

The survey of ensiling duration of total mixed rations with different levels of pistachio peeling residues on chemical composition, fermentation characteristics, and gas production by *in vitro* method

**Fatemeh Akbari¹, Omid Dayani^{2*}, Mohammad Mehdi Sharifi Hosseini³,
Zohreh Hajalizadeh⁴**

¹ MSc. Student, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

² Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran,
Email: odayani@uk.ac.ir

³ Assistant Professor of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

⁴ PhD. Departments of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Full Paper	Background and Objectives: Total mixed rations silage (TMRS) from high-moisture agricultural residues can be a suitable alternative for better feed management, preserving nutritional value, and enhancing the performance of ruminants. This study aimed to investigate the effect of ensiling time of TMRS with different levels of pistachio peeling residues (PPR) on the chemical composition, fermentation characteristics and gas production by using <i>in vitro</i> method.
Article history: Received: 05/16/2024 Revised: 08/05/2024 Accepted: 08/07/2024	Materials and Methods: The rations with 60% fodder material and 40% concentrate based on dry matter (DM), with different levels of PPR (providing 55% moisture and 45% DM), were mixed then they were ensiled in experimental silos with a weight capacity of 2 kg. Experimental diets included: 1) TMRS without PPR (control diet), 2) TMRS with 5% PPR, 3) TMRS with 10% PPR, and 4) TMRS with 15% PPR. After 30, 45, and 60 days, the silos were opened and sensory assessment, silage characteristics, and pH of silages were immediately assessed. The silages DM, crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ammonia nitrogen, and lactic acid was measured. The gas production volume of the silages was measured, and then gas production parameters (dry matter intake, short-chain fatty acids, and digestibility of DM and organic matter) at different ensiling times were determined.
Keywords: Gas production Nutrients Parameters Pistachio peeling residues Total mixed ration silage	Results: The results of this study indicated that the DM content of rations containing 10% and 15% PPR decreased after ensiling for 60 days ($P<0.05$). The EE percentage of TMRS was lower at days 60 after ensiling compared to days 30 and 45. The highest amount of NDF was observed in rations containing 0% and 10% PPR at 45 days after ensiling ($P<0.05$). Additionally, with increasing ensiling duration, the ADF in all rations increased ($P<0.05$). The concentration of lactic acid and the fleig point at all levels of PPR were influenced by ensiling time, with the highest levels observed at

30 days after ensiling ($P<0.05$). Also, the pH level increased with increasing ensiling duration at all levels of PPR ($P<0.05$). After 60 days of ensiling, the level of ammonia nitrogen in the TMRS was at its highest ($P<0.05$). With increasing ensiling time, no difference was observed in the gas production volume and parameters under *in vitro* conditions.

Conclusion: The results of this study showed that despite increasing the ensiling duration from 30 to 45 days, the silage characteristics and digestibility of TMRS with different levels of PPR were optimal under *in vitro* conditions. Therefore, TMRS containing 10% PPR, with a silage duration of 45 days, can be used in animal nutrition.

Cite this article: Akbari, F., Dayani, O., Sharifi Hosseini, M.M., Hajalizadeh, Z. (2025). The survey of ensiling duration of total mixed rations with different levels of pistachio peeling residues on chemical composition, fermentation characteristics and gas production by *in vitro* method. *Journal of Ruminant Research*, 13(1), 107-128.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejrr.2024.22452.1955

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی مدت زمان سیلوسازی جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته بر ترکیب شیمیایی، خصوصیات تخمیری و تولید گاز در شرایط برون‌تنی

فاطمه اکبری^۱، امید دیانی^{۲*}، محمد مهدی شریفی حسینی^۳، زهره حاج‌علیزاده^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

^۲ استاد گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران، رایانامه: odayani@uk.ac.ir

^۳ استادیار گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

^۴ دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: تهیه جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده از بقایای محصولات کشاورزی حاوی رطوبت بالا می‌تواند یک انتخاب مناسب در جهت مدیریت بهتر خوراک، حفظ ارزش غذایی و افزایش عملکرد نشخوارکنندگان باشد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر زمان سیلو کردن بر ترکیب شیمیایی، خصوصیات تخمیری و تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۷ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۱۷	مواد و روش‌ها: جیره‌های کاملاً مخلوط با نسبت ۶۰ درصد مواد علوفه‌ای و ۴۰ درصد مواد کنسانتره‌ای بر اساس ماده خشک با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (بر اساس تأمین ۵۵ درصد رطوبت و ۴۵ درصد ماده خشک) با هم مخلوط و در سطوح‌های پلاستیکی دو لیتری سیلو شدند. جیره‌های آزمایشی شامل: (۱) جیره کاملاً مخلوط سیلو شده بدون بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (شاهد)، (۲) جیره کاملاً مخلوط سیلو شده با ۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، (۳) جیره کاملاً مخلوط سیلو شده با ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته و (۴) جیره کاملاً مخلوط سیلو شده با ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته بودند. پس از گذشت ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز درب سیلوها باز و بلافاصله ارزیابی ظاهری-حسی، خصوصیات سیلویی و pH سیلاژها بررسی شد. ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، نیتروژن آمونیاکی و اسیدلاکتیک سیلاژها اندازه‌گیری شد. حجم گاز تولیدی جیره‌ها اندازه‌گیری و سپس فراسنجه‌های تولید گاز (ماده خشک مصرفی، اسیدهای چرب زنجیر کوتاه، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی) در زمان‌های متفاوت سیلوکردن تعیین گردید.
واژه‌های کلیدی: بقایای پوست‌گیری پسته جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده مواد مغذی مولفه‌های تولید گاز	یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان دادند میزان ماده خشک جیره‌های دارای ۱۰ و ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته پس از ۶۰ روز سیلوکردن کاهش یافت ($P < 0/05$). درصد عصاره اتری تمام جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده در ۶۰ روز پس از سیلوکردن، کمتر از روزهای ۳۰

و ۴۵ بود. الیاف نامحلول در شوینده خنثی جیره‌های دارای صفر و ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته تحت تأثیر مدت‌زمان سیلو کردن قرار گرفت و بیشترین مقدار مربوط به زمان ۴۵ روز پس از سیلوکردن بود ($P < 0/05$). علاوه بر این، با افزایش مدت‌زمان سیلو کردن الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تمام جیره‌های دارای بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، افزایش یافت ($P < 0/05$). غلظت اسیدلاکتیک و نقطه فلیگ جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با تمام سطوح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته تحت تأثیر مدت‌زمان سیلو کردن قرار گرفت و بیشترین مقدار مربوط به ۳۰ روز پس از سیلو کردن بود ($P < 0/05$). با افزایش مدت‌زمان سیلو کردن، در تمامی سطوح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، pH جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده افزایش یافت ($P < 0/05$). پس از ۶۰ روز سیلوکردن، سطح نیتروژن آمونیاکی در جیره‌های آزمایشی بیشترین مقدار بود ($P < 0/05$). با افزایش مدت‌زمان سیلو کردن، تفاوتی در میزان حجم گاز تولیدی و فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده در شرایط برون‌تنی با مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که افزایش مدت‌زمان سیلوکردن از ۳۰ به ۴۵ روز، ویژگی‌های سیلویی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در محدوده مناسبی بود. بنابراین، جیره‌های کاملاً مخلوط حاوی بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته را می‌توان به مدت ۴۵ روز سیلو و در تغذیه دام استفاده نمود.

استناد: اکبری، فاطمه؛ دیانی، امید؛ شریفی‌حسینی، محمدمهدی؛ حاج‌علیزاده، زهره. (۱۴۰۴). بررسی مدت زمان سیلوسازی جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته بر ترکیب شیمیایی، خصوصیات تخمیری و تولید گاز در شرایط برون‌تنی. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۳(۱)، ۱۲۸-۱۰۷.

DOI: 10.22069/ejrr.2024.22452.1955

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسندگان.

