونه‌برداری از هر بشکه در روزهای ۴۵ پس از سیلو کردن برای تعیین ترکیب شیمیایی سیلاژها (ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری و خاکستر) بر اساس روش‌های استاندارد (انجمن رسمی شیمی‌دانان کشاورزی، ۲۰۰۵)، انجام شد. الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Van Soast، ۱۹۹۱) و اسیدی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. انرژی قابل متابولیسم سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه با استفاده از رابطه‌های تولید گاز در ۲۴ ساعت محاسبه شد (Menke و همکاران، ۱۹۷۹):

(۱)

ME(Mcal/Kg)= ۲/۲۰ +۰/۱۳۶× گاز تولیدی در ۲۴ ساعت +۰/۰۵۴۷× پروتئین خام

میزان pH (Eguchi و همکاران، ۲۰۰۸) و نیتروژن‌آمونیاکی (Broderick و Kang، ۱۹۸۰) سیلاژها بلافاصله پس از باز کردن بشکه‌ها و تهیه نمونه از آن، به ترتیب به‌وسیله pH متر قلمی دیجیتال (AZ 8686, Taiwan) و دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل CE292 Series2 شرکت CECI) اندازه‌گیری شد. برای تعیین اسیدهای چرب فرار سیلاژ از اسید کروتونیک به‌عنوان استاندارد داخلی و دستگاه کروماتوگرافی گازی با ستون موئینه‌ای به عرض ۰/۳۲ میلی‌متر، طول ۲۵ متر، قطر ذرات داخلی ۰/۰۳ میکرون و یک شناساگر یونیزاسیون حرارتی استفاده شد (Playne، ۱۹۸۵). خصوصیات تخمیری سیلاژ در روز ۴۵ پس از سیلو کردن شامل: pH، ۴/۶؛ نیتروژن آمونیاکی (گرم در کیلوگرم نیتروژن کل)، ۶۳/۹؛ درصد اسیدلاکتیک، ۷/۵۴ و درصد اسید استیک، ۲/۱۶ بود. برای اندازه‌گیری مقدار گاز تولیدی حاصل از تخمیر نمونه‌ها، مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از جیره‌های آزمایشی برحسب ماده خشک به درون بطری‌های ۱۲۰ میلی-لیتری منتقل شدند (Menke و Steingas، ۱۹۸۸). بدین منظور از مایع شکمبه دو رأس گوسفند نر پیش از خوراک‌دهی صبح تهیه شد. فشار گاز تولیدی ناشی از تخمیر در ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از شروع انکوباسیون اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های تولید گاز از معادله ۲ استفاده شد (Ørskov و McDonald، ۱۹۷۹):

$$P= b\ (1-e^{-ct}) \qquad (۲)$$

در این رابطه، b گاز تولیدی از بخش تخمیرپذیر (میلی‌لیتر)، c نرخ تولید گاز در ساعت، t زمان نگهداری برحسب ساعت و P میزان گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان موردنظر است. داده‌های تولید گاز در نرم‌افزار اکسل فیت‌شده و سپس نمودار آن رسم گردید. پس از تعیین ترکیب شیمیایی و انرژی قابل

متابولیسم سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه، سیلاژ موردنظر در سطوح مختلف در جیره‌های آزمایشی گنجانده شد (جدول ۱). جیره‌های آزمایشی شامل: جیره شاهد (بدون سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه) و جیره‌های دارای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه بودند. از چهار رأس گوسفند نر نژاد کرمانی در قالب طرح چرخشی در چهار دوره ۲۱ روزه (۱۴ روز اول برای عادت‌پذیری و هفت روز آخر جهت نمونه‌گیری) استفاده شد. ابتدا گوسفندان وزن شده و سپس در قفس‌های متابولیکی مجهز به سیستم جمع‌آوری ادرار و مدفوع به‌صورت جداگانه قرار داده شدند. خوراک به‌صورت کاملاً مخلوط و در حد اشتها در ساعات ۸:۰۰ و ۱۷:۰۰ در اختیار حیوانات قرار گرفت، دام‌ها به‌صورت آزاد به آب دسترسی داشتند.

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (بر اساس ماده خشک)

Table 2- The ingredients and chemical composition of experimental diets (DM basis)

سطح سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه Cactus –alfalfa mixed silage level				اجزاء خوراک (درصد) Ingredients (%)	
30	20	10	0		
25.0	25.0	25.0	25.0	Alfalfa hay, chopped	یونجه خشک، خردشده
5.0	5.0	5.0	5.0	Wheat straw, chopped	کاه گندم، خردشده
0	10.0	20.0	30.0	Corn silage	سیلاژ ذرت
30.0	20.0	10.0	0	Cactus -alfalfa mixed silage	سیلاژ کاکتوس-یونجه
25.05	22.70	20.25	18.0	Barley grain, ground	دانه جو، آسیاب‌شده
5.0	5.0	5.0	5.0	Corn grain, ground	دانه ذرت، آسیاب‌شده
2.20	4.80	7.50	10.0	Canola meal	کنجاله کانولا
4.0	4.0	4.0	4.0	Wheat bran	سبوس گندم
1.75	1.50	1.25	1.0	Fat powder	پودر چربی
0.4	0.4	0.4	0.4	Calcium carbonate	کربنات کلسیم
1.3	1.3	1.3	1.3	Vitamin and mineral premix[1]	مکمل معدنی و ویتامینی
0.3	0.3	0.3	0.3	Salt	نمک سفید
				Chemical composition	**ترکیب شیمیایی**
2.36	2.38	2.38	2.39	Metabolizable energy (Mcal/Kg)	انرژی قابل‌متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم)
12.02	12.01	12.01	12.01	Crude protein (%)	پروتئین خام (درصد)
7.56	6.85	6.19	5.48	Ether extract (%)	عصاره اتری (درصد)
0.67	0.68	0.68	0.69	Ca (%)	کلسیم (درصد)
0.49	0.47	0.44	0.42	P (%)	فسفر (درصد)
34.76	36.69	37.85	39.78	NDF (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)

ویتامین A (۵۰۰۰۰۰IU)، ویتامین D3 (۱۰۰۰۰۰IU)، ویتامین E (۱۰۰IU)، و عناصر معدنی بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم شامل Fe (۳۰۰۰)، CU (۳۰۰)، Mn (۳۰۰)، Ca (۲۰۰۰)، Zn (۳۰۰۰)، P (۹۰۰۰۰)، Co (۱۰۰)، Na (۵۰۰۰۰)، I (۱۰۰)، Mg (۱۹۰۰۰) و Se (۰/۱).

[1] Each kg contains 500,000 IU of Vitamin A; 100,000 IU of Vitamin D_3; 100 IU of Vitamin E; 3000 mg Fe; 300 mg Cu; 300 mg Mn; 2000 mg Ca; 3000 mg Zn; 90,000 mg P; 100 mg Co; 50,000 mg Na; 100 mg I; 19,000 mg Mg; and 0.1 mg Se.

