نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۳۳، زمستان ۱۴۰۰
ص‌ص: ۵۹~۷۲

بررسی ارزش تغذیه‌ای سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای–یونجه توسط تکنیک تولید گاز و تاثیر مدت زمان سیلو کردن بر کیفیت آن در تغذیه نشخوارکنندگان

• **فاطمه نورالهی راوری [۱]، رضا طهماسبی [۲]، امید دیانی [۳*] و امین خضری [۲]**

۱دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، بخش مهندسی علوم دامی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۲ دانشیار تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، بخش مهندسی علوم دامی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۳ استاد تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، بخش مهندسی علوم دامی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت : بهمن ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش : اردیبهشت ۱۴۰۰

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۳۹۷۸۵۶۶
Email: odayani@uk.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2021.353458.2124

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین میزان تولید گاز کاکتوس علوفه‌ای، یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه انجام شد، سپس تاثیر مدت زمان سیلوکردن بر خصوصیات کیفی و ارزش تغذیه‌ای سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در روز-های ۳۰، ٤٥ و ٦٠ پس از تهیه سیلاژ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور پس از خرد کردن علوفه‌ها، کاکتوس علوفه‌ای به-مقدار ٦٦ درصد و یونجه خشک به‌مقدار ۳٤ درصد (بر اساس ماده خشک) کاملا مخلوط و در بسته‌های پلاستیکی دو لایه فشرده شد. داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. حجم گاز تولیدی از کاکتوس علوفه‌ای، یونجه و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (P<۰/۰۵). ماده‌آلی قابل هضم کاکتوس علوفه‌ای (٦٧ درصد) بیشتر از یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه بود (P<۰/۰۵). هم‌چنین انرژی متابولیسمی و انرژی خالص شیردهی یونجه خشک (به‌ترتیب ۲/۰٤-۱/۱۸) بیشتر از دو علوفه دیگر به‌دست آمد (P<۰/۰۵). pH سیلاژ ٤٥ و ٦٠ روز پس از سیلو کردن افزایش یافت (P<۰/۰۵). کم‌ترین درصد پروتئین خام و بالاترین غلظت نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ ٦٠ روز پس از سیلو کردن مشاهده شد (P<۰/۰۵). غلظت اسید لاکتیک و نقطه فلیگ سیلاژ با افزایش مدت زمان سیلو کردن کاهش پیدا کرد (P<۰/۰۵). غلظت اسیدهای چرب اولئیک (cisC18:1)، لینولئیک (cisC18:2) و لینولنیک (C18:3) در سیلاژ ۳۰ روز پس از سیلو کردن بیشترین بودند (P<۰/۰۵). بنابراین می‌توان از کاکتوس علوفه‌ای به‌شکل سیلاژ همراه با منابع پروتئین خام و فیبر خام به‌منظور بهبود کیفیت سیلاژ، برای جبران کمبود خوراک دام در مناطق گرم‌وخشک بهره برد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب، انرژی متابولیسمی، خصوصیات تخمیر، ماده‌آلی قابل‌هضم، مناطق گرم‌وخشک.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 133 pp: 59-72

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

By: M. Koshesh[1], M. Salarmoini*[2], M. Afsharmanesh[2], H. Tavakoli[3]
1: Post Graduate Student, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman, Iran.
2: Associate Professors, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3: Associate Professor, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Received: January 2021 **Accepted: April 2021**

The aim of this study was to determine the gas production content of spineless cactus (*Opuntia ficus indica*), alfalfa hay and spineless cactus-alfalfa mixed silage, then the effect of ensiling time on silage quality characteristics and nutritional value in day 30, 45, and 60 were examined. To prepare silage, the spineless cactus (66 %) was chopped and mixed with alfalfa (34 %) and ensiled in plastic bags. The collected data were analyzed in a completely randomized design with five replications. The gas production volume (ml) was significant difference among cactus, alfalfa hay, and cactus-alfalfa mixed silage ($P<0.05$). The digestible organic matter of spineless cactus (67%) was higher than alfalfa hay and cactus-alfalfa mixed silage ($P<0.05$). Also, ME and NE_L of alfalfa hay (2.04-1.18, respectively) were higher than the other two forages ($P<0.05$). The pH of the silage increased during ensiling on day 45 and 60 ($P<0.05$). Also, the lowest crude protein percentage and the highest ammonia nitrogen concentration were observed after ensiling for 60 days ($P<0.05$). The concentration of lactic acid and fleig point decreased after ensiling for 60 days ($P<0.05$). The concentration of oleic (cisC18:1), linoleic (cisC18:2) and linolenic fatty acids were highest on day 30 ($P<0.05$). The spineless cactus has a good digestible organic matter and its cultivation can be considered as an alternative feed. The high carbohydrates in spineless cactus improved the fermentation conditions and mixing it with alfalfa hay improved the quality of silage, so that the index of relative value of silage in all sampling periods was estimated to be favorable. Therefore, ensiling of spineless cactus with a source of protein and fiber can be used to compensate for the lack of animal feed in hot and dry areas.

Key words: Fatty acids, Metabolisable energy, Fermentation Characteristics, Digestible organic matter, Hot and dry areas.

مقدمه

تغییرات آب‌وهوایی، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهان امروز و آینده است، به‌طوری‌که در اکثر مناطق جهان، موجب بروز خشکسالی‌های جبران‌ناپذیری شده‌است. اکوسیستم‌های مرتعی و زمین‌های کشاورزی مناطق خشک جهان، که ایران نیز بخشی از آن را شامل می‌شود، در نتیجه تغییر عوامل اقلیمی (به‌ویژه بارندگی و درجه حرارت) به‌سادگی در معرض تخریب قرار گرفته‌اند (FAO-ECARDA، ۲۰۱۷). از طرفی پدیده خشکسالی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر حوزه دامپروری اثر گذاشته و سبب کاهش عملکرد و افزایش تلفات دام‌های چراکننده در مراتع فقیر شده است. از این رو تغییر الگوی کشت و جایگزینی گونه‌های مقاوم به کم آبی و عدم وابسته به بارش می‌تواند راهکار مناسبی برای جبران خسارت‌های به‌عمل آمده باشد. بنابراین کشت گیاهانی مانند کاکتوس علوفه‌ای و استفاده از آن به‌عنوان علوفه یکی از گزینه‌های ساده و موثر برای سازگاری با تغییرات اقلیمی است(FAO-ECARDA، ۲۰۱۷).