مقدمه

ضرورت دستیابی به روش‌های مناسب برای تولید خوراک موردنیاز دام، با توجه به محدودیت‌هایی که در منابع تأمین مواد غذایی وجود دارد، امری غیرقابل‌انکار است. بهره‌گیری از روش‌های علمی نوین و بهره‌برداری از منابع جدید در تهیه خوراک دام، می‌تواند گامی مؤثر در جهت گسترش کمی و کیفی صنعت دام‌پروری کشور باشد (Azizi و همکاران، ۲۰۰۶). در راستای کمبود مواد خوراکی رایج و افزایش قیمت آن‌ها در کشور، استفاده گسترده از پسماندها و بقایای صنایع مختلف کشاورزی در تغذیه دام رواج یافته است. سالانه مقدار قابل‌توجهی از انواع محصولات فرعی کشاورزی با قابلیت استفاده در جیره نشخوارکنندگان تولید می‌شود. استفاده از این محصولات کشاورزی صنعتی در اشکال مختلف در تغذیه دام، فرصتی عالی برای کاهش هزینه‌های تولید و در نتیجه سودآوری بیشتر برای زنجیره تولید است (Portela و همکاران، ۲۰۲۳). ازجمله بقایای کشاورزی که در ایران دارای تولید بالایی است می‌توان به بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته اشاره نمود. مطابق آمار سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (۲۰۲۲) ایران با داشتن حدود ۱۷ درصد تولید پسته جهان به مقدار ۱۳۵ هزار تن در سال، در رتبه دوم تولید پسته جهان قرار دارد. بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته شامل نسبت‌های متفاوتی از پوست نرم‌رویی، خوشه، برگ و مقدار کمی پسته پوک و نیمه مغز است که ارزش غذایی مناسبی دارد و (Shakeri و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس گزارش Toghiani و همکاران (۲۰۲۳)، بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته دارای ۱۳/۳ درصد پروتئین خام، ۱۱/۴ درصد خاکستر، ۲۲/۱۳ درصد الیاف نامحلول در شوینده خشی و ۱۸/۲۹ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی است.

جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده به‌عنوان یک روش جدید تهیه خوراک در جهان موردتوجه قرار گرفته است که می‌توان بدین طریق از بقایای کشاورزی با رطوبت بالا مانند بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته استفاده نمود. از آنجاکه فصلی بودن تولید بسیاری از محصولات جانبی کشاورزی مانند بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، با دشواری ذخیره‌سازی برای دوره‌های طولانی و مشکلات زیست-محیطی همراه است، تهیه جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با محصولات جانبی می‌تواند روش کارآمدی برای ذخیره‌سازی مواد خوراکی با رطوبت بالا باشد (Marocco و همکاران، ۲۰۲۰). جیره‌های کاملاً مخلوط به‌وسیله علوفه‌ها، محصولات جانبی کشاورزی، کنسانتره، مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد افزودنی تولید می‌شوند (Schingoethe، ۲۰۱۷). اولین پژوهش‌ها در مورد جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده در دهه ۱۹۶۰ در ایالات متحده گزارش شد (Owen و Howard، ۱۹۶۵). آماده‌سازی خوراک به‌صورت جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده منتج به بهبود گوارش‌پذیری خوراک، افزایش پایداری هوازی، صرفه‌جویی در نیروی انسانی برای آماده‌سازی خوراک و خوراک دادن روزانه دام‌ها، خوش‌خوراک شدن خوراکی‌های غیر خوش‌خوراک، یکنواختی و توازن مواد مغذی در تمام قسمت‌های خوراک، استفاده بهینه از پسماندها، کاهش ضایعات و اتلاف مواد مغذی سیلاژها در اثر جاری شدن پساب و مدیریت علمی خوراک دادن دام‌ها می‌شود (Bueno و همکاران، ۲۰۲۰؛ Weinberg و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به اینکه بخش زیادی از محصولات دامی کشور در واحدهای دام‌پروری کوچک به‌روش سنتی تولید می‌شود و از طرفی این واحدها با نقص دانش فنی، عدم توازن در جیره‌های مصرفی و تغییرات مداوم در نوع و مقدار مواد خوراکی مصرفی مواجه هستند که

مواد و روش‌ها

تهیه جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده: بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (پوست رویی پسته، برگ، شاخه) از کارخانه فرآوری و بسته‌بندی پسته غفلتی واقع در شهرستان فیض‌آباد استان خراسان رضوی تهیه و به ایستگاه تحقیقات علوم دامی دانشگاه شهید باهنر کرمان منتقل شد. مواد علوفه‌ای و کنسانتره‌ای با چهار سطح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵) بر اساس تأمین ۵۵ درصد رطوبت و ۴۵ درصد ماده خشک با هم مخلوط، به‌خوبی به هم زده و در سطل - هایی با گنجایش دو لیتر سیلو شدند (جدول ۱). نسبت علوفه به کنسانتره در جیره‌ها به‌ترتیب ۶۰ به ۴۰ بود.

تعیین ترکیب شیمیایی و خصوصیات تخمیر: نمونه‌برداری از سیلاژها با پنج تکرار، در زمان‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از سیلوکردن برای تعیین ویژگی‌های سیلویی و ترکیبات شیمیایی شامل ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری، ماده آلی و خاکستر (AOAC، ۲۰۰۵) و الیاف نامحلول در شوینده خشی و اسیدی (Van Soest، ۱۹۹۴) انجام شد. برای تعیین pH از سیلاژها، نمونه ۵۰ گرمی از سیلاژها تهیه و به هر نمونه ۴۵۰ میلی‌گرم آب مقطر اضافه شد و سپس مخلوط نمونه و آب مقطر از صافی متقال صاف گردید. میزان pH به‌وسیله pH متر قلمی دیجیتالی (مارک Boeco مدل BT-675) (Eguchi و همکاران، ۲۰۰۸) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی سیلاژها، مقدار ۰/۰۵ گرم نمونه یا محلول استاندارد با ۲/۵ میلی‌لیتر محلول فنول و ۲ میلی‌لیتر هیپوکلریت ترکیب و در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد برای ۵ دقیقه انکوبه شده و پس از سرد شدن میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل CE292 Series2 شرکت CECI ساخت کشور انگلستان) در طول موج ۶۳۰ نانومتر

این عوامل موجب کاهش بهره‌وری استفاده از جیره خوراکی در این واحدها می‌گردد. بنابراین با تهیه جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده امکان تهیه جیره کامل و متوازن، به‌ویژه برای دامداران خرده‌پا، فراهم می‌شود. به‌طوری‌که دامدارانی که ناگزیر به خرید سیلاژهای بسته‌بندی‌شده و دیگر مواد خوراکی هستند، به‌جای خرید چند ماده خوراکی مختلف، می‌توانند یک سیلاژ خوراک کامل آماده‌شده با رطوبت مناسب خریداری کنند و نیازی به صرف وقت و هزینه برای عمل‌آوری (خرد کردن، خیس‌اندیدن و مخلوط کردن) روزانه خوراک نخواهند داشت (Fazaeli، ۲۰۲۰). برخی از محققان گزارش کرده‌اند فرآیند سیلو کردن جیره‌های کاملاً مخلوط سبب افزایش اسیدلاکتیک و کاهش مواد مغذی مفید مانند کربوهیدرات‌های غیر فیبری (Cao و همکاران، ۲۰۱۰) و نشاسته در طول ذخیره‌سازی می‌شود (Miyaji و Matsuyama، ۲۰۱۶). در آزمایشی، Fazaeli و همکاران (۲۰۲۲) سیلاژ خوراک کاملی بر پایه تفاله پرتقال همراه با کاه و کنسانتره تهیه و ارزش غذایی آن را در گوسفند بررسی و گزارش کردند گوارش‌پذیری سیلاژ تهیه‌شده نسبت به جیره شاهد (خوراک کامل بر پایه ذرت) بالاتر بود. طی پژوهشی، سیلاژ خوراک کاملاً مخلوط تهیه و در مقاطع مختلف زمانی تا ۲۱۰ روز نمونه‌برداری انجام شد. نتایج نشان داد مخلوط تهیه‌شده از قابلیت خوبی برای سیلوشدن برخوردار بود و سبب بهبود تخمیر و افزایش قابلیت هضم مواد مغذی مانند نشاسته و پروتئین گردید (Miyaji و همکاران، ۲۰۱۷). از این رو هدف از این پژوهش بررسی تأثیر زمان سیلوکردن بر کیفیت، خصوصیات تخمیری و تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در شرایط برون‌تنی بود.