به‌منظور تعیین مصرف خوراک و قابلیت‌هضم مواد مغذی، نمونه از خوراک و باقیمانده خوراک در ۵ روز نهایی هر دوره (روز ۱۷ تا ۲۱) جمع‌آوری، توزین و آنالیز شیمیایی شد. سپس با استفاده از اختلاف بین

ماده خشک دریافتی و ماده خشک باقیمانده، میزان مصرف خوراک روزانه (بر اساس ماده خشک) محاسبه شد. قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Tahmoorespur و Tahmasbi، ۲۰۰۸).

(۳)

قابلیت‌هضم ظاهری = [(A-B)–C]/(A-B)×۱۰۰

در این رابطه، A: میانگین ماده خشک داده‌شده به حیوان در روز (کیلوگرم)؛ B: میانگین ماده خشک باقی‌مانده در روز (کیلوگرم) و C: میانگین مدفوع حیوان در روز (کیلوگرم) است.

در روز چهارم هر دوره و سه ساعت پس از مصرف خوراک، خون‌گیری از گوسفندان از طریق سیاهرگ وداج انجام گرفت (Tietz، ۱۹۹۵). سپس نمونه‌ها به لوله‌های دارای مواد ضد انعقاد (K-EDTA) منتقل و برای جدا کردن پلاسما، در داخل سانتریفیوژ با ۵۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه قرار گرفت. گلوکز، کراتینین، پروتئین کل، نیتروژن اوره‌ای، تری‌گلیسیرید و کلسترول با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل XB10 انگلیس) اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری از مایع شکمبه در روز آخر هر دوره و در زمان‌های پیش از مصرف خوراک (صفر) و در سه، شش و نه ساعت پس از مصرف خوراک توسط لوله مری متصل به دستگاه ساکشن، انجام شد. بلافاصله پس از نمونه‌گیری، pH نمونه‌ها با دستگاه pH متر قلمی دیجیتالی (مدل AZ 8686) تعیین و پس از صاف کردن با پارچه کتانی، جهت تهیه نیتروژن آمونیاکی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. ده میلی‌لیتر از مایع شکمبه‌ی صاف‌شده نیز با ۱۰ میلی‌لیتر محلول Methylgreen-formalin-Salin (MFS) (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 نوری (Olympus CH-2) با بزرگنمایی ۱۵۰۰ (هر نمونه پنج‌بار) شمارش شدند.

ادرار تولیدی در ۷ روز نمونه‌گیری در طول ۲۴ ساعت جمع‌آوری شد. بدین‌جهت، ظروف جمع‌آوری ادرار از قبل وزن شده و در ساعت ۸ صبح تا روز بعد در زیر قفس‌های متابولیکی قرار گرفتند. به‌منظور جلوگیری از رشد باکتری‌ها و اتلاف نیتروژن ادرار در زمان جمع‌آوری، در صورت لزوم با افزودن اسیدسولفوریک ۰/۱ درصد به ظرف جمع‌آوری، به کمتر از ۳ کاهش داده شد. نمونه‌های ادرار هر حیوان، در پایان دوره باهم مخلوط و ۲۰ میلی‌لیتر از آن برای تجزیه آزمایشگاهی در دمای ۵- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Chen و Gomes، ۱۹۹۵). مقدار آلانتوئین موجود در نمونه‌ها پس از قرائت در طول‌موج ۵۲۲ نانومتر مشخص شد. سپس با استفاده از خط استاندارد، میزان آلانتوئین محاسبه و نتایج جمع‌آوری گردید. میزان دفع روزانه آلانتوئین ادراری (میلی‌مول در روز)، دفع کل مشتقات پورین بر اساس میلی‌مول در روز (فرض بر این است که میزان دفع آندوژنوسی مشتقات پورینی در گوسفند ۲ میلی‌مول در روز است) و تولید نیتروژن میکروبی (گرم نیتروژن در روز) به ترتیب با روابط زیر محاسبه شد (Chen و Gomes، ۱۹۹۵):

(۴) دفع کل پورین ترشح‌شده در ادرار (میلی‌مول در روز) = آلانتوئین ادراری×۰/۸۹ + ۰/۵۴

(۵) $Pa = MN \div 0.727$

(۶) $Pa + 0.84\ PDA = 2$

(۷) $$\text{Microbial Nitrogen} = \frac{x\left(\frac{mmol}{day}\right)\times 70}{0.116\times 0.83\times 1000}$$

در این رابطه‌ها: Pa پورین جذب‌شده (میلی‌مول در روز)، MN نیتروژن میکروبی (گرم نیتروژن در روز) و x میزان جذب پورین‌ها (میلی‌مول در روز) است.

داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار Excel مرتب شد و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از روش GLM در قالب طرح چرخشی در نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۵)، صورت گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد. اثرات تیمار در تمامی متغیرها به اثرات خطی (Linear) و درجه‌دو (Quadratic) تفکیک و جداسازی شد. برای ارزیابی تأثیر افزایش سطوح سیلاژ مخلوط کاکتوس ـ یونجه روی متغیرهای ارزیابی‌شده از مدل‌های آماری (۸) و (۹) استفاده شد. مدل آماری برای صفاتی که در طی زمان اندازه‌گیری دارای تکرار بودند (pH، نیتروژن آمونیاکی و پروتوزوآی شکمبه) به‌صورت رابطه (۸) بود.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + C_k + Z_m + ZT_{mi} + e_{ijk} \quad (۸)$$

برای صفاتی که در طی زمان اندازه‌گیری دارای تکرار نبود (مادهٔ خشک مصرفی، گوارش‌پذیری، فرا سنجه‌های خون و سنتز پروتئین میکروبی) به‌صورت رابطه (۹) بود.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + C_k + e_{ijk} \quad (۹)$$

در این مدل‌ها: Y_{ijk}= متغیر وابسته (صفت اندازه‌گیری شده)، μ= میانگین جامعه برای صفت موردمطالعه، T_i= اثر جیره، P_j= اثر دوره، C_k= اثر حیوان، E_{ijk}= اثر باقی‌مانده، Z_m= اثر زمان و ZT_{mi}= اثر متقابل زمان و تیمار بود.