کاکتوس علوفه‌ای[1] از خانواده کاکتوس‌ها[2] مقاوم به خشکی، دارای قابلیت رشد بالا و غنی از موسیلاژ، هم‌چنین دارای انرژی و کربوهیدرات غیرفیبری[3] بالا است (Costa و همکاران، ۲۰۰۹). از طرفی سطح آب بالا در این گیاه نشان می‌دهد که کاکتوس علوفه‌ای می‌تواند جایگزین مهمی برای برطرف کردن نیاز منبع آب برای حیوانات مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد که در آن، آب ممکن است یک عامل محدودکننده برای تولید حیوانات باشد. اما حیواناتی که تنها از این گیاه تغذیه می‌کنند به‌دلیل سطح فیبر پایین ممکن است دچار اختلالات هضم مانند اسهال شوند (Costa و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین زمانی که کاکتوس علوفه‌ای با سایر منابع فیبر مورد استفاده قرار می‌گیرد، سطح ماده‌خشک بالا رفته و به‌دلیل افزایش فیبر موثر فیزیکی، می‌تواند سبب تحریک نشخوار و افزایش جریان بزاق از طریق فعالیت جویدن و حفظ ظرفیت بافری شکمبه شود و بدین ترتیب شرایط طبیعی در شکمبه حفظ شده و از بروز چنین اثرات ناخواسته جلوگیری می‌شود (Costa و همکاران، ۲۰۰۹).

کاکتوس علوفه‌ای دارای قند بالا ولی پروتئین خام و ماده خشک پایین است و ترکیب آن با مواد خوراکی حاوی پروتئین بالا می‌توانند ضعف‌های یکدیگر را تقویت کنند و یک ترکیب متعادل بوجود آورند (Gusha و همکاران، ۲۰۱۵). در زیمباوه، Gusha و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند ترکیب کاکتوس علوفه‌ای و علوفه خشک گیاهان لگومینه (بومی منطقه)، سبب بهبود محتوی ماده خشک و نیتروژن در محصول نهایی شد. به گفته آن‌ها کاکتوس علوفه‌ای می‌تواند به‌عنوان پل ارتباطی بین علوفه‌ی لگومینه و علوفه‌های خشک عمل کند، زیرا تامین‌کننده‌ی منبع آلی قابل تجزیه می‌باشد. در برزیل، Brito و همکاران، (۲۰۲۰) سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای و گیاه بومی[4] را مورد بررسی قرار دادند، آن‌ها بیان داشتند مخلوط کاکتوس علوفه‌ای و گیاه بومی از لحاظ تغذیه‌ای مناسب بوده و می‌تواند جایگزین بخشی از خوراک دام در مناطق خشک و نیمه خشک شود. محققین دیگر، کاکتوس علوفه‌ای منطقه غرب ایران را با استفاده از تکنیک تولید گاز مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند کاکتوس علوفه‌ای می‌تواند با تامین مواد آلی با قابلیت دسترسی سریع بین علوفه‌های لگومینه، ضایعات محصولات کشاورزی و منابع نیتروژن غیر پروتئینی ترکیب متعادلی را بوجود آورد (Taasoli و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات محدودی در مورد سیلو کردن کاکتوس علوفه‌ای انجام شده‌است. بنابراین لازم است تحقیقات روی مواد خوراکی که می‌توانند با کاکتوس علوفه‌ای مخلوط شوند و استفاده از آن را به‌عنوان خوراک دام بهبود بخشند ادامه پیدا کند. از این رو، هدف این پژوهش ارزیابی ارزش تغذیه‌ای کاکتوس علوفه‌ای، یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه به‌روش تولید گاز و تاثیر مدت زمان سیلو کردن برخصوصیات شیمیایی و کیفی سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه خشک بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش کاکتوس علوفه‌ای (دوساله) از مزرعه‌ای واقع در دانشگاه آزاد اِوز (شهرستان لارستان) در جنوب استان فارس تهیه و به ایستگاه تحقیقاتی بخش مهندسی علوم دامی دانشگاه شهید باهنر کرمان منتقل شد. برای تهیه سیلاژ، پدهای کاکتوس بدون خار توسط کارد به صورت طولی و عرضی به قطعات پنج سانتی-متر برش داده شد و یونجه خشک توسط چاپر به قطعات پنج سانتی‌متری خرد شد. برای رسیدن به ماده خشک مطلوب سیلاژ (۳۵ درصد) کاکتوس علوفه‌ای به میزان ۶۶ درصد و یونجه خشک به میزان ۳۴ درصد (بر اساس ماده خشک) بدون ماده افزودنی مخلوط و در ۱۵ عدد پلاستیک (برای هر زمان ۵ تکرار) دو لایه با وزن ۲۰ کیلوگرم فشرده، پس از هواگیری و بستن درب پلاستیک‌ها، در مکان سربسته نگهداری شدند. نمونه‌برداری از سیلوها با پنج تکرار، در روزهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ پس از سیلوکردن برای تعیین ترکیب شیمیایی سیلاژها (ماده خشک، پروتئین‌خام، چربی‌خام، ماده‌آلی، خاکستر) بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC،۱۹۹۰)، انجام شد. الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Van Soest،۱۹۹۱) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (AOAC ،۱۹۹۰) اندازه‌گیری شد. میزان pH (Eguchi و همکاران، ۲۰۰۸) و نیتروژن آمونیاکی(Broderick و Kang،

[1] Opuntia ficus indica
[2] Cactaceous
[3] NFC
[4] Gliricidia

۱۹۸۰) سیلاژها بلافاصله پس از باز کردن پلاستیک‌ها و تهیه نمونه از آن، به‌ترتیب به‌وسیله pH متر قلمی دیجیتال (AZ 8686, Taiwan) و دستگاه اسپکتروفوتومتر (Halo XB-10/VIS-20 Dynamica, England) اندازه‌گیری شد. برای تعیین اسید استیک سیلاژ، از اسید کروتونیک به‌عنوان استاندارد داخلی و دستگاه کروماتوگرافی گازی (Chrompack, Model CP-9002, Chrompack, EA Middelburg, Netherlands) 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). اسید لاکتیک با روش اسپکتوفتومتری (Madrid و همکاران، ۱۹۹۴) تعیین شد. همچنین اسیدهای چرب سیلاژ به روش Sukhija و Palmquist (۱۹۸۸) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Varian Star; Varian Inc., Palo Alto 3400) اندازه‌گیری شد. ارزیابی حسی سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای-یونجه بر اساس بو، ساختمان ظاهری و رنگ انجام گرفت. در این ارزشیابی نمره ۲۰-۱۸ خیلی خوب، ۱۷-۱۴ خوب، ۱۳-۱۰ قابل قبول، ۹-۵ غیرقابل مصرف و ۴-۰ از بین رفته می‌باشد که این نمره از جمع‌بندی نمرات رنگ، بو و ساختمان سیلو در لمس به‌دست می‌آید (Kilic، ۱۹۸۶). نقطه فلیگ سیلاژ (Flieg point) از طریق رابطه ۱ برای بیان کیفیت سیلاژها و بر اساس دو فاکتور pH و ماده خشک (DM)، بدست‌آمد (Kilic، ۲۰۰۶).

$$\text{Flieg point} = 220 + (2 \times \%\text{DM}-15) - (40 \times \text{pH}) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

ارزش نسبی علوفه، به‌عنوان شاخص کیفیت علوفه، ترکیبی است از برآورد قابلیت هضم و مصرف ماده خشک علوفه و هر دو این‌ها به‌ترتیب تحت‌تاثیر میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی است. برای اندازه‌گیری ماده خشک قابل هضم (DDM)، مصرف ماده خشک (DMI) و ارزش نسبی (RFV) کاکتوس، یونجه خشک و سیلاژ کاکتوس-یونجه از رابطه‌های زیر استفاده شد (Linn و Martin ، ۲۰۰۸).