قرائت شد (Broderick و Kang، ۱۹۸۰). ارزیابی حسی سیلاژها بر اساس بو، ساختمان ظاهری و رنگ انجام شد (Eliş و Özyazici، ۲۰۱۹). نقطه فلیگ جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Denek و Can، ۲۰۰۶):

(رابطه ۱)

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

جهت تعیین درصد اسیدلاکتیک سیلاژها، مقدار ۹۰ سی‌سی آب مقطر به ۱۰ گرم از سیلاژ تازه اضافه و به مدت ۲ دقیقه تکان داده شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتیفریوژ (مدل ROTOFIX 32A شرکت Hettich ساخت کشور آلمان) گردید. مایع بالایی به نسبت ۱ به ۲۰ رقیق شد و ۰/۷ سی‌سی از مایع رقیق‌شده با ۳ سی‌سی اسیدسولفوریک و ۵۰ میکرولیتر سولفات مس پنج‌آبه و ۱۰۰ میکرولیتر از پراهایدروکسی بی‌فنیل در لوله آزمایش مخلوط شد. پس از سرد شدن، سطوح جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل CE292 Series2 شرکت CECI ساخت کشور انگلستان) با طول موج ۵۷۰ نانومتر ثبت شد (همکاران، ۱۹۹۹).

تولید گاز در شرایط برون‌تنی: آزمون تولید گاز در شرایط برون‌تنی مطابق با روش استاندارد (Menke و Stingass، ۱۹۸۸) انجام گرفت و با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده، فراسنجه‌های تولید گاز و بازده تولید گاز تعیین گردید (Fedora و Hudey، ۱۹۸۳). برای این منظور، مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه با ۳۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه مخلوط‌شده با بزاق مصنوعی (از مخلوط کردن ۲۴۰ میلی‌لیتر محلول معدنی پُر نیاز، ۲۴۰ میلی‌لیتر بافر، ۰/۱۲ میلی‌لیتر محلول معدنی کم-نیاز، ۱/۲۲ میلی‌لیتر محلول ریزازورین ۰/۱ درصد و ۴۰ میلی‌لیتر محلول احیاء شامل سولفیدسدیم ۹ آبه در سود یک مولار) به نسبت ۱ به ۲ در داخل ویال-های ۱۲۰ میلی‌لیتری با ۵ تکرار تحت گازدهی مداوم

دی‌اکسید کربن و به کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی ریخته و به‌طور محکم بسته شد. سپس در حمام آب گرم ۳۹ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند. در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون، میزان فشار گاز با فشارسنج دیجیتالی (مدل Testo 511) ثبت شد (Menke و Steingas، ۱۹۸۸). تجزیه و تحلیل داده‌های تولید گاز با استفاده از نرم‌افزار Neway (در ویندوز ۱۱) صورت گرفت.

برآورد گوارش‌پذیری ماده آلی: برای تخمین گوارش‌پذیری ماده آلی از حجم گاز تولیدی بر اساس ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در طول ۲۴ ساعت از معادله زیر استفاده شد (Menke و Steingas، ۱۹۸۸).

(رابطه ۲)

$$\text{OMD} (\% \text{DM}) = 14.88 + (0.889 \times \text{GP}) + (0.0448 \times \text{CP}) + (0.0651 \times \text{XA})$$

در این رابطه، GP گاز تولیدشده از ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه پس از ۲۴ ساعت، CP درصد پروتئین خام و XA درصد خاکستر در نمونه ماده خوراکی می‌باشد. **برآورد گوارش‌پذیری ماده خشک:** این شاخص با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Linn و Martin، ۱۹۹۱).

(رابطه ۳)

$$\text{DDM} (\%) = 88.9 - [0.779 \times \% \text{ADF (on a DM basis)}]$$

برآورد ماده خشک مصرفی: این شاخص با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Linn و Martin، ۱۹۹۱).

(رابطه ۳)

$$\text{DMI} (\%) = 120 \div \% \text{NDF}$$

برآورد اسیدهای چرب کوتاه زنجیر: این شاخص بر اساس معادله زیر محاسبه گردید (Makkar، ۲۰۰۵).

(رابطه ۵)

$$\text{SCFA (mM/200 mg DM)} = 0.0222 \times \text{GP} - 0.00425$$

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده (براساس ماده خشک)

Table 1. The ingredients and chemical composition of ensiled total mixed rations (DM basis)

سطح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در جیره‌ها (درصد)				
Level of pistachio peeling residues in rations (% of DM)				اجزاء (درصد) ^۱ Ingredients
15	10	5	0	
20.00	20.00	20.00	20.00	Alfalfa hay, chopped یونجه خشک خردشده
10.00	15.00	20.00	25.00	Corn fodder, chopped ذرت علوفه‌ای، خردشده
15.00	15.00	15.00	15.00	Wheat straw, chopped کاه گندم، خردشده
18.00	18.00	18.00	18.00	Barley grain, ground دانه جو، آسیاب شده
10.00	10.00	10.00	10.00	Corn grain, ground دانه ذرت، آسیاب شده
15.00	10.00	5.00	0.00	Pistachio peeling residues بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته
4.00	4.00	4.00	4.00	Soybean meal کنجاله سویا
4.20	4.13	4.07	4.00	Wheat bran سبوس گندم
0.50	0.57	0.63	0.70	Urea اوره
0.50	0.50	0.50	0.50	Bicarbonate جوش شیرین
0.75	0.75	0.75	0.75	Bentonite بنتونیت
0.50	0.50	0.50	0.50	Ca carbonate کربنات کلسیم
1.05	1.05	1.05	1.05	Vitamin and mineral premix ^۱ مکمل معدنی-ویتامینی ^۱
0.50	0.50	0.50	0.50	Salt نمک
ترکیب شیمیایی (محاسبه شده) Chemical composition				
2.36	2.39	2.41	2.43	ME (Mcal/kg) انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم)
45.54	45.30	45.06	45.82	Dry matter (%) ماده خشک (درصد)
12.55	12.55	12.52	12.52	Crude protein (%) پروتئین خام (درصد)
3.45	3.06	2.68	2.30	Ether extract (%) عصاره اتری (درصد)
90.38	90.37	90.36	90.35	Organic matter (%) ماده آلی (درصد)
26.70	27.19	27.68	28.18	ADF (%) الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)
41.78	42.89	44.02	45.14	NDF (%) الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)

^۱ ویتامین A (۵۰۰۰۰ IU)، ویتامین D3 (۱۰۰۰۰ IU)، ویتامین E (۱۰۰ IU)، 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).

^۱Contains 500,000 IU of Vitamin A; 100,000 IU of Vitamin D₃ and 100 IU of Vitamin E and 3000 mg Fe, 300 mg Cu, 300 mg Mn, 2000 mg Ca, 3000 mg Zn, 90000 mg P, 100 mg Co, 50000 mg Na, 100 mg I, 19000 mg Mg and 0.1 mg Se to Kg.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی بقایای پسته و ذرت علوفه‌ای (بر اساس درصد ماده خشک) پیش از سیلو کردن

Table 2- Chemical composition of pistachio peeling residues and corn fodder chopped (DM basis) before ensiled

ترکیب شیمیایی (درصد) Chemical composition (%)								خوراک
انرژی قابل متابولیسم	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	الیاف نامحلول در شوینده خشتی	ماده آلی	خاکستر	عصاره‌اتری	پروتئین خام	ماده خشک	Food
ME	ADF	NDF	OM	Ash	EE	CP	DM	
بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته								Pistachio peeling residues
2.37±0.19	23.08 ± 1.75	36.38 ± 2.35	± 2.25 93.32	± 0.90 6.68	± 1.65 8.90	± 1.02 11.02	45.57± 2.05	
ذرت علوفه‌ای								Corn fodder
± 0.18 2.50	24.08 ± 1.65	46.03 ± 2.55	± 2.30 93.48	± 0.85 6.52	±1.02 4.81	± 1.45 8.65	±1.95 28.04	

ترکیب شیمیایی بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته به‌صورت تازه و ذرت علوفه‌ای پیش از سیلوکردن در جدول ۲ نشان داده شده است.