نتایج و بحث

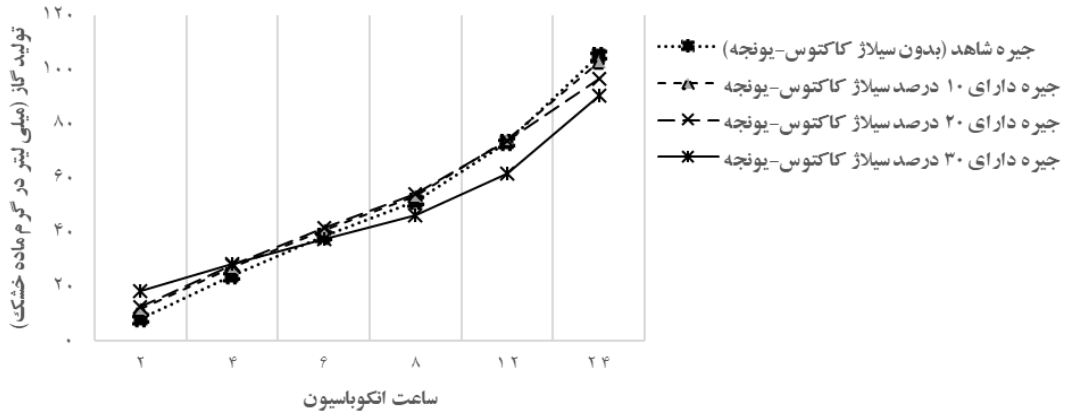
اطلاعات مربوط به ترکیب شیمیایی داده‌های کاکتوس علوفه‌ای و یونجه خشک مورداستفاده برای تهیه سیلاژ در جدول ۲ آورده شده است. داده‌های مربوط به آنالیز علوفه نشان داد درصد ماده خشک، پروتئین‌خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی در یونجه خشک بالاتر از کاکتوس علوفه‌ای بود. خاکستر موجود در کاکتوس علوفه‌ای بیشتر از یونجه، اما میزان چربی خام هر دو علوفه تقریباً یکسان بود. به‌طورکلی، کاکتوس علوفه‌ای سرشار از آب، قند، خاکستر و ویتامین‌هاست و فسفر بالایی داشته، لیکن فیبر و پروتئین‌خام پائینی دارد (Nefzaoui و Ben Salem، ۲۰۰۱). از طرفی یونجه خشک به‌عنوان ملکه گیاهان علوفه‌ای از ماده خشک، کلسیم و پروتئین بالایی برخوردار می‌باشد (Gashaw، ۲۰۱۶). بااین‌حال ارزش مواد مغذی گیاهان علوفه‌ای با توجه به فصل، شرایط زراعی، میزان بارش و کوددهی و بافت خاک متفاوت است. در این آزمایش، کاکتوس علوفه‌ای دارای آب فراوان بود، به‌طوری‌که ماده خشک آن ۱۱/۲ به‌دست‌آمده آمد. یونجه برخلاف کاکتوس، از ماده خشک بالایی برخوردار بود که برای رسیدن به ماده خشک مطلوب در سیلو و ترکیب آن با کاکتوس علوفه‌ای مناسب می‌باشد.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم پدهای کاکتوس، یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه.

Table 2- Chemical composition and metabolizable energy of cactus forage, alfalfa hay and Cactus –alfalfa mixed silage.

علوفه Forage			
سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه Cactus –alfalfa mixed silage	یونجه خشک Alfalfa hay	کاکتوس علوفه‌ای Cactus forage	ترکیب شیمیایی Chemical composition
31.4	79.9	11.2	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)
12.7	14.3	5.4	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)
3.5	0.9	1.6	عصاره اتری (درصد) Ether extract (%)
48.6	43.2	27.8	الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی (درصد) NDF (%)
33.3	32.4	13.3	الیاف نامحلول در شوینده‌اسیدی (درصد) ADF (%)
16.9	8.8	26.7	خاکستر (درصد) Ash (%)

میزان تولید گاز جیره‌های آزمایشی نشان داد که جیره‌های دارای سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه در ساعات اولیه پس از انکوباسیون (دو و چهار ساعت پس از انکوباسیون) تولید گاز بیشتری داشتند (شکل ۱). لیکن در هشت ساعت پس از انکوباسیون، کمترین میزان گاز تولیدی با جیره دارای ۳۰ درصد سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه مشاهده شد. تولید زیاد گاز در ساعات اولیه تخمیر یکی از خصوصیات خوراک‌های غنی از کربوهیدرات‌های محلول از جمله کاکتوس علوفه‌ای است (Taasoli و همکاران، ۲۰۱۱). احتمال دارد کاهش گاز تولیدی با جیره‌های دارای سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه نسبت به جیره دارای سیلاژ ذرت در ساعات انتهایی انکوباسیون به دلیل بالا بودن خاکستر، عصاره اتری در کاکتوس علوفه‌ای و هم‌چنین کاهش کربوهیدرات‌های محلول باشد که توسط لاکتوباکتری‌ها در جهت تولید اسیدلاکتیک مورداستفاده قرارگرفته است، محصولات تخمیری سیلاژ مجدداً تخمیر نشده و گاز تولید نمی‌کنند، لذا تولید گاز در سیلاژ کم است (El-Otmani و همکاران، ۲۰۱۹). داده‌های به‌دست‌آمده از تولید گاز با نتایج Taasoli و همکاران (۲۰۱۱) و Nourollahi Ravari و همکاران (۲۰۲۲)، مطابقت داشت، به طوری‌که تولید گاز در ۱۲ ساعت اولیه پس از انکوباسیون بیشتر و سریع‌تر بود و پس از ۲۴ ساعت این مقدار کاهش پیدا کرد.



شکل ۱- گاز تولیدی جیره‌های دارای سطوح متفاوت سیلاژ مخلوط کاکتوس- یونجه (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک نمونه).

Figure 1- Gas production of rations with different levels of cactus-alfalfa mixed silage (ml/g of dry matter).

در این مطالعه، ماده خشک مصرفی گوسفندان کرمانی با تغذیه سطوح مختلف سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه تغییری نکرد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه تأثیر قابل‌توجهی بر پر شدن شکمبه و زمان ماندگاری آن نداشته است. یکسان بودن الیاف نامحلول در شوینده خنثی جیره‌های آزمایشی دلیل دیگری بر یکسان بودن مصرف اختیاری خوراک می‌باشد (Mertens، ۲۰۰۹). اعتقاد بر این است که ماده خشک، مواد آلی قابل‌هضم و نیتروژن آمونیاکی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده مصرف ماده خشک سیلاژ در نشخوارکنندگان می‌باشند (Huhtanen و همکاران، ۲۰۰۷). در این آزمایش، ماده خشک گیاه ۱۱/۲ درصد بود که با سیلو کردن آن همراه با یونجه خشک، مقدار آن به ۳۱/۴ درصد افزایش یافت که این افزایش، سبب بهبود ماده خشک مصرفی حیوان شد. به‌گفته Gusha و همکاران (۲۰۱۵) گروهی از حیوانات که با سیلاژ کاکتوس و علوفه لگومینه تغذیه‌شده و جیره آن‌ها از سطح نیتروژن و ماده خشک مطلوبی برخوردار بوده، مصرف اختیاری خوراک در آن‌ها بهبود یافت. در مطالعه Nourollahi Ravari و همکاران (۲۰۲۲)، با جایگزینی سیلاژ ذرت به‌جای سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه، در مصرف ماده خشک بزهای شیری سانن تغییری مشاهده نشد.