$$\text{DDM} = 88.9-(0.779 \times \%\text{ADF}) \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$\text{DMI (\% of BW)} = 120/(\%\text{NDF}) \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$\text{RFV} = (\text{DDM} \times \text{DMI})/1.29 \quad \text{(رابطه ۴)}$$

برای اندازه‌گیری مقدار گاز تولیدی حاصل از تخمیر نمونه‌ها، مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از کاکتوس علوفه‌ای، یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه بر حسب ماده خشک به‌درون بطری‌های ۱۲۰ میلی‌لیتری منتقل شدند. بدین منظور مایع شکمبه از دو گاو نر اخته هلشتاین دارای فیستولای شکمبه‌ای تغذیه شده با جیره بر پایه علوفه و کنسانتره، پیش ازخوراک‌دهی صبح تهیه شد. بطری‌های کشت با ۳۰ سی‌سی از مخلوط مایع شکمبه صاف شده و بزاق مصنوعی طبق روش Menke و Steingass (۱۹۸۸) و تحت گازدهی مداوم دی‌اکسید کربن پر و به‌کمک در پوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور محکم بسته و به‌مدت ۲۴ ساعت در بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در ابتدا، اواسط و انتهای پر کردن بطری‌ها، سه نمونه از مایع شکمبه بافری شده اخذ و به‌عنوان نمونه‌های زمان صفر مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور تصحیح گاز تولید شده ناشی از مایع شکمبه و بزاق، چهار تکرار به‌عنوان بلانک در نظر گرفته شد. فشار گاز تولیدی ناشی از تخمیر در ۲، ۴، ۶، ۸ ،۱۲، ۲۴، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از شروع انکوباسیون اندازه‌گیری شد. در زمان ثبت فشار توسط فشارسنج، حجم گاز تولید شده با استفاده از سرنگ مخصوص ثبت گردید. سپس داده‌های فشار به حجم گاز تولید شده تبدیل شد (Sommart و همکاران، ۲۰۰۰). در مجموع سه تکرار برای سه تیمار در نظر گرفته شد. مقادیر گاز تولیدی در هر زمان از میانگین گاز تولید شده در بلانک در همان زمان کسر و به‌عنوان گاز خالص تولید شده ثبت شد. قابلیت هضم ماده‌آلی (OMD) (Menke و همکاران، ۱۹۷۹)، انرژی متابولیسمی (ME) (Makkar، ۲۰۰۲) و انرژی خالص شیردهی (NE_L) (Menke و Steingass، ۱۹۸۸)، با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد:

$$\text{OMD (\%)} = 14.88+0.889\ \text{GP}+0.45\ \text{CP}+0.651\text{A} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

$$\text{ME (MJ/Kg DM)} = 2.20 + 0.136\ \text{GP} + 0.0574\ \text{CP} \quad \text{(رابطه ۶)}$$

NE_L (MJ/kg DM) = 0.101 GP + 0.051 CP + 0.112 EE (رابطه ۷)

در این رابطه‌ها: GP: کل گاز تولیدی در ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP: پروتئین خام (درصدی از ماده خشک)، A: خاکستر (درصدی از ماده خشک) و EE: عصاره اتری (درصدی از ماده خشک) بود.

برای آنالیز داده‌های سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در روزهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ از طرح کاملا تصادفی با پنج تکرار و برای آنالیز داده‌های تولید گاز کاکتوس علوفه‌ای، یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه، از طرح کاملا تصادفی، هر کدام با سه تکرار در هر تیمار استفاده شد. داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار Excel مرتب شد و سپس تجزیه‌وتحلیل آماری در نرم افزار R (نسخه 3.6.1) صورت گرفت. از آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد و از رابطه آماری زیر استفاده شد:

$Y_{ij} = \mu_{ij} + T_i + e_{ij}$ (رابطه ۸)

در این رابطه: Y_{ij}: صفت اندازه‌گیری شده، μ: میانگین صفت اندازه‌گیری شده، T_i: اثر تیمار آزمایشی و e_{ij}: اثر خطای آزمایش بود.

نتایج و بحث

در این تحقیق ترکیب شیمیایی کاکتوس علوفه‌ای و یونجه خشک پیش از سیلو کردن مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). در این آزمایش کاکتوس علوفه‌ای دارای آب فراوان بود، به‌طوریکه ماده خشک آن ۱۱/۲ درصد به‌دست آمد که با یافته‌های دیگر محققین مطابقت داشت (Lopes و همکاران، ۲۰۱۷)، یونجه خشک برخلاف کاکتوس علوفه‌ای از ماده خشک بالایی برخوردار بود، که برای رسیدن به ماده خشک مطلوب در سیلو و ترکیب آن با کاکتوس علوفه‌ای مناسب می‌باشد. درصد پروتئین خام کاکتوس علوفه‌ای پایین بود، در مقابل یونجه خشک از درصد پروتئین خام نسبتاً بالایی برخوردار بود که با نتایج دیگران مطابقت داشت (Gusha و همکاران، ۲۰۱۵؛ Boga و همکاران، ۲۰۱۴). در این آزمایش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی کاکتوس علوفه‌ای در مقابل الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی یونجه خشک پایین بود و با یافته‌های دیگر محققین مطابقت داشت (Lopes و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کاکتوس علوفه‌ای و یونجه خشک (درصد) پیش از سیلو کردن

ترکیب شیمیایی	علوفه	
	کاکتوس علوفه‌ای	یونجه خشک
ماده خشک	۱۱/۲	۷۹/۹
ماده آلی	۷۳/۳	۹۱/۱
پروتئین خام	۵/٤	۱٤/۳
عصاره اتری	۱/٦	۰/۹
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۲۷/۸	٤۳/۲
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۱۳/۳	۳۲/٤
خاکستر	۲۶/۷	۸/۸

در ایران، Taasoli و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند میزان پروتئین خام کاکتوس علوفه‌ای مشابه با گراس‌ها و علوفه لگومینه مناطق معتدل و گرمسیری می‌باشد. محققین دیگر ترکیب شیمیایی کاکتوس علوفه‌ای، یونجه خشک و علف *Tifton* را مورد مقایسه قرار دادند و بیان داشتند جایگزینی علف *Tifton* با یونجه خشک در جیره بزهای شیری دارای ۴۰ درصد کاکتوس علوفه‌ای، می‌تواند بدون هیچ مشکلی استفاده شود (Lopes و همکاران، ۲۰۱۷).