تجزیه آماری

داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ (۲۰۰۵) و با رویه GLM تجزیه و میانگین‌ها به کمک آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد مقایسه شدند. داده‌ها بر اساس مدل آماری $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بررسی شدند. در این مدل Y_{ij} مقدار مربوط به مشاهده‌های فراسنجه‌های تولید گاز و سایر فاکتورهای مورداندازه‌گیری، μ میانگین به‌دست آمده، T_i اثر تیمار و e_{ij} اثر خطای باقی مانده است. همبستگی جزئی پیرسون بین مؤلفه‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ (۲۰۰۵) و با رویه proc corr تجزیه و میانگین‌ها در سطح خطای ۰/۰۱ درصد مقایسه شدند و به‌منظور تجزیه آماری از رابطه (۶) استفاده شد. در این رابطه P_{XYZ} ضریب همبستگی جزئی، x و y دو متغیر تصادفی و z نیز متغیر کنترلی است.

رابطه ۶)

$$\rho_{xy.z} = \frac{\rho_{xy} - \rho_{xz}\rho_{yz}}{(1 - \rho_{xz}^2)^{\frac{1}{2}}(1 - \rho_{yz}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

نتایج و بحث

تأثیر زمان‌های مختلف سیلو بر ترکیب شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده: اطلاعات مربوط به تأثیر زمان‌های مختلف سیلو بر ترکیب شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح مختلف بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، در جدول ۳ آورده شده است. نتایج این تحقیق نشان دادند، درصد ماده خشک جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با

سطوح متفاوت بقایا تحت تأثیر مدت زمان سیلوکردن قرار گرفت. به‌طوری‌که میزان ماده خشک جیره‌های دارای ۱۰ و ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته با افزایش مدت زمان سیلوکردن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$)، درحالی‌که جیره‌های دارای صفر و ۵ درصد بقایا تغییری نکرد. کاهش در ماده خشک می‌تواند به دلیل تجزیه و مصرف کربوهیدرات‌های ساختمانی و غیر ساختمانی توسط میکروارگانیسم‌ها در طی تخمیر بی‌هوازی باشد (Selwet, ۲۰۰۹). طی آزمایشی، کاهش اندک در درصد ماده خشک (۵ تا ۶ درصد) در طول فرآیند تخمیر در سیلوهای بدون افزودنی علوفه‌های مختلف مشاهده شد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). بااین‌حال، برای جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده، به نظر می‌رسد این کاهش کمتر باشد. در توافق با مطالعات گذشته، Schumacher و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند میزان ماده خشک سورگوم کامل سیلو شده با افزایش مدت زمان سیلوکردن به‌صورت خطی کاهش یافت. در آزمایشی، Bagheripour و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند میزان ماده خشک پوست‌پسته، پس از ۳۰ و ۶۰ روز سیلو کردن، به‌طور خطی کاهش یافت.

در تحقیق حاضر، درصد عصاره اتری تمام جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده، در ۶۰ روز پس از سیلوکردن، به‌طور معنی‌داری کمتر از روزهای ۳۰ و ۴۵ سیلوکردن بود ($P < 0/05$). کاهش در عصاره اتری می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپولیتیک (لیپازها) و لیپولیز (تجزیه چربی‌ها) در محیط سیلو باشد (Sarıçiçek و همکاران، ۲۰۱۶). استفاده از بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده می‌تواند محیط سیلاژ را اسیدی کند و سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپاز و لیپولیز شود در نتیجه چربی‌ها به‌سرعت تخریب می‌شوند و

به شکل اسیدهای چرب تجزیه می شوند. این تغییرات شیمیایی ممکن است به تغییر در ترکیب چربی ها و کاهش چربی منجر شود. در آزمایشی، Sarıçiçek و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند درصد عصاره اتری سیلاژ ذرت با افزایش مدت زمان سیلوکردن کاهش یافت. طی مطالعه ای، Souza و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر زمان سیلوکردن بر ترکیب شیمیایی سیلاژ ذرت کامل و بدون دانه برداشت شده در مراحل مختلف بلوغ را بررسی و گزارش کردند با افزایش مدت زمان سیلوکردن درصد عصاره اتری سیلاژ ذرت کاهش یافت.

فرآیند سیلوکردن تأثیر قابل توجهی بر ترکیب غذایی سیلاژ، به ویژه میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی دارد. در این مطالعه افزایش مدت زمان سیلوکردن سبب تغییر در میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی جیره های کاملاً مخلوط سیلو شده دارای صفر و ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست گیری پسته شد ($P < 0/05$). قابل ذکر است که بیشترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی در ۴۵ روز پس از سیلوکردن مشاهده شد. کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره دارای ۱۰ درصد بقایا در مقایسه با جیره شاهد پس از ۶۰ روز سیلوکردن را می توان به میزان کمتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی در بقایای حاصل از پوست گیری پسته نسبت به ذرت علوفه ای نسبت داد. این یافته نشان می دهد که گنجاندن بقایای حاصل از پوست گیری پسته ممکن است بر میزان کلی فیبر در سیلاژ تولیدی تأثیر بگذارد. علاوه بر این، روند تغییرات مشاهده شده در میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین ۳۰ تا ۶۰ روز سیلوکردن نشان دهنده یک تعامل پیچیده از عوامل مؤثر بر تخریب فیبر است. افزایش اولیه میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در ۴۵ روز پس از

سیلوکردن ممکن است به دلیل نرم شدن و تخریب دیواره های سلولی گیاه ناشی از آنزیم های باکتریایی مانند سلولازها و همی سلولازها باشد که سلولز و اجزای همی سلولز را تجزیه می کنند و در نتیجه الیاف نامحلول را آزاد می کنند. همان طور که زمان سیلوکردن از ۴۵ روز می گذرد، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی کاهش می یابد و به سطوح مشابه مشاهده شده در ۳۰ روز پس از سیلوکردن برمی گردد. این کاهش می تواند نتیجه تخریب بیشتر الیاف آزاد شده توسط فعالیت میکروبی و تولید اسیدهای آلی در طی تخمیر سیلو باشد (Yahaya و همکاران، ۲۰۰۱). طی مطالعه ای، Wang و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره های کاملاً مخلوط سیلو شده بر پایه علوفه ذرت طی ۵۶ روز، از ۴۶ به ۴۳ درصد کاهش یافت. همچنین در تحقیقی، Weinberg و همکاران (۲۰۱۱) الیاف نامحلول در شوینده خنثی در جیره های کاملاً مخلوط حاوی ۵۰ درصد ماده خشک که به مدت ۱۴۰ روز سیلو شده بود از ۳۸ درصد در هنگام سیلوکردن به ۳۴ درصد کاهش یافت.

در آزمایش حاضر، با افزایش مدت زمان سیلوکردن، درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی جیره های کاملاً مخلوط سیلو شده دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست گیری پسته به طور معنی داری افزایش یافت ($P < 0/05$). تجزیه پروتئین ها در حین عمل سیلوکردن موجب افزایش سهم ترکیبات نیتروژنه غیر پروتئینی و نیتروژن آمونیاکی، و تجزیه کربوهیدرات های قابل تخمیر منجر به افزایش سهم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی می گردد (Brito و همکاران، ۲۰۰۶؛ Broderick و همکاران، ۲۰۰۷).