در تحقیق حاضر، جیره دارای ۳۰ درصد سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه، بیشترین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۳). فرآیند تخمیر مناسب سیلاژ ممکن است سبب افزایش قابلیت‌هضم در گوسفندان تغذیه‌شده با سطح بالای سیلاژ (۳۰ درصد) باشد. زیرا عوامل حیوانی، ارزش غذایی جیره، ترکیب جیره غذایی، روش آماده نمودن و افزودن آنزیم به جیره و همچنین سطح تغذیه از عوامل مؤثر بر قابلیت هضم مواد مغذی می‌باشند (McDonald و همکاران، ۲۰۰۲). از طرفی تغییر در قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در آزمایش‌ها احتمالاً نشان‌دهنده تغییر در جمعیت میکروبی و یا رشد میکروارگانیسم‌های موجود در شکمبه می‌باشند (Khezri و همکاران، ۲۰۱۰). در این مطالعه جمعیت پروتوزوآی سلولایتیک، انتودینیوم و هولوتریش گوسفندان تغذیه شده با ۳۰ درصد سیلاژ کاکتوس-یونجه افزایش نشان داد. همچنین، Gebregiorgis و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند جیره‌هایی که پروتئین خام بالا و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده‌اسیدی کمتری داشته، از قابلیت هضم بیشتری برخوردار بودند. استفاده از سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای در سطح ۴۲ درصد در جیره بزها بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و کربوهیدرات‌های محلول تأثیر مثبت گذاشت که دلیل آن کم بودن غلظت الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و غلظت بالای کربوهیدرات محلول در کاکتوس گزارش شد (Albuquerque و همکاران، ۲۰۲۰). در مطالعه‌ی Nourollahi Ravari و همکاران (۲۰۲۲)، در قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌های آزمایشی دارای سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه در بزهای شیری سانن تغییری مشاهده نشد.

جدول ۳- مصرف ماده خشک گوسفندان و قابلیت‌هضم مواد مغذی جیره‌های آزمایشی.

Table 3- Dry matter intake in sheep and nutrients digestibility of experimental diets.

مقایسات متعامد Contract		خطای استاندارد	سطح سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه (٪) Cactus –alfalfa mixed silage level (%)				
درجه دو Quadratic	خطی Linear	SEM	30	20	10	0	
0.49	0.49	80	1010	1100	1010	1110	مصرف ماده خشک (گرم در روز) Dry matter intake (g/day)
							قابلیت هضم مواد مغذی (درصد) Nutrient digestibility (%)
0.026	0.004	1.48	74.26^{a}	69.06^{ab}	66.78^{b}	66.58^{b}	Dry matter ماده خشک
0.21	0.02	1.64	77.32^{a}	73.97^{ab}	70.95^{b}	69.84^{b}	Organic matter ماده آلی
0.07	0.22	1.50	67.73^{a}	60.63^{b}	61.65^{b}	62.19^{b}	Ether extract (%) عصاره اتری
0.24	0.45	1.56	72.46	70.24	71.87	70.41	Crude protein پروتئین خام
0.001	0.001	1.46	52.05^{a}	46.96^{ab}	45.94^{b}	44.61^{b}	NDF الیاف نامحلول در شوینده خنثی
0.001	<001	1.62	49.90^{a}	44.48^{b}	43.18^{b}	42.29^{b}	ADF الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

^{a,b}حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (p<۰/۰۵).

^{a,b,c} Different superscripts of means within the same row show significant differences at (P < 0.05).

در مطالعه حاضر، pH مایع شکمبه گوسفندان در ساعت پیش از مصرف خوراک (ساعت صفر) و ساعات دو، چهار، شش و هشت ساعت پس‌ازآن تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۴)، که با نتایج Gonzalez Arreola و همکاران (۲۰۱۹) در شرایط درون آزمایشگاهی[1] مطابقت داشت. به‌طوری‌که، pH مایع شکمبه بین جیره‌های آزمایشی شامل: ۱۰۰ درصد سیلاژ ذرت، سیلاژ ذرت-کاکتوس علوفه‌ای و سیلاژ ذرت-کاکتوس علوفه‌ای تخمیرشده، تفاوتی مشاهده نشد (pH=۶/۸). در آزمایش حاضر، pH مایع شکمبه پیش از مصرف خوراک (۷/۲-۷) و پس‌ازآن کاهش زیادی نشان نداد (۶/۷-۷)، که می‌تواند به‌دلیل یکسان بودن ماده خشک مصرفی، الیاف جیره و اندازه ذرات خوراک باشد (Li و همکاران، ۲۰۱۴). یکی از دلایل پایین بودن pH شکمبه با جیره غذایی دارای نسبت زیاد پدهای کاکتوس، بالا بودن کربوهیدرات‌های محلول آن است که به‌سرعت در شکمبه تجزیه می‌شوند (Vieira و همکاران، ۲۰۰۸). از طرفی، کاکتوس علوفه‌ای سرشار از آب بوده و مواد غذایی و جیره‌های با رطوبت بالا سبب کاهش تولید بزاق (که دارای ظرفیت بافری بالا است) می‌شوند (Berchielli و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به نتایج Nourollahi Ravari و همکاران (۲۰۲۲)، سیلوکردن کاکتوس علوفه‌ای و ترکیب کردن آن با یونجه خشک میزان الیاف و رطوبت بالای خوراک متعادل شد و pH شکمبه تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در تمامی ساعات پس از مصرف خوراک به‌طور معنی‌داری با جیره‌های دارای ۲۰ و ۳۰ درصد سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه بیشتر از گروه شاهد بود (p<۰/۰۵) (جدول ۴). در این مطالعه، درصد پروتئین خام و قابلیت هضم پروتئین جیره‌های مورد آزمایش یکسان بود، شاید تفاوت معنی‌دار در جمعیت پروتوزوآیی

[1] *In vitro*

بین گروه‌ها دلیل تفاوت غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های مورد آزمایش باشد. در تحقیق Nourollahi Ravari و همکاران (۲۰۲۲) نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بزهای شیری سانن تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. از طرفی در شرایط *in vitro* بین سیلاژهای مختلف از جمله سیلاژ ذرت، سیلاژ ذرت-کاکتوس و سیلاژ ذرت-کاکتوس تخمیرشده، بیشترین غلظت نیتروژن آمونیاکی مربوط به سیلاژ ذرت-کاکتوس علوفه‌ای بود (Gonzalez Arreola و همکاران، ۲۰۱۹).