داده‌های مربوط به تولید گاز یونجه خشک، کاکتوس علوفه‌ای و سیلاژ کاکتوس مخلوط علوفه‌ای-یونجه در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد بین علوفه‌ها از نظر حجم گاز تولیدی و فراسنجه‌های تولید گاز در ساعات ثبت شده پس از انکوباسیون، اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P<۰/۰۵$). میزان تولید گاز در ساعات اولیه پس از انکوباسیون از کاکتوس علوفه‌ای و یونجه خشک بیشتر از سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه بود. در ساعات انتهایی پس از انکوباسیون، کمترین میزان گاز تولیدی از سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه مشاهده شد. داده‌های به‌دست آمده از تولید گاز در کاکتوس علوفه‌ای با نتایج Taasoli و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت، به‌طوری‌که تولید گاز در ۱۲ ساعت اولیه پس از انکوباسیون بیشتر و سریعتر بود و پس از ۲۴ ساعت این مقدار کاهش پیدا کرد. به گفته Otmani و همکاران (۲۰۱۹) تولید زیاد گاز در ساعات اولیه تخمیر یکی از خصوصیات خوراک‌های غنی از کربوهیدرات‌های محلول از جمله کاکتوس علوفه‌ای است، بخش عمده‌ای از قندهای محلول فروکتوز است که به‌سرعت در شکمبه تخمیر می‌شوند.

جدول ۲- مقادیر مربوط به تولید گاز بر حسب میلی‌لیتر در گرم ماده خشک و ارزش تغذیه‌ای کاکتوس علوفه‌ای، یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در شرایط آزمایشگاهی (*in vitro*)

پارامترها	تیمارها			SEM	سطح معنی‌داری
	کاکتوس علوفه‌ای	یونجه خشک	سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه		
زمان انکوباسیون (ساعت)					
۲	۱۰/۸	۱۱/۶	۱۰/۷	۰/۴۶	۰/۳۶
۴	۲۰^{a}	۱۹/۸^{a}	۱۵/۴^{b}	۰/۴۹	۰/۰۰۱
۶	۲۵/۷^{a}	۲۵/۶^{a}	۱۸/۵^{b}	۰/۶۰	۰/۰۰۰۲
۸	۲۸/۶^{a}	۲۹/۲^{a}	۲۱/۴^{b}	۰/۶۷	۰/۰۰۰۳
۱۲	۳۱/۲^{a}	۳۳/۶^{a}	۲۵/۳^{b}	۰/۷۸	۰/۰۰۰۷
۲۴	۳۷/۱^{a}	۴۰/۶^{a}	۳۱/۵^{b}	۰/۷۸	۰/۰۰۰۵
۴۸	۴۰/۷^{b}	۴۵/۵^{a}	۳۶/۲^{c}	۰/۸۰	۰/۰۰۰۵
۷۲	۴۲/۳^{b}	۴۶/۷^{a}	۳۹/۷^{c}	۰/۶۳	۰/۰۰۰۶
۹۶	۴۳/۴^{b}	۴۸^{a}	۴۱/۳^{b}	۰/۶۱	۰/۰۰۰۶
ارزش تغذیه‌ای					
ماده آلی قابل هضم (درصد)	۶۷^{a}	۶۳/۱^{b}	۵۹/۱^{b}	۰/۹۸	۰/۰۰۹
انرژی متابولیسمی (مگاکالری در کیلوگرم)	۱/۸۰^{b}	۲/۰۴^{a}	۱/۷۳^{b}	۰/۰۲	۰/۰۰۲
انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در کیلوگرم)	۰/۹۹^{b}	۱/۱۸^{a}	۱/۰۱^{b}	۰/۰۲	۰/۰۱

^{b,a}حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین علوفه‌ها می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

کاهش گاز تولیدی در کاکتوس علوفه‌ای نسبت به یونجه خشک در ساعات انتهایی انکوباسیون به‌دلیل کاهش کربوهیدرات‌های محلول و بالا بودن خاکستر در کاکتوس‌علوفه‌ای (Otmani و همکاران، ۲۰۱۹) نسبت به یونجه خشک می‌باشد. احتمال دارد کاهش گاز تولیدی پس از انکوباسیون در سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای-یونجه نسبت به کاکتوس علوفه‌ای و یونجه خشک به‌دلیل بالا بودن خاکستر، عصاره اتری و همچنین کاهش کربوهیدرات‌های محلول در سیلاژ باشد که توسط لاکتوباکتری‌ها در جهت تولید اسیدلاکتیک مورد استفاده قرار گرفته است، محصولات تخمیری سیلاژ مجدداً تخمیر نشده و گاز تولید نمی‌کنند، لذا تولید گاز در سیلاژ کم می‌باشد (McDonald، ۲۰۱۱).

درصد ماده‌آلی قابل هضم کاکتوس علوفه‌ای بالاتر از یونجه خشک و سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه بود. کمتر بودن ماده‌آلی قابل هضم یونجه خشک در مقایسه با کاکتوس علوفه‌ای، ممکن است به‌دلیل غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی بیشتر این گیاه نسبت به کاکتوس علوفه‌ای باشد، که تاثیر آن در سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه قابل مشاهده است. در شرایط *in vivo*، Taasoli و همکاران (۲۰۱۱) ماده‌آلی قابل هضم کاکتوس علوفه‌ای را ۷۳/۸ درصد به‌دست آوردند که با نتایج به‌دست آمده در آزمایش حاضر مطابقت دارد. محققین، به بررسی قابلیت هضم کاکتوس علوفه‌ای جوان و بالغ در شرایط *in vitro* پرداختند و عنوان کردند کم بودن قابلیت هضم ماده‌آلی در کاکتوس بالغ به‌دلیل سطح بالای خاکستر در کاکتوس علوفه‌ای است که عامل محدود کننده‌ای برای رشد میکروبی در داخل شکمبه می‌باشد (Otmani و همکاران، ۲۰۱۹).

انرژی متابولیسمی و انرژی خالص شیردهی یونجه خشک از کاکتوس علوفه‌ای و سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه بیشتر بود ($P<۰/۰۵$)، که بالا بودن خاکستر در کاکتوس علوفه‌ای و افزایش فیبر در سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه نسبت به یونجه خشک ممکن است دلیل بالا بودن انرژی متابولیسمی یونجه خشک نسبت به کاکتوس علوفه‌ای و سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه باشد. در آزمایشی (Cordova-Torresa و همکاران، ۲۰۱۵) تولید گاز و تجزیه‌پذیری گونه‌های مختلف کاکتوس خاردار و بدون‌خار (کاکتوس علوفه‌ای) در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد برخی گونه‌های کاکتوس دارای خاکستر و فیبر بالایی هستند که سبب کاهش قابلیت دسترسی انرژی از ماده خشک علوفه می‌شود و یکی از ویژگی‌های مطلوب کاکتوس علوفه‌ای تجزیه‌پذیری و انرژی متابولیسمی بالای آن و تولید گاز پایین‌تر نسبت به دیگر گونه‌های کاکتوس بود. طبق گزارش Taasoli و همکاران (۲۰۱۱)، انرژی متابولیسمی کاکتوس علوفه‌ای حدود ۸۰ درصد انرژی متابولیسمی دانه جو (۱۱-۱۰ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) بود. هم‌چنین، Otmani و همکاران (۲۰۱۹) انرژی متابولیسمی کاکتوس علوفه‌ای جوان و بالغ را در شرایط *in vitro* حدود ۹ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک به‌دست آورند. در برزیل، Rocha Filho و همکاران (۲۰۲۱) بیان داشتند اکثر ژنوتیپ‌های کاکتوس علوفه‌ای بدون‌خار از انرژی متابولیسمی بالایی (۲/۳۹-۲/۲۹ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) برخوردار بودند که این مقدار حتی از یونجه مورد آزمایش (۲/۱۳) هم بالاتر بود. در مطالعه‌ای که محققین بر روی ارقام مختلف گیاهان لگومینه از جمله یونجه انجام دادند، به‌طور متوسط در همه واریته‌ها به انرژی متابولیسمی ۷/۲ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک دست یافتند (Boga و همکاران، ۲۰۱۴).