بررسی مدت زمان سیلوسازی جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح... / فاطمه اکبری و همکاران

جدول ۳- تأثیر زمان سیلوکردن بر ترکیب شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته

Table 3 - The effect of ensiling time on the chemical composition of ensiled total mixed ration with different levels of pistachio peeling residues

ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)							سطح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در جیره‌ها (درصد)
Chemical composition (% DM)							Level of pistachio peeling residues in rations (%)
الیاف نامحلول در شونده اسیدی	الیاف نامحلول در شونده خنثی	خاکستر	عصاره اتری	ماده آلی OM	پروتئین خام CP	ماده خشک DM	زمان سیلوکردن (روز) Time (day)
ADF	NDF	Ash	EE				
26.59 ^b	48.83 ^b	13.62	5.08 ^a	86.38	12.48	43.71	30
28.81 ^{ab}	51.46 ^a	12.85	5.17 ^a	87.15	12.47	42.64	45
31.09 ^a	49.00 ^b	13.96	3.47 ^b	86.04	12.46	40.77	60
0.86	0.37	0.38	0.17	0.38	0.46	0.81	خطای SEM استاندارد میانگین
0.01	0.01	0.15	0.09	0.15	0.47	0.06	P value مقدار احتمال
24.72 ^b	45.41	14.03	6.12 ^a	85.97	12.41	45.22	30
26.22 ^b	47.38	13.62	6.25 ^a	86.38	12.33	42.86	45
28.65 ^a	46.09	13.91	4.45 ^b	86.09	12.40	42.06	60
0.56	1.40	0.36	0.11	0.36	0.17	1.02	خطای SEM استاندارد میانگین
0.01	0.62	0.72	0.01	0.72	0.10	0.11	P value مقدار احتمال
24.64 ^b	44.27 ^b	14.19	6.01 ^a	85.81	12.53	45.19 ^a	30
25.24 ^{ab}	46.65 ^a	13.85	5.35 ^b	86.15	12.52	42.26 ^b	45
27.14 ^a	44.19 ^b	14.12	4.93 ^b	85.88	12.51	41.78 ^b	60
0.52	0.33	0.19	0.18	0.19	0.27	0.59	خطای SEM استاندارد میانگین
0.027	0.08	0.43	0.01	0.43	0.69	0.02	P value مقدار احتمال
23.16 ^b	44.00	14.67	6.54 ^a	85.33	12.57	41.84 ^a	30
25.16 ^a	44.62	14.16	6.10 ^a	85.38	12.59	38.85 ^b	45
26.66 ^a	43.25	14.98	4.75 ^b	85.02	12.56	39.62 ^b	60
0.60	0.88	0.32	0.27	0.32	0.11	0.69	خطای SEM استاندارد میانگین
0.08	0.57	0.23	0.08	0.23	0.15	0.02	P value مقدار احتمال

^{ab} حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ($P < 0.05$).

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

غیره باشد. به‌هر حال ممکن است مقدار کمی از همی سلولز و پکتین طی سیلوس شدن کاهش یابد، اما سلولز و بخش لیگنوسلولزی چندان تجزیه نمی‌شوند. میزان پروتئین خام، ماده آلی و خاکستر جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده تحت تأثیر مدت‌زمان سیلوکردن قرار نگرفتند. مطابق با نتایج تحقیق حاضر،

با این وجود، در اکثر مطالعات انجام‌شده تغییری در میزان الیاف نامحلول در شونده اسیدی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده مشاهده نشده است (Kondo و همکاران، ۲۰۱۶؛ Wang و همکاران، ۲۰۱۶). این تفاوت‌ها می‌تواند متأثر از نوع ماده خوراکی، طول مدت‌زمان ذخیره‌سازی سیلاژ و میزان رطوبت سیلاژ و

Kondo و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات مواد مغذی سیلاژ کاملاً مخلوط را در دو سطح دمایی (۱۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و دو دوره زمانی ۳۰ و ۹۰ روزه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند تغییرات چندانی در میزان پروتئین خام سیلاژ خوراک کامل طی فرآیند سیلوشدن مشاهده نشد. در تحقیقی، Norolahi و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند ماده آلی و خاکستر کاکتوس علوفه‌ای - یونجه با گذشت زمان و پس از سیلو کردن تغییر نکرد. در تحقیقی، پژوهشگران هیچ تغییری در مقدار پروتئین خام جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده حاوی ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ گرم رطوبت در کیلوگرم در ۵۶ روز مشاهده نکردند (Hao و همکاران، ۲۰۱۵).

تأثیر زمان‌های مختلف سیلو کردن بر خصوصیات تخمیری جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده: اطلاعات مربوط به تأثیر زمان‌های مختلف سیلو بر خصوصیات تخمیری جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح مختلف بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد با افزایش مدت‌زمان سیلو کردن در تمامی سطوح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، pH جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). افزایش pH می‌تواند به دلیل محدود شدن فرآیند تخمیر و کاهش غلظت مجموع اسیدها، همچنین افزایش نیتروژن آمونیاکی در نتیجه‌ی فرآیند پروتئولیز باشد (Bouriako, ۲۰۰۱). هم‌راستا با نتایج تحقیق حاضر، Schumacher و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند pH سورگوم کامل سیلو شده با افزایش مدت زمان سیلو کردن افزایش یافت. در پژوهشی، Zhao و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند با افزایش مدت‌زمان سیلو، pH جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده دارای پوسته ساقه بامبو به‌تدریج در عرض ۳۰ روز کاهش و پس از ۹۰ روز سیلو کردن افزایش یافت.

بالاترین نقطه فلیگ یا شاخص کیفیت در جیره کاملاً مخلوط سیلو شده بدون بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته با گذشت ۳۰ روز پس از سیلو کردن مشاهده شد ($P < 0.05$). نقطه فلیگ یک ابزار مناسب برای بیان کیفیت سیلو است که از تلفیق دو فاکتور pH و ماده خشک سیلاژ به‌دست می‌آید (Kilic, ۲۰۰۶). در مطالعه حاضر، ماده خشک با گذشت زمان پس از سیلو کردن تقریباً ثابت ماند، لیکن مقدار pH در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلو کردن به‌دلیل کاهش اسیدلاکتیک افزایش یافت، بنابراین بیشترین نقطه فلیگ جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده در روز ۳۰ پس از سیلو کردن مشاهده شد و پس از آن در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلو کردن کاهش یافت. نتایج حاضر با تحقیق Xie و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند نقطه فلیگ جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده به‌طور قابل‌توجهی طی روزهای ۱۴ تا ۳۰ پس از سیلو کردن کاهش یافت. در تحقیقی، Norolahi و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند نقطه فلیگ سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای - یونجه با گذشت زمان پس از سیلو کردن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

در سی روز پس از سیلو کردن جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده، در تمام سطوح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، سطح نیتروژن آمونیاکی در جیره‌ها کمترین و در ۶۰ روز پس از سیلو کردن بیش‌ترین مقدار بود. چنین روندی در روز ۳۰ مورد انتظار بود زیرا بالا بودن نسبت قند به پروتئین خام، سبب تقویت فرایند تخمیر و کاهش بیش‌تر pH و تثبیت محیط سیلاژ می‌گردد در نتیجه سبب کاهش تجزیه پروتئین خام می‌شود (Woolford, ۱۹۸۴). وجود مقادیر پائین 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 آمونیایی می‌گردد (McDonald و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین افزایش سطح نیتروژن آمونیایی در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلوکردن که با کاهش اسیدلاکتیک و افزایش pH سیلاژ مطابقت داشت را می‌توان به افزایش تجزیه پروتئین خام جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده نسبت داد. طی پژوهشی، Schumacher و همکاران (۲۰۲۳) اثر زمان‌های مختلف سیلو بر مشخصات تخمیری سورگوم کامل سیلو شده را بررسی و گزارش کردند با گذشت زمان پس از سیلوکردن غلظت نیتروژن آمونیایی سیلاژ افزایش یافت. در تحقیقی، Wang و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند نیتروژن آمونیایی در روزهای ۳۰ و ۴۰ پس از سیلوکردن روند افزایشی داشت.