درصد مولاری اسید پروپیونیک مایع شکمبه با استفاده از ۲۰ و ۳۰ درصد سیلاژ کاکتوس-یونجه در جیره گوسفندان به‌صورت خطی و درجه دو افزایش و درصد مولاری اسید استیک و نسبت اسید استیک به اسید پروپیونیک به‌صورت خطی و درجه دو کاهش پیدا کردند ($p<0/05$) (جدول ۶)، که با نتایج Nourollahi Ravari و همکاران، (۲۰۲۲) در شرایط *in vivo* مطابقت داشت. جمعیت میکروبی شکمبه و تنوع آن به عوامل زیادی از جمله نژاد، جنس، نوع جیره مصرفی، محیط خارجی و دیگر عوامل بستگی دارد اما به‌طور عمده به ترکیب شیمیایی جیره مصرفی نشخوارکنندگان وابسته است (Cholewinska و همکاران، ۲۰۲۰). ازآنجایی‌که تفاوتی در ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی مشاهده نشد ممکن است افزایش اسید پروپیونیک به متابولیت‌های ثانویه موجود در کاکتوس علوفه‌ای (مانند تانن، ساپونین‌ها و فلاونوئیدها) مربوط باشد (Karina و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۴- pH و نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی در ساعات مختلف خوراک‌دهی

Table 4- Ruminal pH and ammonia nitrogen in sheep fed experimental diets at different hours of feeding

مقایسات متعامد Contrast		خطای استاندارد	سطح سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه (٪) Cactus –alfalfa mixed silage level (%)				
درجه دو Quadratic	خطی Linear	SEM	30	20	10	0	
			pH				ساعت
0.32	0.72	0.08	7.12	7.15	7.20	7.07	0
0.37	0.07	0.14	6.82	6.85	6.92	7.00	2
0.16	0.45	0.14	7.05	7.02	6.75	7.22	4
0.48	0.12	0.17	7.10	7.20	7.15	7.22	6
0.08	0.82	0.15	7.02	7.00	7.20	7.07	8
0.26	0.08	0.12	7.00	7.04	7.04	7.11	میانگین کل Mean
			Ammonia nitrogen (mg/dl) نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)				
0.34	0.01	0.21	17.00[a]	17.3[a]	15.8[b]	15.4[b]	0
0.26	0.003	0.07	19.0[a]	18.6[b]	17.9[c]	16.3[d]	2
0.31	<.001	0.10	21.5[a]	18.9[b]	18.1[c]	16.9[d]	4
0.25	0.004	0.10	19.9[a]	19.4[b]	15.6[c]	14.6[d]	6
0.12	0.18	0.10	20.2[a]	17.4[b]	13.8[c]	15.0[d]	8
0.21	<.001	0.31	19.5[a]	18.4[b]	16.2[c]	15.6[c]	میانگین کل Mean

[a,b,c,d] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ($p<0/05$).

[a,b,c] Different superscripts of means within the same row show significant differences at ($P < 0.05$).

جدول ۵- غلظت اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی

Table 5- Ruminal volatile fatty acids in sheep fed experimental diets

مقایسات متعامد Contrast		خطای استاندارد	سطح سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه (٪) Cactus –alfalfa mixed silage level (%)				اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول بر لیتر) Volatile fatty acids (mmol/l)	
درجه دو Quadratic	خطی Linear	SEM	30	20	10	0		
0.08	0.001	0.22	42.50 [b]	42.10 [b]	34.35 [a]	43.25 [a]	Acetic acid	اسید استیک
0.05	0.002	0.20	14.96 [a]	14.75 [a]	13.51 [b]	13.10 [b]	Propionic acid	اسید پروپیونیک
0.42	0.15	0.81	8.84	7.95	7.77	7.87	Butyric acid	اسید بوتیریک
0.14	0.36	0.11	0.40	0.45	0.42	0.50	Valeric acid	اسید والریک
0.11	0.24	0.21	0.91	0.88	0.89	0.93	Iso-valeric acid	اسید ایزووالریک
0.21	0.12	0.3	0.30	0.32	0.35	0.36	Iso-butyric acid	اسید ایزوبوتیریک
0.12	0.001	0.10	2.84 [b]	2.82 [b]	3.21 [a]	3.30 [a]	A/P	نسبت اسیداستیک به اسید پروپیونیک
0.42	0.06	0.97	67.75	66.60	66.30	66.00	Total VFAs	کل اسیدهای چرب

[a,b]حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (p<۰/۰۵).

[a,b,c] Different superscripts of means within the same row show significant differences at (P < 0.05).

ممکن است افزایش نرخ تولید اسید پروپیونیک در شکمبه به علت تخمیر بیشتر اسیدلاکتیک سیلاژ توسط جمعیت میکروبی شکمبه گوسفندان تغذیه‌شده با این فرآورده در مقایسه با جیره شاهد باشد (Martin و همکاران، ۲۰۰۹). از طرفی تغییر در تعداد پروتوزوآی مایع شکمبه می‌تواند منجر به تغییر در تولید و ترکیب اسیدهای چرب فرار شود که در آزمایش حاضر هر سه گونه پروتوزوآ با تغذیه جیره‌های دارای ۲۰ و ۳۰ درصد سیلاژ بیشترین غلظت را داشتند. افزایش اسید پروپیونیک سبب کاهش اتلاف انرژی از طریق کاهش تولید گاز متان شده و این سبب افزایش تولید و کاهش اثرات محیطی می‌شود (Ungerfeld، ۲۰۱۵). در تحقیقی، Misra و همکاران (۲۰۰۶) از کاکتوس علوفه‌ای در جیره استفاده و گزارش کردند غلظت اسیدهای پروپیونیک و بوتیریک مایع شکمبه افزایش و اسید استیک کاهش یافت. این در حالی‌است که Pinho (۲۰۱۶) هیچ تغییری در الگوی اسیدهای چرب فرار شکمبه بزهای تغذیه‌شده با کاکتوس علوفه‌ای مشاهده نکرد.

جمعیت گونه‌های انتودینیوم، هولوتریش، سلولولیتیک و کل پروتوزوآ در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه گوسفندان تحت تأثیر تغذیه با سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه قرار گرفت (P<۰/۰۵) (جدول ۶). هر سه گونه پروتوزوآ با تغذیه جیره‌های دارای ۲۰ و ۳۰ درصد سیلاژ بیشترین غلظت را داشتند. تقریباً ۹۰ درصد از پروتوزوآی موجود در مایع شکمبه متعلق به جنس انتودینیوم است که درگیر هیدرولیز و تخمیر سلولز هستند (Yáñez-Ruiz و همکاران، ۲۰۰۴). تغییر در گونه هولوتریش، احتمالاً می‌تواند مربوط به بالا بودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی در جیره دارای سطوح بالای سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه باشد. چنانچه پس از تغذیه و افزایش گلوکز در شکمبه، هولوتریش‌ها تحریک‌شده و فعالیت این‌گونه پروتوزوآ افزایش و بدین‌ترتیب خطر اسیدوز کاهش می‌یابد (Newbold و همکاران، ۲۰۱۵). محققین اظهار داشتند در شرایط *in vitro*، کاکتوس علوفه‌ای سبب کاهش جمعیت میکروبی شکمبه ازجمله پروتوزوآ شد که این کاهش را به وجود اگزالات موجود در کاکتوس علوفه‌ای و فعالیت ضدمیکروبی آن در شکمبه نسبت دادند

(Chentli و همکاران، ۲۰۱۴). در این تحقیق همسو با افزایش نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه، تعداد پروتوزوآها نیز افزایش معنی‌داری داشت که موافق با تحقیق Nefzaoui و Ben Salem (۲۰۰۱) بود. در تحقیق Nourollahi Ravar و همکاران (۲۰۲۲)، جمعیت پروتوزوآ مایع شکمبه بزهای شیری سانن تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت.