پس از سیلو کردن کاکتوس علوفه‌ای با یونجه خشک ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای سیلاژ در روزهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). در این آزمایش ماده خشک سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه با گذشت زمان و پس از سیلو کردن تغییر نکرد. عدم اتلاف در ماده خشک سیلاژ ممکن است به‌دلیل عدم اتلاف به‌شکل پساب باشد (Khorvash و همکاران، ۲۰۰۶) از طرفی کاکتوس علوفه‌ای حاوی کربوهیدرات بالاست که یکی از ترکیبات ضروری و تعیین کننده فرآیند تخمیر جهت سیلو نمودن علوفه محسوب می‌شود (Pereira و همکاران، ۲۰۲۰). به عقیده محققین هر عاملی مانند افزودنی‌های میکروبی یا کربوهیدرات‌های قابل‌تخمیر که به تولید اسید لاکتیک کمک

نمایند اتلاف ماده خشک را در سیلو کاهش می‌دهند (Sharp و همکاران، ۱۹۹۴).

ماده‌آلی و میزان خاکستر سیلاژ کاکتوس مخلوط علوفه‌ای-یونجه با گذشت زمان و پس از سیلو کردن تغییر نکرد که نشان دهنده عدم تلفات مواد مغذی و پساب موجود در مواد سیلویی می‌باشد (Cürek و Ozen ، ۲۰۰۴). یکی از ویژگی‌های جالب کاکتوس علوفه‌ای ژلاتینه شدن به‌دلیل موسیلاژ موجود در این گیاه است، موسیلاژ از هیدروکلوئیدهایی تشکیل شده است که به‌دلیل آب-دوست بودن توانایی جذب آب را دشته و رطوبت را در خود حفظ می‌کنند (Gusha و همکاران، ۲۰۱۴). به‌طوری‌که، Brito و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند مخلوط کردن کاکتوس علوفه‌ای و گیاه بومی Gliricidia سبب کاهش تولید پساب و حفظ ارزش غذایی سیلو شد.

جدول ۳- ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ایی سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در روزهای ۳۰، ٤٥ و ٦٠ پس از سیلو کردن

ترکیب شیمیایی	سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای- یونجه			SEM	سطح معنی‌داری
	روز ۳۰	روز ۴۵	روز ۶۰		
ماده خشک (درصد)	۳۰/۲	۳۰/۹	۳۱/۴	۰/۴۶	۰/۲۸
ماده‌آلی (درصد)	۸۳/۱	۸۳/۸	۸۴	۰/۲۱	۰/۰۸
پروتئین خام (درصد)	۱۳/۵[a]	۱۳/۴[a]	۱۲/۷[b]	۰/۱۸	۰/۰۵
چربی خام (درصد)	۳/۵	۳/۲	۳/۵	۰/۳۰	۰/۷۶
خاکستر (درصد)	۱۶/۹	۱۶/۲	۱۶	۰/۲۴	۰/۰۸
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۴۶/۲	۴۷/۵۲	۴۸/۶	۲/۰۹	۰/۷۲
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۳۴/۹	۳۲/۴	۳۳/۳	۰/۴۹	۰/۲۰
ماده خشک قابل هضم (درصد)	۶۲/۵	۶۳/۶	۶۳	۰/۳۸	۰/۲۰
ماده خشک مصرفی (درصد وزن بدن)	۲/۶۳	۲/۵۲	۲/۳۷	۰/۱۱	۰/۳۹
ارزش نسبی خوراک	۱۲۷	۱۲۵	۱۲۴	۵/۴۳	۰/۵۶

[b,a]حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین سیلاژها می‌باشد (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

پروتئین خام سیلاژ در روز ۶۰ پس از سیلوکردن به‌طور معنی‌داری از روزهای ۳۰ و ۴۵ سیلو کردن کمتر بود (P<۰/۰۵). احتمالاً کاهش اسید لاکتیک و افزایش pH سیلاژ سبب افزایش فرآیند پروتئولیز و در نتیجه کاهش پروتئین خام در روز ۶۰ پس از سیلو کردن شده است. با توجه به یافته‌های Grum و همکاران (۱۹۹۱)، پس از سیلو کردن علوفه، مقدار نیتروژن پروتئینی که در علوفه تازه بیش از ۲۵ تا ۹۰ درصد بود، پس از تخمیر و با گذشت زمان، در اثر فرآیند پروتئولیز به کمتر از ۱۰ تا ۲۵ درصد رسید.

چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه تحت‌تاثیر مدت زمان سیلو کردن قرار نگرفتند. به‌طور کلی کیفیت سیلاژها را با توجه به مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی آن تعیین می‌کنند (Boga و همکاران، ۲۰۱۴) در این آزمایش با ثابت ماندن الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی (احتمالا به‌دلیل عدم هیدرولیز اجزای دیواره سلولی) میزان قابلیت هضم ماده خشک و مصرف ماده خشک سیلو و به‌دنبال آن ارزش نسبی سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه با گذشت زمان پس از سیلو کردن تغییر نکرد.

pH سیلاژ با گذشت زمان پس از سیلو کردن به‌طور معنی‌داری

(P<۰/۰۵) افزایش نشان داد (جدول ۴). افزایش pHاحتمالاً به‌دلیل محدود شدن فرآیند تخمیر، کاهش غلظت مجموع اسیدها و هم‌چنین افزایش نیتروژن آمونیاکی در نتیجه‌ی فرآیند پروتئولیز می‌باشد. در تحقیقی، Cürek و Ozen (۲۰۰۴) pH سیلاژهای کاکتوس‌های جوان و بالغ را به‌مدت یک‌سال مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند مقدار pH سیلاژ کاکتوس‌های بالغ در همه ماه‌ها به جز نوامبر کمتر از کاکتوس‌های جوان بود (این مقدار بین ۴/۳۰-۳/۵۴ متغیر بود) که نشان‌دهنده کیفیت خوب سیلاژ می‌باشد. مقدار pH در سیلاژ کاکتوس‌علوفه‌ای- یونجه به‌ویژه پس از گذشت ۳۰ روز از سیلو کردن در محدوده‌ای بود که بتوان برای داشتن سیلوی پایدار، مناسب تلقی شود. به‌طوری‌که مقادیر مشابهی از pH، از تحقیق Gusha و همکاران (۲۰۱۵) در نتیجه تخمیر سیلاژ کاکتوس علوفه‌ای-علوفه لگومینه به‌دست آمده‌است.