جدول ۴- تأثیر زمان سیلوکردن بر خصوصیات تخمیری و ارزیابی حسی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته

Table 4-The effect of ensiling times on the fermentative characteristics and sensory assessment of ensiled total mixed ration with different levels of pistachio peeling residues

ارزیابی حسی Sensory evaluation	نیتروژن آمونیایی (گرم بر کیلوگرم از کل نیتروژن) NH ₃ -N (g/kg total N)	اسیدلاکتیک (درصد ماده خشک) Lactic acid (% DM)	نقطه فلیگ Flieg point	pH	زمان سیلوکردن (روز) Time (day)	سطح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (درصد) Level of pistachio peeling residues (%)
20.00	21.43 ^b	9.46 ^a	123.76 ^a	4.33	30	0
20.00	25.37 ^a	7.53 ^b	118.04 ^b	4.35	45	
20.00	25.37 ^a	6.18 ^c	108.87 ^c	4.42	60	
0.00	0.05	0.05	1.55	0.03	SEM	خطای استاندارد میانگین
0.00	0.01	0.01	0.01	0.19	P value	مقدار احتمال
19.50	19.81 ^c	7.15 ^a	117.18 ^a	4.44 ^b	30	5
19.50	20.19 ^b	6.23 ^b	106.59 ^b	4.48 ^b	45	
19.50	22.58 ^a	4.21 ^c	99.26 ^c	4.71 ^a	60	
0.16	0.05	0.07	1.91	0.02	SEM	خطای استاندارد میانگین
1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	P value	مقدار احتمال
19.00	21.90 ^c	6.98 ^a	120.59 ^a	4.34 ^b	30	10
19.50	22.13 ^b	6.75 ^b	110.20 ^b	4.43 ^b	45	
20.00	22.81 ^a	4.08 ^c	97.87 ^c	4.72 ^a	60	
0.13	0.07	0.03	2.86	0.03	SEM	خطای استاندارد میانگین
0.21	0.01	0.01	0.04	0.01	P value	مقدار احتمال
19.00	20.97 ^c	5.33 ^a	107.80 ^a	4.51 ^c	30	15
19.75	22.59 ^b	4.48 ^b	97.75 ^b	4.59 ^b	45	
19.50	23.52 ^a	4.29 ^c	85.42 ^c	4.97 ^a	60	
0.16	0.04	0.06	1.13	0.01	SEM	خطای استاندارد میانگین
0.12	0.01	0.01	0.01	0.01	P value	مقدار احتمال

^{ab} حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ($P < 0.05$).

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

در مطالعه حاضر، میزان اسیدلاکتیک در جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده پس از ۳۰ و ۴۵ روز سیلوکردن بالاتر از روز ۶۰ بود. کاهش اسیدلاکتیک در ۶۰ روز پس از سیلوکردن می‌تواند به دلیل کاهش سوبسترای لازم برای باکتری‌های تولیدکننده اسیدلاکتیک باشد و افزایش pH سیلاژ سبب کاهش عملکرد این باکتری‌ها شده است (Norolahi و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج حاضر با تحقیقات، Xie و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند اسیدلاکتیک در جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده دارای ۶۰ درصد یونجه، ۳۰ روز پس از سیلوکردن کاهش یافت. زمانی که سیلو تا حد معینی تخمیر شود و pH پائین باشد، تخمیر باکتری‌های تولیدکننده اسیدلاکتیک نیز مهار می‌شوند. در همان زمان، برخی از میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی که ممکن است در سیلو وجود داشته شروع به تجزیه اسیدلاکتیک و تولید اسیدهای آلی دیگر مانند اسید استیک و اسید پروپیونیک می‌کنند که منجر به کاهش محتوای اسیدلاکتیک می‌شود (Shao و همکاران، ۲۰۰۲). در تحقیقی، Li و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند طی ۲۸ تا ۵۶ روز تخمیر غلظت اسیدلاکتیک سیلاژ یونجه کاهش یافت.

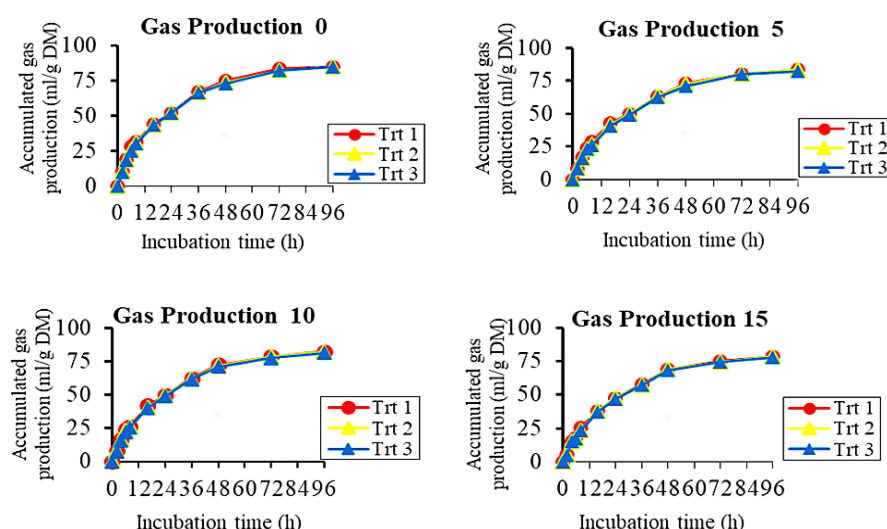
برای ارزیابی مواد سیلویی، از دو روش مختلف روش ظاهری (فیزیکی) و آزمایشگاهی (شیمیایی) استفاده می‌شود. ارزیابی ظاهری به‌عنوان ارزیابی حسی نیز شناخته می‌شود، که بر اساس بوی مواد سیلویی، حس لمس و رنگ آن‌ها انجام می‌شود. مهم‌ترین موضوع مواد سیلویی، بوی سیلویی است که در آن وجود اسید بوتیریک و اسید استیک (بوی سوختگی) حس می‌شود. در این ارزشیابی نمره ۱۸-۲۰ 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). با توجه به ارزیابی‌های حسی، جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده در این تحقیق تحت تأثیر مدت‌زمان سیلوکردن قرار نگرفتند، و از رنگ، بو و بافت مناسبی برخوردار بودند. جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده پس از گذشت ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از سیلوکردن حالت تردی خود را حفظ نموده و با فشردن نمونه‌های آزمایشی به‌طور دستی، شواهدی از سستی و له‌شدگی مشاهده نشد. طی پژوهشی، Bretschneider و همکاران (۲۰۱۵) دو نوع سیلاژ یکی ذرت‌علوفه‌ای به‌تنهایی و دیگری مخلوطی از علوفه‌ها و کنسانتره تهیه نمودند. آن‌ها بیان کردند ۷۵ روز پس از سیلوکردن هیچ‌گونه رشد کپکی در سیلاژها مشاهده نشد. در مطالعه‌ای، Fazaeli و همکاران (۲۰۲۳) خصوصیات ظاهری جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده بر پایه تفاله چغندر قند را بررسی و گزارش کردند جیره‌ها ۶۰ روز پس از سیلوکردن دارای رنگ مناسب و بوی مطلوب بودند و از نظر بافت فیزیکی همه سیلاژها سالم و بدون له‌شدگی و چسبندگی ارزیابی شدند.

تأثیر زمان‌های مختلف سیلوکردن بر تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده: اطلاعات مربوط به تأثیر زمان‌های مختلف سیلو بر حجم گاز تولیدی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در شرایط برون‌تنی در شکل ۱ آورده شده است. نتایج این تحقیق نشان دادند، با افزایش مدت‌زمان سیلوکردن حجم گاز تولیدی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته از نظر عددی کاهش یافت اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بالاترین سرعت تخمیر جیره‌های آزمایشی در ۲۴ و ۳۶ ساعت پس از انکوباسیون رخ داد و بیشترین حجم گاز تولیدشده در ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون

کربوهیدرات‌های محلول می‌باشد، با توجه به اینکه تولید گاز تحت تأثیر ترکیب شیمیایی و ماهیت فیزیکی خوراک قرار دارد (Steingass و Menke، ۱۹۹۸) و کربوهیدرات نقش مهمی در افزایش میزان حجم گاز تولیدی دارد، این اختلاف در میزان تولید گاز در بین جیره‌های آزمایشی را می‌توان به اختلاف در ترکیب شیمیایی آن‌ها نسبت داد.