جدول ۶- جمعیت پروتوزوآی مایع شکمبه در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی

Table 6- Ruminal protozoa population in sheep fed experimental diets

مقایسات متعامد contract		خطای استاندارد	سطح سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه (٪) Cactus –alfalfa mixed silage level (%)				جمعیت پروتوزوآ (×۱۰^۵) Protozoa population (×10^5)	
درجه دو Quadratic	خطی Linear	SEM	30	20	10	0		
0.34	0.04	0.78	11.61[a]	9.71[b]	9.15[b]	9.08[b]	*Entodinium sp.*	گونه انتودینیوم
0.41	0.01	0.03	0.23[a]	0.23[a]	0.17[b]	0.16[b]	*Holotrichs sp.*	گونه هولوتریش
0.01	0.26	0.01	0.12[a]	0.14[a]	0.08[b]	0.07[b]	*Cellulolytic sp.*	گونه سلولولیتیک
0.38	0.006	0.85	11.96[a]	10.08[ab]	9.40[b]	9.31[b]	Total protozoa	کل پروتوزوآ

[a,b]حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (p<۰/۰۵).

[a,b,c] Different superscripts of means within the same row show significant differences at (P < 0.05).

در این مطالعه، غلظت گلوکز، پروتئین کل، کراتینین و کلسترول خون گوسفندان تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۷)، که نشان‌دهنده وضعیت متابولیکی و هموستاتیک پایدار در حیوانات بود (Shelke و همکاران، ۲۰۱۲). در این تحقیق، استفاده از کاکتوس علوفه‌ای به شکل سیلاژ همراه با یونجه خشک میزان تری‌گلیسرید خون گوسفندان را به‌صورت خطی کاهش و نیتروژن اوره‌ای خون را به‌صورت خطی افزایش داد (P<۰/۰۵). احتمال دارد کاهش تری‌گلیسرید مربوط به تأثیرات آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی و پلی‌فنلی کاکتوس علوفه‌ای باشد. کاکتوس دارای فلاوونوئیدهایی است که خاصیت هایپولیپیدمی داشته و به‌طور مشخص از غلظت تری‌گلیسرید خون می‌کاهد (Santos Díaz و همکاران، ۲۰۱۷). افزایش نیتروژن اوره‌ای خون با افزایش نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه هم‌خوانی دارد، چون بین غلظت نیتروژن اوره‌ای خون و تولید آمونیاک در شکمبه همبستگی زیادی وجود دارد (Wood و همکاران، ۲۰۰۸). در کبد اسید پروپیونیک می‌تواند جایگزین سایر پیش‌سازهای گلوکز شود. لذا این افزایش در میزان اسید پروپیونیک، فرایند گلوکونئوژنز کل را محدود می‌کند. به همین جهت است که علی‌رغم افزایش اسید پروپیونیک مایع شکمبه، سطح گلوکز خون یکسان باقی می‌ماند (Seal و Parker، ۱۹۹۴). در تحقیقات اخیر، تغییری در فراسنجه‌های خونی بزهای تغذیه‌شده با سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای -یونجه مشاهده نشد (Albuquerque و همکاران، ۲۰۲۰؛ Nourollahi Ravar و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۷- فراسنجه‌های خونی گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی.

Table 7- Blood parameters in sheep fed experimental diets.

مقایسات متعامد Contrast		خطای استاندارد	سطح سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه (٪) Cactus –alfalfa mixed silage level (%)				فراسنجه‌ها Parameters
درجه دو Quadratic	خطی Linear	SEM	30	20	10	0	
0.99	0.87	3.21	76.75	77.25	77.00	77.25	گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Glucose (mg/dl)
0.16	0.41	0.04	0.77	0.73	0.73	0.75	کراتینین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Creatinine (mg/dl)
0.36	0.38	0.39	6.92	6.37	7.22	6.97	پروتئین کل (گرم در دسی‌لیتر) Total protein (g/dl)
0.43	0.03	0.28	18.22^{a}	18.22^{a}	17.52^{ab}	17.28^{b}	نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Urea nitrogen (mg/dl)
0.23	0.17	3.23	68.25	73.25	70.75	71.50	کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)
0.05	0.01	3.68	39.00^{bc}	39.00^{b}	37.00^{c}	49.50^{a}	تری گلیسرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) T.G. (mg/dl)

^{a,b,c}حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (p<۰/۰۵).

^{a,b,c} Different superscripts of means within the same row show significant differences at ($P < 0.05$).

در تحقیق حاضر، مقدار اسید اوریک، آلانتوئین، کل مشتقات پورینی و سنتز پروتئین میکروبی تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. اگرچه مقدار اوره ادرار در گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های دارای سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه نسبت به گروه شاهد به شکل خطی (p<۰/۰۵) افزایش یافت (جدول ۸). تنظیم جیره‌ها در این پژوهش به نحوی بود که علاوه بر یکسان بودن نسبت علوفه به کنسانتره محتوی انرژی و ترکیب شیمیایی یکسان بود. همچنین، ساختار جیره‌ها ازنظر اندازه ذرات علوفه و کنسانتره مشابه بود. این موارد می‌تواند دلیل یکسان بودن بازهای پورینی هم‌چنین کل مشتقات پورینی باشد. یکسان بودن ماده آلی قابل تخمیر و مهیا بودن مقادیر مناسب نیتروژن تجزیه‌پذیر در شکمبه بین جیره‌های آزمایشی سبب تولید یکسان پروتئین میکروبی جیره‌های آزمایشی شد. هم‌چنین نشان داده شد که میکروارگانیسم‌های شکمبه در مهار آمونیاک تولیدشده و استفاده ازآن‌جهت ساخت پروتئین میکروبی قدرت یکسانی داشتند (Danesh Mesgaran و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر، مقدار نیتروژن آمونیاکی تولیدشده در جیره‌های دارای سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در شکمبه بیش از احتیاجات میکروبی بود، بنابراین مازاد آن در کبد تبدیل به اوره و از طریق ادرار دفع شد. طبق گزارش Gusha و همکاران (۲۰۱۵)، بعضی از سیلاژهای مخلوط کاکتوس و علوفه لگومینه که از نیتروژن بالا و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کمتری برخوردار بودند، مواد مغذی موجود در سیلاژ سریع‌تر آزاد و در دسترس میکروارگانیسم‌های شکمبه قرار گرفت و سبب افزایش تولید پروتئین میکروبی شد. به‌طورکلی، اندازه‌گیری پروتئین میکروبی و نیتروژن آمونیاکی در شکمبه می‌تواند وضعیت متابولیسم نیتروژن در شکمبه را به هنگام مصرف سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای-یونجه نشان دهد. از طرف دیگر، در صورت کافی بودن نیتروژن در شکمبه، سنتز پروتئین میکروبی تابع قابلیت دسترسی میکروارگانیسم‌ها به انرژی می‌باشد، بنابراین تولید انرژی از تخمیر کربوهیدرات‌ها در شکمبه اولین عامل