جدول٤- خصوصیات تخمیری سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در روزهای ۳۰، ٤٥ و٦٠ پس از سیلوکردن

خصوصیات تخمیر	سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای- یونجه			SEM	سطح معنی داری
	روز ۳۰	روز ۴۵	روز ۶۰		
pH	۴/۲۵[b]	۴/۶۰[a]	۴/۶۷[a]	۰/۰۵	۰/۰۰۲
نیتروژن آمونیاکی (گرم در کیلوگرم نیتروژن کل)	۶۲/۷[b]	۶۳/۹[ab]	۶۴/۸[a]	۰/۳۵	۰/۰۵
اسید لاکتیک (درصد)	۷/۸۱[a]	۷/۵۴[a]	۶/۲۵[b]	۰/۳	۰/۰۳
اسید استیک (درصد)	۲/۰۹	۲/۱۶	۱/۸۸	۰/۰۹	۰/۲۵
نسبت اسید لاکتیک به اسید استیک	۳/۷۳	۳/۵۰	۳/ ۳۲	۰/۰۶	۰/۲۲
نقطه فلیگ	۹۱/۵[a]	۷۷/۷[b]	۷۴/۹[b]	۲/۰۳	۰/۰۰۲
ارزیابی حسی سیلاژ	۲۰	۱۸	۱۸	-	-

[b,a]حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین سیلاژها می‌باشد (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

سطح نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در روز ۳۰ کمترین مقدار بود (P<۰/۰۵). وجود مقادیر پایین کربوهیدرات‌های محلول در آب، بالا بودن پروتئین‌ها و ظرفیت بافری، منجر به کاهش آهسته pH در سیلاژ می‌گردد که نتیجه آن مقاومت بیشتر میکروارگانیسم‌های نامطلوب و پایداری آن‌ها در سیلاژ شده و لذا دی‌آمیناسیون اسیدهای آمینه افزایش خواهد یافت. این پدیده سبب افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی می‌گردد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱) بنابراین افزایش سطح نیتروژن آمونیاکی در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلو کردن که با کاهش اسید لاکتیک و افزایش pH سیلاژ مطابقت داشت را می‌توان به افزایش تجزیه پروتئین سیلاژ نسبت داد. نتایج آزمایش Gusha و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد، استفاده از کاکتوس علوفه‌ای و علوفه لگومینه سبب بهبود کل محتوی نیتروژن سیلاژ شد. اگر میزان نیتروژن آمونیاکی کمتر از پنج درصد نیتروژن کل باشد، کیفیت تخمیر عالی بوده و سیلاژ ایده‌آل می‌باشد (Chamberlain و Wilkinson، ۲۰۰۰). هر عاملی مثل افزودنی‌های میکروبی یا کربوهیدرات قابل تخمیر که به تولید اسید لاکتیک کمک نماید اتلاف نیتروژن را در مواد سیلویی کاهش می‌دهد (Sharp و همکاران، ۱۹۹۱).

میزان اسید لاکتیک در سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه پس از ۳۰ و ۴۵ روز سیلو کردن بالاتر از روز ۶۰ بود (P<۰/۰۵). طبق گفته محققین مقدار اسید لاکتیک یک سیلاژ در صورتی که به‌خوبی سیلو شده باشد بازتابی از مقدار قند موجود در علوفه است و هرچه علوفه دارای کربوهیدرات‌های سریع‌التخمیر و قند بیشتری باشد، اسید لاکتیک بیشتری هم خواهد داشت (Kung Junior و همکاران، ۲۰۱۸). محققین باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک

را در پدهای تازه و سیلو شده کاکتوس علوفه‌ای و اثرات آن‌ها بر تخمیر و پایداری شرایط هوازی سیلو بررسی کردند (Pereira و همکاران، ۲۰۲۰). آن‌ها به این نتیجه رسیدند که وجود مقادیر بالای کربوهیدرات محلول در آب کاکتوس علوفه‌ای سبب فعالیت باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک و افزایش این اسید در سیلاژ می‌شود، هم‌چنین آن‌ها بیان کردند غلظت بالای اسید لاکتیک احتمالاً سبب کاهش کمتر pH سیلاژ و به نفع عملکرد باکتری‌های ناهمگن تولید کننده اسید لاکتیک در مرحله ابتدایی تخمیر می‌شوند. احتمالا کاهش اسید لاکتیک در ۶۰ روز پس از سیلو کردن به‌دلیل کاهش سوبسترای لازم برای باکتری‌های تولید کننده این اسید و افزایش pH سیلاژ سبب کاهش عملکرد این باکتری‌ها شد.

میزان اسید استیک با گذشت زمان پس از سیلو کردن تغییر نکرد. افزایش غلظت اسید لاکتیک سیلاژ در pH پایین سبب کاهش تخمیر کلستریدیایی و کاهش تولید اسید استیک و اسید بوتیریک می‌شود (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). غلظت اسید استیک سیلاژ خوب معمولا بین ۳-۱ درصد ماده خشک است که با داده‌های حاصل از این آزمایش مطابقت دارد، زیرا غلظت متوسط اسید استیک جهت پایداری سیلو و مهار مخمرها هنگامی‌که سیلاژ در معرض هوا قرار گیرد، مفید است (Limin و همکاران، ۲۰۱۸؛ Kung Junior و همکاران، ۲۰۱۸).

نسبت اسید لاکتیک به اسید استیک در سیلاژ کاکتوس مخلوط علوفه‌ای-یونجه با گذشت زمان پس از سیلو کردن تغییر نکرد. نسبت اسید لاکتیک به اسید استیک معمولاً به‌عنوان شاخصی برای بیان کیفیت تخمیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نسبت در مطالعه حاضر مطلوب به‌نظر می‌رسد. در تخمیر خوب معمولا نسبت این اسیدها ۳- ۲/۵ و نسبت کمتر از یک معمولاً نشانه تخمیر نامطلوب است و سیلاژهای با مقادیر بسیار بالای نسبت اسید لاکتیک به اسید استیک ممکن است از نظر شرایط هوازی بی‌ثبات به‌نظر برسد، زیرا غلظت کم اسید استیک ممکن است برای مهار مخمرهای جذب‌کننده لاکتات (*Lactateassimilating*) کافی نباشد (Limin و همکاران، ۲۰۱۸).

بالاترین نقطه فلیگ یا شاخص کیفیت در سیلاژ کاکتوس مخلوط علوفه‌ای-یونجه با گذشت ۳۰ روز پس از سیلو کردن مشاهده شد ($P<0/05$). نقطه فیلگ از تلفیق دو فاکتور pH و ماده خشک سیلاژ بدست می‌آید (Limin، ۲۰۰۶) در مطالعه حاضر، ماده خشک با گذشت زمان پس از سیلو کرن ثابت ماند اما مقدار pH در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلو کردن به‌دلیل کاهش اسید لاکتیک افزایش یافت، بنابراین نقطه فلیگ سیلاژ مخلوط کاکتوس-یونجه در روز ۳۰ پس از سیلو کردن بیشتر از روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلو کردن بود.