به دست آمد. از نظر نرخ تولید گاز در ۳۰ روز پس از سیلوکردن جیره کاملاً مخلوط سیلو شده بدون بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته دارای بالاترین مقدار و در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلوکردن جیره کاملاً مخلوط سیلو شده دارای ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته دارای پایین‌ترین مقدار نرخ تولید گاز بودند. به طور کلی، کاهش میزان تولید گاز به علت دسترسی کمتر میکروارگانیسم‌ها به منابع



شکل ۱- تأثیر زمان سیلوکردن بر حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک) جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در شرایط برون‌تنی

Figure 1- The effect of ensiling time on gas production (ml/g of DM) of ensiled total mixed ration with different levels of pistachio peeling residues *in vitro*

Trt1) جیره کاملاً مخلوط سیلوشده ۳۰ روز پس از سیلوکردن، Trt2) جیره کاملاً مخلوط سیلوشده ۴۵ روز پس از سیلوکردن، Trt3) جیره کاملاً مخلوط سیلوشده ۶۰ روز پس از سیلوکردن

Trt1) Total mixed rations silage (TMRS) 30 days after ensiling, Trt2) TMRS 45 days after ensiling, Trt3) TMRS 60 days after ensiling

Gas Production 0) حجم گاز تولیدی جیره کاملاً مخلوط سیلوشده بدون بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (شاهد)، Gas Production 5) حجم گاز تولیدی جیره کاملاً مخلوط سیلوشده با ۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، Gas Production 10) حجم گاز تولیدی جیره کاملاً مخلوط سیلوشده با ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، Gas Production 15) حجم گاز تولیدی جیره کاملاً مخلوط سیلوشده با ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته

Gas Production 0) gas production of total mixed rations silage (TMRS) without pistachio peeling residues (PPR) (control diet), Gas Production 5) gas production of TMRS with 5% PPR, Gas Production 10) gas production of TMRS with 10% PPR, Gas Production 15) gas production of TMRS with 15% PPR

می‌گذارد. طی پژوهشی، Getachew و همکاران (۱۹۹۸) و Makkar (۲۰۰۵) بیان کردند افزایش مقدار دیواره سلولی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی سبب کاهش کربوهیدرات‌های غیرالیافی و

بنابراین، کاهش تولید گاز با افزایش مدت‌زمان سیلوکردن، می‌تواند نتیجه کاهش محتوای ماده خشک سیلاژ باشد که به نوبه خود بر در دسترس بودن منابع کربوهیدرات‌های محلول برای میکروارگانیسم‌ها تأثیر

قندهای محلول گردیده و موجب کاهش سهولت هضم و تخمیر و در نهایت کاهش تولید گاز می‌گردد. طی پژوهشی، Naetzold و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر زمان‌های مختلف سیلوکردن بر حجم گاز تولیدی سیلاژ ذرت را بررسی و گزارش کردند با افزایش مدت‌زمان سیلوکردن حجم گاز تولیدشده کاهش یافت.

تأثیر زمان‌های مختلف سیلوکردن بر فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده: تأثیر زمان سیلوکردن بر فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده در شرایط برون‌تنی در جدول ۵ آورده شده است. میزان گوارش‌پذیری ظاهری ماده آلی و ماده خشک، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و ماده خشک مصرفی جیره‌ها در شرایط برون‌تنی تحت تأثیر زمان سیلوکردن قرار نگرفت. تولید گاز شاخصی از گوارش‌پذیری خوراک است که می‌تواند برای پیش‌بینی انرژی قابل متابولیسم جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده، تخمیر، تولید و سنتز پروتئین میکروبی در سوبستراها به‌وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه در شرایط برون‌تنی استفاده شود (Hao و همکاران، ۲۰۲۰). گوارش‌پذیری مواد خوراکی، عامل مهمی در تعیین ارزش غذایی یک خوراک است زیرا مشخص‌کننده ارتباط موجود بین مواد مغذی جیره و انرژی قابل‌دسترس برای حیوان می‌باشد (Castillejos و همکاران، ۲۰۰۷). پژوهشگران بیان کردند بین میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و تولید گاز رابطه خطی وجود دارد

(Sallam, ۲۰۰۵). همچنین، رابطه منفی بین میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و میزان pH توسط Abarghuei و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شد. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، Kondo و همکاران (۲۰۱۶) ترکیب مواد مغذی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده را در دو سطح دما (۱۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و دو دوره زمانی ۳۰ و ۹۰ روزه موردبررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند با توجه به آزمایش گاز، غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر پیش و پس از سیلو شدن تغییری نداشت. در تحقیقی، Naeini و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر مدت‌زمان سیلوکردن (۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰) را بر پارامترهای تولید گاز سیلاژ سورگوم شیرین بررسی و گزارش کردند گوارش‌پذیری در شرایط برون‌تنی تحت تأثیر مدت‌زمان سیلوکردن قرار نگرفت. طی آزمایشی، Zhao و همکاران (۲۰۲۰) جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت پوسته ساقه بامبو را در شرایط برون‌تنی موردبررسی قرار دادند و گزارش کردند پس از ۹۰ روز سیلوکردن هیچ تفاوت معنی‌داری در حجم گاز تولیدی و گوارش‌پذیری ماده خشک مشاهده نشد. همچنین گزارش‌شده سیلوکردن علوفه‌های حاوی کربوهیدرات‌های محلول در آب سبب از دست دادن بیشتر کربوهیدرات‌های محلول در آب می‌شود، اما اجزای فیبر را افزایش می‌دهد و در نتیجه گوارش‌پذیری سیلاژ را در شرایط برون‌تنی کاهش می‌دهد (Pedroso و همکاران، ۲۰۰۵).

بررسی مدت زمان سیلوسازی جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح... / فاطمه اکبری و همکاران

جدول ۵- تأثیر زمان سیلوکردن بر فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در شرایط برون‌تنی

Table 5- The effect of ensiling time on parameters of gas production of ensiled total mixed ration with different levels of pistachio peeling residues *in vitro*

سطح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (درصد) در جیره‌ها Level of pistachio peeling residues in silage rations (%)	زمان سیلوکردن (روز) Time (day)	گوارش‌پذیری ماده آلی (گرم در کیلوگرم) OMD (g/kg)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی مول) SCFA (mmol)	گوارش‌پذیری ماده خشک (درصد) DDM (%)	ماده خشک مصرفی (درصد وزن بدن) DMI (% BW)
0	30	82.02	1.16	72.07	2.61
	45	80.84	1.15	71.31	2.59
	60	80.48	1.05	70.13	2.59
خطای استاندارد SEM		1.09	0.07	0.87	0.10
میانگین					
P value مقدار احتمال		0.43	0.54	0.35	0.98
5	30	84.34	1.23	72.44	2.62
	45	83.01	1.16	71.63	2.53
	60	81.11	1.06	71.33	2.51
خطای استاندارد SEM		1.81	0.16	0.58	0.13
میانگین					
P value مقدار احتمال		0.75	0.76	0.42	0.83
10	30	79.44	1.13	74.24	2.57
	45	77.79	1.09	73.09	2.44
	60	76.49	1.03	72.90	2.34
خطای استاندارد SEM		0.98	0.10	0.59	0.13
میانگین					
P value مقدار احتمال		0.88	0.80	0.51	0.52
15	30	83.62	1.21	71.62	2.71
	45	82.20	1.17	69.84	2.52
	60	81.04	1.07	68.31	2.50
خطای استاندارد SEM		0.91	0.12	1.04	0.09
میانگین					
P value مقدار احتمال		0.55	0.72	0.16	0.27

^{ab} حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ($P < 0.05$).

^{ab} Different superscripts of means within the same column show significant differences at ($P < 0.05$).

همبستگی جزئی پیرسون بین ترکیبات شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده: تجزیه و تحلیل همبستگی جزئی برای درک بیشتر رابطه بین ترکیبات شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در زمان‌های مختلف پس از سیلوکردن انجام شد (جدول ۶). نتایج این تحقیق نشان دادند، بر اساس آنالیز صورت گرفته همبستگی مثبت بین الیاف نامحلول در

شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مشاهده شد. با توجه به اینکه الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی اجزای دیواره سلولی گیاه را نشان می‌دهند، افزایش الیاف نامحلول در شوینده خنثی اغلب با افزایش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مطابقت دارد که منجر به همبستگی مثبت بین این دو می‌شود. علاوه بر این همبستگی منفی بین پروتئین خام و خاکستر وجود

دارد. به طوری که با افزایش پروتئین خام، خاکستر کاهش می یابد. بین عصاره اتری و الیاف نامحلول در شوینده خشتی و اسیدی نیز همبستگی منفی مشاهده شد دلیل این همبستگی منفی می تواند مربوط به تشکیل کمپلکس های فیبرچربی در طی فرآیند سیلوکردن باشد. همچنین مشخص شد همبستگی منفی قوی بین ماده آلی و خاکستر وجود دارد.