محدودکننده سنتز پروتئین میکروبی می‌باشد (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۸- دفع روزانه مشتقات پورینی و تولید پروتئین میکروبی در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی

Table 8- Purine derivatives excretion and microbial protein synthesis in sheep fed experimental diets

مقایسات متعامد Contrast		خطای استاندارد	سطح سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه (٪) Cactus –alfalfa mixed silage level (%)				
درجه دو Quadratic	خطی Linear	SEM	30	20	10	0	
0.45	0.03	0.06	1.36[a]	1.15[b]	1.21[b]	0.83[c]	اوره (میلی‌مول در روز) Urea (mmol/day)
0.36	0.38	0.98	6.98	6.61	8.62	8.78	کل مشتقات پورینی (میلی‌مول در روز) Total purine excretion (mmol/d)
0.36	0.38	0.006	0.32	0.32	0.32	0.33	اسید اوریک (میلی‌مول در روز) Uric acid (mmol/day)
0.36	0.38	0.87	5.67	5.34	7.13	7.28	آلانتوئین (میلی‌مول در روز) Allantoin (mmol/day)
0.16	0.38	0.03	0.26	0.27	0.19	0.18	گزانتین و هیپوگزانتین (میلی‌مول در روز) Xanthin + Hypoxanthine (mmol/d)
0.36	0.38	0.8	4.80	4.77	5.42	5.55	نیتروژن میکروبی (گرم در روز) Microbial nitrogen (g/day)
0.36	0.38	1.3	30	29.8	33.6	34.1	پروتئین میکروبی (گرم در روز) Microbial protein (g/day)

[a,b,c] حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (p<۰/۰۵).

[a,b,c] Different superscripts of means within the same row show significant differences at (P < 0.05).

نتیجه‌گیری

کاکتوس‌علوفه‌ای از پروتئین خام و ماده خشک پایینی برخوردار بوده، اما مخلوط و سیلو کردن آن با یونجه خشک برای تهیه سیلاژ، سبب افزایش پروتئین خام، ماده خشک و درنتیجه بهبود کیفیت سیلاژ شد. تغذیه سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه تا سطح ۳۰ درصد به جیره گوسفندان کرمانی سبب حفظ شرایط بهینه شکمبه و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی شد. بنابراین سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه می‌تواند راه‌حل مناسبی به‌عنوان خوراک جایگزین برای جبران کمبود خوراک دام در فصول گرم و در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد.

منابع

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

Abidi, S., Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Vasta, V. & Priolo, A. (2013). Silage composed of *Opuntia ficus-indica f. inermis* cladodes, olive cake and wheat bran as alternative feed for cake and wheat bran as alternative feed for Barbarian lamb. *Acta Hortic*, 995: 297–302.

Albuquerque, I., Araújo, G., Santos, F., Carvalho, G., Santos, E., Nobre, E., Bezerra, L., Silva-Júnior, J., Silva-Filho, E. & Oliveira, R. (2020). Performance, body water balance, ingestive behavior and blood metabolites in goats fed with Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) silage subjected to an intermittent water supply. *Sustainability*, 12: 2881.

Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Abdouli, H. & Orskov, E.R. (1996). Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. inermis) on intake and digestion by sheep fed straw-based diets. *Animal Science*, 48: 897–899.

Berchielli, T.T., Pires, A.V. & Oliveira, S.G. (2011). Ruminant Nutrition. 2ed. Jaboticabal: Funep, 565-600.

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.

Chen, X.B. & Gomes, M.J. (1995). Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of the purine derivatives-an overview of the technical details, Occasional Publication, *Rowette Research Institute*, Aberdeen, UK.

Chentli, A., Gillmann, L., Bouazza, L., Medjkal, S., Limami, A.M., Morère-Le Paven, Marie-Christine, M., & Bousseboua, H. (2014). Effects of secondary compounds from cactus and acacias trees on rumen microbial profile changes performed by Real-83 Time PCR. *International Journal of Advanced Research*, 2: 660-671.

Cholewinska, P., Czyż, K., Nowakowski, P. & Wyrostek, A. (2020). The microbiome of the digestive system of ruminants – a review. *Animal Health Research Reviews*, 21: 1-12.

Danesh Mesgaran, M., Tahmasbi, A.M. & Vakili, A.R. (2008). Digestion and Metabolism in Ruminant. *Ferdowsi University of Mashhad Press*, 180- 210. (In Persian).

Eguchi, K., Hattori, I., Sawai, A. & Muraki, M. (2008). Fermentation quality of purple corn [zea mays] silage. (National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, Kushi, Kumamoto (Japan). *Journal of Japanese Society of Grassland Science*, 54-141.

El-Otmani, S., Chentouf, M.J., Hornick, L. & Cabaraux, J.F. (2019). Chemical composition and in vitro digestibility of alternative feed resources for ruminants in Mediterranean climates: olive cake and cactus cladodes. *The Journal of Agricultural Science*, 157: 260-271.

FAO. (2011). Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries. In: Proceedings of the FAO Electronic Conference, 1-30 September 2010. Rome, Italy.

Gashaw, M. (2016). Review on biomass yield dynamics and nutritional quality of alfalfa (*Medicago Sativa*). *Journal of Harmonized Research in Applied Sciences*, 3(4): 241-251.

Gebregiorgis, G., Tegene, N. & Aster, A. (2017). Effect of feeding *Leucaena leucocephala* leaves and pods on feed intake, digestibility, body weight change and carcass characteristic of central-highland sheep fed basal diet wheat bran and natural pasture hay in Tigray, Ethiopia. *International Journal of Agriculture,Environment and Biotechnology*, 10: 367-376.

Gusha, J., Halimani, T., Ngongoni, N.T. & Ncube, S. (2015). Effect of feeding cactus legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. *Animal Feed Science and Technology*, 206: 1-7.

González Arreola, A., Murillo Ortiz, M., Gerardo Pámanes Carrasco, Reveles Saucedo, F. & Herrera Torres, E. (2019). Nutritive quality and gas production of corn silage with the addition of fresh and fermented prickly pear cladodes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 40: 6544-6553.

Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal*. 1(5): 758-770.

Khezri, A., Rezayazdi, K., Danesh Mesgaran, M., Moradi-Sharbabk, M., Mohammadabadi, M. & Tahmasbi, R. (2010). Effect of carbohydrate sources with different degradation rates in the rumen on apparent digestibility of nutrients and performance of Holstein dairy cows. *The Forth Congress on Animal Science of Iran*. Karaj, Tehran. (In Persian).

Karina, A.P., Manuel, M.O., Esperanza, H.T., Roberto, V.V., Carrete-Carreón Francisco, C.C. & Gerardo, P.C. (2020). *Leucaena leucocephala* and *Opuntia ficus-indica* reduce the ruminal methane production *in vitro*. *Abanico Veterinario*, 10: 1-13.

Li, F., Li, Z., Li, S., Ferguson, J.D., Cao, Y., Yao, J. & Yang, T. (2014). Effect of dietary physically effective fiber on ruminal fermentation and the fatty acid profile of milk in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 97: 2281–2290.

Martin, P.A., Chamberlain D.G., Robertson S. & Hirst, D. (2009). Rumen fermentation patterns in sheep receiving silages of different chemical composition supplemented with concentrates rich in starch or in digestible fiber. *The Journal of Agricultural Science*, 122: 145-150.

Menke, K.H. & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research*

Development, 28: 7-55.
Mertens, D.R. (2009). Maximizing forage use by dairy cows. In: Proceedings 27th Western Canadian Dairy Seminar: Advanced Dairy Technology, Red Deer, AB, Canada. 10–13 Mar. 2009. Univ. of Alberta, Edmonton, AB, Canada. p. 303–319.
McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. (2002). Animal Nutrition, 6th Edition. Longman, London, UK, pp: 451-466.
Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agriculture and Food Sciences*, 93: 217–222.
Melo, A.A.S., Ferreira, M.A. & Chaves, A.S. (2003). Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia fícus indica Mill*) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32: 727-736.
Misra, A.K., Misrha, A.S., Tripathi, M.K., Chaturvedi, O.H., Vaithiyahathan, S., Prasad, D., Jakhmola, R.C. (2006). Intake, digestion and microbial protein synthesis in sheep on hay supplemented with prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) with or without groundnut meal. *Small Ruminant Research*, 63: 125-134.
Naghdi, Z., Dayani, O., Tahmasbi, R., Khezri, A., Sharifi Hosseini, M.M. & Hajalizadeh, Z. (2020). The effect of feeding of *Mentha pulegium* pulp silage with wasted date on dry matter intake, digestibility and ruminal and blood parameters of Kermani mature rams. *Journal of Ruminant Research*, 8(3): 29-44. (In Persian).
Nefzaoui, A. & Salem, H.B. (2001). Opuntia spp. A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA region. In: Mondragon-Jacobo, C., Perez-Gonzalez, S. (Eds.). Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO plant Production and Protection Paper 169. FAO, Rome, *Italy*, pp. 73–90.
Newbold, C.J., de la Fuente, G., Belanche, A., Ramos-Morales, E. & McEwan, N.R. (2015). The Role of Ciliate Protozoa in the Rumen. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1313.
Nourollahi Ravari, F., Tahmasbi, R., Dayani, O. & Khezri, A. (2022). Cactus-alfalfa blend silage as an alternative feedstuff for Saanen dairy goats: Effect on feed intake, milk yield and components, blood and rumen parameters. *Small Ruminant Research*, 216: 1-8.
Nourollahi Ravari, F., Dayani, O., Tahmasbi, R. & Khezri, A. (2021). Survey of the nutrition value cactus (*Opuntia ficus indica*)-alfalfa mixed silage using gas production and effect of ensiling duration on its quality in ruminant nutrition. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 133: 59-72. (In Persian).
Orskov, E.R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Food Engineering*. 80: 1-10.
Playne, M.J. (1985). Determination of ethanol, volatile fatty acids, lactic and succinic acids in fermentation liquids by gas chromatography. *Journal Science of Food and Agriculture*, 36: 638-644.
Pereira, G.F., Neto, J.V.E., Gracindo, A.P.A.C., Silva, Y.M.O., Difante, G.S., Gurgel, A.L.C, Marinho, F.J.S. & Lima, G.F. (2021). Replacement of grain maize with spinless cactus in the diet of dairy goats. *Journal of Dairy Research*, 88: 134-138.
Pinho, R.M.A. (2016). Adição de fibra em detergente neutro em dietas à base de palma forrageira para caprinos. 2016, 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal da Paraíba, Areia.
SAS. (2005). SAS User's Guide. Statistics. Version 9.1.3 Edition. SAS Inst., Inc., Cary NC.
Seal, C.J. & Parker, D.S. (1994). Effect of intraruminal propionic acid infusion on metabolism of mesenteric- and portal-drained viscera in growing steers fed a forage diet: I. volatile fatty acids, glucose and lactate. *Journal of Animal Science*, 72: 1325-1334.
Santos Diaz, M.S., La Rosa, A.P.B., Héliès-Toussaint, C., Guéraud, F. & Negre-Salvayre, A. (2017). Opuntia spp.: Characterization and benefits in chronic diseases. Oxidative Medicine

and Cellular Longevity.

Tietz, N.W. (1995). Clinical Guide to Laboratory Tests. 3rd ed. WB Saunders; Philadelphia, PA, USA, p. 518.

Tegegne, F., Peters, K.J. & Kijora, C. (2005). Cactus pear (*Opuntia ficus indica*): a strategic crop in combating food and feed insecurity and desertification in Tigray, northern Ethiopia. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 14: 60.

Taasoli, G., Kafilzadeh, F. & Khamisabadi, H. (2011). Evaluation of opuntia ficus-indica cactus grown in western region of Iran as animal feed. *In Research of the First International Conference* (Babylon and Razi Univ.), 15-19.

Tahmoorespur, M. & Tahmasbi, A.M. (2008). Livestock Feed Evaluation. Ferdowsi University of Mashhad Publication, 166-173. (In Persian).

Ungerfeld, E.M. (2015). Shifts in metabolic hydrogen sinks in the methanogenesis-inhibited ruminal fermentation: a meta-analysis. *Frontiers in Microbiology*, 6: 37.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583–3597.

Vieira, E.L., Batista, A.M.V., Guim, A., Carvalho, F.F., Nascimento, A.C., Araujo, R.F.S. & Mustafa, A.F. (2008). Effects of hay inclusion on intake, *in vivo* nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill.) based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 141: 199-208.

Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I. & Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78: 343-358

Yáñez-Ruiz, D. R., Moumen, A., Martín García, A. I. & Molina Alcaide, E. (2004). Ruminal fermentation and degradation patterns, protozoa population, and urinary purine derivatives excretion in goats and withers fed diets based on two-stage olive cake: Effect of PEG supply. *Journal of Animal Science*, 82: 2023-2032.