عملاً ارزشیابی مواد سیلویی به دو روش ظاهری (فیزیکی) و آزمایشگاهی (شیمیایی) صورت می‌گیرد. ارزشیابی ظاهری به ارزشیابی حسی نیز معروف است که از روی بوی مواد سیلویی و وضع مواد سیلو شده در لمس و رنگ آن صورت می گیرد. مهم‌ترین موضوع مواد سیلویی، بوی سیلویی است که در آن وجود اسید بوتیریک و اسید استیک (بوی سوختگی) حس می‌شود. با توجه به ارزیابی‌های حسی، سیلاژهای مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در این تحقیق رتبه خیلی خوب را به خود اختصاص دادند. در تحقیقی، Cürek و Ozen (۲۰۰۴) نقطه فلیگ سیلاژهای کاکتوس‌های جوان و بالغ را به‌مدت یک‌سال مورد بررسی قرار دادند و پس از ارزیابی حس بیان داشتند با وجود خاکستر بالا کیفیت سیلاژها به‌دلیل نسبت بالای کربوهیدرات‌های محلول، خیلی خوب و خوب بود.

در این تحقیق، با طولانی شدن زمان سیلو، تغییری در غلظت اسیدهای چرب اولئیک (transC18:1) و مارگاریک مشاهده نشد (جدول ۵)، اما اسیدهای چرب لوریک (C12:0)، اولئیک (cisC18:1)، لینولئیک (cisC18:2) و لینولنیک (cisC18:3) در روز ۳۰ پس از سیلو کردن به‌طور معنی‌داری بیشتر از روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلو کردن بود ($P<0/05$). از طرفی غلظت اسیدهای چرب میریستیک (C14:0)، پنتادکلیک (C15:0)، پالمیتولئیک (cisC16:1) و (transC16:1) در سیلاژ ۳۰ روز پس از سیلوکردن، کمترین بود ($P<0/05$). مطالعات قبلی از افزایش یا کاهش اسیدهای چرب سیلاژهای

مختلف در مقایسه با علوفه‌های تازه گزارش داده‌اند (Liu و Shao، ۲۰۱۸). اگرچه دلیل آن به‌طور قطع مشخص نیست، اما احتمال دارد آنزیم‌های گیاهی و میکروب‌ها در تغییر اسیدهای چرب در طی سیلو کردن نقش داشته باشند (Liu و Shao، ۲۰۱۸؛ zhang و همکاران، ۲۰۲۱). در مقاله مروری (Cordova، ۲۰۱۷) اسیدهای چرب موجود در کاکتوس علوفه‌ای جوان و بالغ با دیگر علوفه‌ها از جمله سیلاژ ذرت و یونجه خشک مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص شد کاکتوس علوفه‌ای در مقایسه با دیگر علوفه‌ها سرشار از اسیدهای لینولئیک و لینولنیک است. این اسیدهای چرب پیش‌ماده اسید آراشیدونیک هستند و دارای خواص ضد سرطان در روده بزرگ و کاهش‌دهنده کلسترول در انسان می‌باشند.

جدول ۵- الگوی اسیدهای چرب سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه در روزهای ۳۰، ٤٥ و ٦٠ پس از سیلوکردن

الگوی اسیدهای چرب (درصد)	سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای-یونجه			SEM	سطح معنی داری
	روز ۳۰	روز ۴۵	روز ۶۰		
اسید لوریک (C12:0)	۰/۳۰^{a}	۰/۲۵^{b}	۰/۲۷^{b}	۰/۰۰۴	۰/۰۱
اسید میریستیک (C14:0)	۰/۱۲^{c}	۰/۴۲^{a}	۰/۳۱^{b}	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱
اسید پنتادکلیک (C15:0)	۱/۱۱^{c}	۱/۸۴^{a}	۱/۳۵^{b}	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱
اسید پالمیتیک (C16:0)	۱۴/۶۹^{c}	۱۷/۰۴^{b}	۲۱/۱۷^{a}	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱
اسید پالمیتولئیک (cisC16:1)	۲/۱۴^{c}	۳/۱۶^{a}	۲/۹۰^{b}	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱
اسید پالمیتولئیک (transC16:1)	۱/۳۰^{c}	۲/۳۵^{a}	۱/۸۵^{b}	۰/۰۲	۰/۰۰۰۲
اسید مارگاریک (C17:0)	۲/۲۱	۲/۱۱	۲/۴۰	۰/۰۵	۰/۰۷
اسید استئاریک (C18:0)	۶/۲۷^{c}	۷/۵۸^{b}	۹/۵۳^{a}	۰/۰۶	۰/۰۰۰۱
اسید اولئیک (cisC18:1)	۱۳/۴^{a}	۱۲/۱^{b}	۱۲/۶^{b}	۰/۲۱	۰/۰۵
اسید اولئیک (transC18:1)	۰/ ۲۷	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۲۳
اسید لینولئیک (cisC18:2)	۴۹/۲^{a}	۴۴/۸^{b}	۴۰/۴^{c}	۰/۰۷	۰/۰۰۰۱
اسید لینولئیک (transC18:2)	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۱
اسید لینولنیک (cisC18:3)	۷/۱۱^{a}	۶/۵۰^{b}	۵/۲۴^{c}	۰/۰۷	۰/۰۰۰۱
اسید لینولنیک (transC18:3)	۱/۰۳^{a}	۱/۱۱^{a}	۰/۹۴^{b}	۰/۰۲	۰/۰۵

^{b,a}حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین سیلاژها می‌باشد (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

موارد ذکر شده می‌تواند کاهش اسیدهای چرب لوریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک را با گذشت زمان پس از سیلوکردن، در این تحقیق توجیه کند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد کاکتوس علوفه‌ای از ماده‌آلی قابل هضم مطلوبی برای دام برخوردار است و کشت آن می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. کربوهیدرات بالای موجود در این گیاه سبب افزایش فعالیت باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک و مخلوط‌کردن آن با یونجه خشک سبب بهبود ارزش تغذیه‌ای سیلاژ شد. بنابراین می‌توان از کاکتوس علوفه‌ای به‌شکل سیلاژ جهت بهبود شرایط تخمیر همراه با منابع پروتئین خام و فیبر به‌منظور بهبود کیفیت سیلاژ بهره برد. در این تحقیق از یونجه خشک که علوفه در دسترس بود استفاده شد، این در حالی است که می‌توان از علوفه‌های دیگر (مانند فرآورده‌های فرعی کشاورزی) که درصد

پروتئین خام و ماده خشک بالای (مشابه علوفه خشک یونجه) دارند استفاده کرد و بدین ترتیب از سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای برای جبران کمبود خوراک دام در مناطق گرم‌وخشک بهره برد.

تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه آزاد اِوز (شهرستان لارستان) و آقای مرتضی سالاریان مجری طرح مزرعه کاکتوس علوفه‌ای دانشگاه آزاد اِوز به خاطر تأمین کاکتوس علوفه‌ای جهت انجام این پژوهش تشکر نمایند.

منابع

عطریان، پژمان. تغذیه سیلاژ در نشخوارکنندگان. چاپ اول، انتشارات آییژ، ۱۳۸۷.

AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Broderick, G.A and 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.

Boga, M., Yurtseven, S., Kilic, U., Aydemir, S and Polat., T. (2014). Determination of Nutrient Contents and *in vitro* Gas Production Values of Some Legume Forages Grown in the Harran Plain Saline Soils. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 27: 825-831.

Brito, G.S.M.S., Santos, E.M., Araújo, G.G.L., Oliveira, J.S., Zanine, A.M., Perazzo, A.F and Cavalcanti, H.S. (2020). Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. *Scientific Reports*. 10: 1–13.

Chamberlain, A.T and Wilkinson, J.M. (2000). Feeding the dairy cow (2nd ed.). United Kingdom: Chalcombe Publications, Lincoln.

Cordova-Torresa, A.V., Mendoza-Mendozaa, J.C., Bernal-Santosa, G., García Gascaa, T., Kawasb, J.R., Costac, R.G., Mondragon Jacoboa, C. and Andrade-Montemayora, H.M. (2015). Nutritional Composition, *in vitro* Degradability and Gas Production of *Opuntia ficus indica* and Four Other Wild Cacti Species. *Life Science Journal*. 12: 42-54.

Cordova-Torresa, A.V., Costab, R.G., Araújo Filhoc, J.T., Medeirosb, A.N. and Andrade-Montemayord., H.M. (2017). Meat and milk quality of sheep and goat fed with cactus pear. *JPCD*. 19: 11-31.

Costa, R.C., Beltr~ao Filho, E.M., Medeiros, A.N., Givisiez, P.E.N., Queirog, R.C.R.E. and Melo, A.A.S. (2009). Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. *Small Ruminant Research*. 82: 62–65.

Cürek, M. and Ozen, N. (2004). Feed value of cactus and cactus silage. *Turkish Journal Veterinary and Animal Sciences*. 28: 633–639.

Eguchi, K., Hattori, I., Sawai, A. and Muraki, M. (2008). Fermantation 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.

FAO-ECARDA. (2017). Crop Ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear. Paolo Inglese, Università degli Studi di Palermo, Italy; General Coordinator of the Cactusnet Candelario Mondragon, INIFAP, Mexico. Ali Nefzaoui, ICARDA, Tunisia Carmen Saenz, Universidadde Chile, Chile. the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas Rome.

Grum, D.E., Shockey, W. and Weiss, W.P. (1991). Electrophoretic examination of alfalfa silage proteins. *Journal of Dairy Science.* 74: 146-154.

Gusha, J., Halimani, T. E., Katsande, S. and Zvinorova, P. I. (2014) Performance of goats fed on low quality veld hay supplemented with fresh spiny cactus (Opuntia megacantha) mixed with browse legumes hay in Zimbabwe. *Trophcal Animal Health and Prodaction.* 46: 1257–1263.

Gusha, J., Halimani, T., Ngongoni, N.T. and 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.

Jeranyama, P. and Garcia, A.D. (2004). Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ). Extension Extra. Paper 352.

Kung Junior, L., Shaver, R.D., Grant, R.J and Schmidt, R.J. (2018). Silage review: interpretation of chemical, microbial and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*. 101: 4020–4033.

Kilic, A. (1986). Silo Feed (Instruction, Education and Application Proposals). Bilgehan Press, Izmir, pp: 327.

Kilic, A. (2006). Determined of quality in roughage. Hasat Poblication, Istanbul.

Khorvash, M., Colombatto, D., Beauchemin, K.A., Ghorbani, G.R. and Samei, A. (2006). Use of absorbents and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Canadian Journal of Animal Science*. 86: 97-107.

Lopes, L.A., Carvalho, F.F.R., Cabral, A.M.D., Batista, A.M.V., Camargo, K.S., Silva, J.R.C., Ferreira, J.C.S., Pereira, Neto, J.D. and Silva, J.L. (2017). Replacement of Tifton hay with alfalfa hay in diets containing spineless cactus (Nopalea cochenillifera Salm-Dyck) for dairy goats. *Small Ruminant Research*. 156: 7–11.

Limin Kung, J.R.D., Shaver Grant, R.J. and Schmidt, R.J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*. 101(5): 4020-4033.

Liu, Q., Dong, Z. and Shao, T. (2018). Dynamics of change in fermentation and fatty acid profiles in high moisture alfalfa silage during ensiling at different temperatures. *Ciência Rural*. 48: 1-9.

Linn, J. G., and Martin, N. P. (1989). "Forage Quality Test and Interpretation." Univ. Minnesota.

Makkar, H.P.S. (2002). Applications of the in vitro gas method in the evaluation of feed resources, and enhancement of nutritional value of tannin-rich tree/browse leaves and agro-industrial by-product. In Makkar HPS (ed.), Development and Field Evaluation of Animal Feed Supplementation Packages: Proceedings of the Final Review Meeting of an IAEA Technical Co-Operation Regional AFRA Project Organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and Held in Cairo, Egypt, 25–29 November 2000. IAEA-TECDOC-1294. Vienna, Austria: IAEA, pp. 23–42.

Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider., W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agriculture Science Cambridge*. 93: 217-222.

Menke, K.H. and 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.

McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S.J.E. (1991). Microorganism. In: The Biochemistry of Silage. 2ed. Aberystwyth: Cambran printers Ltd, 1991. Chap. 4: 81-151.

Otmani, S.E.l., Chentouf, M.J., Hornick, L. and 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.

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.A., Santos, E.M., Araújo, G.G.L., Oliveira, J.S., Pinho, R.M.A., Zanine, A.de.M., Souza, A.F.N., Macedo, A.J.S., Neto, J.M.C. and Nascimento, T.V.C. (2020). Isolation and identification of lactic acid bacteria in fresh plants and in silage from Opuntia and their effects on the fermentation and aerobic stability of silage. *The Journal of Agricultural Science*. 1-9.

Rocha Filho, R.R., Santos, D.C., Chaves V´eras, A.S., Siqueira, M.C.B., Novaes, L.P., Mora-Luna, R., Monteiro, C.C.F. and Ferreira, M.A. (2021). Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? *Journal of Arid Environments*. 186: 1-8.

Sharp, R., Hooper, P.G. and Armstrong, D.G. (1994). The digestion of grass silages produced using inoculants of lactic acid bacteria. *Grass Forage Science*. 49: 42–53.

Stintzing, F.C. and Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology and uses. *Molecular Nutrition and Food Research.* 49: 175–194.

Sukhija, P.S. and Palmquist, D.L. (1988). Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 36: 1202-1206.

Taasoli, G., Kafilzadeh, F. and Khamisabadi, H. (2011). Evaluation of *opuntia ficus-indica* cactus grown in western region of Iran as animal feed. *Researches of The First International Conference*. ISSN 2072-3875.

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca.

Zhang, Y.X., Ke, W.C., Vyas, D., Adesogan, A.T., Franco, M., Li, F.H., Bai, J.X and Guo, S. (2021). Antioxidant status, chemical composition and fermentation profile of alfalfa silage ensiled at two dry matter contents with a novel Lactobacillus plantarum strain with high-antioxidant activity. *Animal Feed Science and Technology*. 272: 1-10.