جدول ۶- همبستگی جزئی پیرسون بین ترکیبات شیمیایی جیره های کاملاً مخلوط سیلو شده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست گیری پسته
Table 6- Correlation partial between chemical compositions of ensiled total mixed ration with different levels of pistachio peeling

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول در شوینده خشتی NDF	عصاره اتری EE	پروتئین خام CP	خاکستر Ash	ماده آلی OM	ماده خشک DM	همبستگی جزئی Correlation partial
- 0.089	0.168	- 0.179	0.297	- 0.259**	- 0.259**	1.00	DM
0.615	0.500	- 0.134	0.384	- 1.00**	1.00	0.259	OM
- 0.268**	-0.499**	0.134	- 0.385**	1.00	- 1.00**	- 0.259**	Ash
0.452	0.348	0.038	1.00	- 0.385**	0.384	0.297	CP
- 0.458**	-0.354**	1.00	0.038	0.134	- 0.134	- 0.179	EE
0.606**	1.00	- 0.354**	0.348	- 0.499**	0.500	0.168	NDF
1.00	0.606	- 0.458**	0.452	- 0.268**	0.615	- 0.089	ADF

** تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۰/۰۱ نشان می دهد.

** Indicate the significant differences at the 0.01 probability level.

نتیجه گیری

غلظت اسیدلاکتیک و افزایش pH سیلاژها گردید. از این رو توصیه می شود جیره های کاملاً مخلوط با ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست گیری پسته را سیلو و تا ۴۵ روز پس از سیلوکردن به دام تغذیه کرد.

نتایج این مطالعه نشان داد افزایش مدت زمان سیلوکردن جیره های کاملاً مخلوط سیلوشده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست گیری پسته تا ۶۰ روز، منجر به افزایش مصرف مواد مغذی قابل دسترس، افزایش مقدار نیتروژن آمونیاکی، کاهش

منابع

- Abarghuei, M.J., Rouzbehan, Y., Salem, A.Z.M. & Zamiri, M.J. (2014). Nitrogen balance, blood metabolites and milk fatty acid composition of dairy cows fed pomegranate-peel extract. *Livestock Science*, 164: 72-80.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, Maryland, USA.
- Azizi, M., Soltani, A. & Khavari Khorasani, S. (2006). "Rapeseed: Physiology, Agriculture, Breeding, Biotechnology." *Mashhad Branch Academic Journal*, p. 204. (In Persian).
- Bagheripour, E., Rouzbehan, Y. & Alipour, D. (2008). Effects of ensiling, air-drying and addition of polyethylene glycol on *in vitro* gas production of pistachio by-products. *Animal Feed Science and Technology*, 146(3-4): 327-336.
- Bouriako, I.A., Shihab, H., Kuri, V. & Margerison, J.K. (2001). Influence of wilting time on silage compositional quality and microbiology. *In Proceedings of the British Society of Animal Science*, 88-88. Cambridge University Press.
- Bretschneider, G., Mattera, J., Cuatrin, A., Arias, D. & Wanzenried, R. (2015). Effect of ensiling a total mixed ration on feed quality for cattle in smallholder dairy farms. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(2): 225- 29.

- Brito, A.F. & Broderick, G.A. (2006). Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(10): 3924-3938.
- 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(1): 64-75.
- Broderick, G.A., Brito, A.F. & Colmenero, J.O. (2007). Effects of feeding formate-treated alfalfa silage or red clover silage on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(3): 1378-1391.
- Bueno, A.V.I., Lazzari, G., Jobim, C.C. & Daniel, J.L.P. (2020). Ensiling total mixed ration for ruminants: a review. *Agronomy*, 10(6): 879.
- Cao, Y., Takahashi, T., Horiguchi, K.I., Yoshida, N. & Cai, Y. (2010). Methane emissions from sheep fed fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and rice bran. *Animal Feed Science and Technology*, 157(1-2): 72-78.
- Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A. & Losa, R. (2007). Effects of dose and adaptation time of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 132(3-4): 186- 01.
- Denek, N. & Can, A. (2006). Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, 65(3): 260-265.
- Eguchi, K., Hattori, I., Sawai, A., Muraki, M. & Sato, K. (2008). Fermentation quality of purple corn [*Zea mays*] silage. *Japanese Journal of Grassland Science*. 54(2).
- Eliş, S. & Özyazici, M.A. (2019). Determination of the silage quality characteristics of different switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(6).
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Website: <http://www.faostat.fao.org> Food Loss and Waste (2022). Available online: <https://www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/> (accessed on 15 September 2022)
- Fazaeli, H. (2020). Total Mixed Ration Silage, New Technology in Animal Feeding Management. *Press Animal Science Research Institute (ASRI)*, Karaj, Iran, 408 pp (In Persian).
- Fazaeli, H., Baghjari, E., Sarmadi, A. & Taheri pour, J. (2022). Silage characteristics and nutritive value of TMR silage based on the orange pulp with different levels of wheat straw and additives. *Animal Science*, 35(134): 59-74. (In Persian).
- Fazaeli, H., Sadeghishoa, M., Aghashahi, A.R. & Aliverdinasab, R. (2023). Nutritional value of total mixed ration silage based on the fodder beet and corn forage in Shal sheep. *Journal of Ruminant Research*, 11(3): 97-116. (In Persian).
- Fedorah, P.M. & Hruday, S.E. (1983). A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environmental Technology*, 4(10): 425-432.
- Getachew, G., Blümmel, M., Makkar, H.P.S. & Becker, K. (1998). *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 72(3-4): 261-281.
- Hao, W., Tian, P., Zheng, M., Wang, H. & Xu, C. (2020). Characteristics of proteolytic microorganisms and their effects on proteolysis in total mixed ration silages of soybean curd residue. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(1): 100.
- Hao, W., Wang, H.L., Ning, T.T., Yang, F.Y. & Xu, C.C. (2015). Aerobic stability and effects of yeasts during deterioration of non-fermented and fermented total mixed ration with different moisture levels. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(6): 816.
- Kilic, A. (1986). *Silo Feed* (Instruction, Education and Application Proposals). Bilgehan Press, Izmir, pp: 327.
- Kilic, A. (2006). Determined of Quality in Roughage. Hasat Poblacion, Istanbul.
- Kondo, M., Shimizu, K., Jayanegara, A., Mishima, T., Matsui, H., Karita, S., Goto, M. & Fujihara, T. (2016). Changes in nutrient composition and *in vitro* ruminal fermentation of

- total mixed ration silage stored at different temperatures and periods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(4): 1175-1180.
- Li, F., Ding, Z., Adesogan, A.T., Ke, W., Jiang, Y., Bai, J., Mudassar, S., Zhang, Y., Huang, W. & Guo, X. (2020). Effects of class IIa bacteriocin-producing *Lactobacillus* species on fermentation quality and aerobic stability of alfalfa silage. *Animals*, 10(9): 1575.
- Linn, J.G., & Martin, N.P. (1991). Forage quality analyses and interpretation. The Veterinary Clinics of North America. *Food Animal Practice*, 7(2): 509-523.
- Madrid, J., Martínez-Teruel, A., Hernández, F. & Megías, M.D. (1999). A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(12): 1722-1726.
- Makkar, H.P. (2005). *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology*, 123: 291-302.
- Marocco, D.H., Favero, P., Guralski, R., Basi, C., Zacaron, W., Solivo, G. & Zotti, C.A. (2020). Use of by-products in a total mixed ration silage. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(6-12): 3473-3480.
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications.
- Menke, H.H. & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 7-55.
- Miyaji, M. & Matsuyama, H. (2016). Lactation and digestion in dairy cows fed ensiled total mixed ration containing steam-flaked or ground rice grain. *Animal Science Journal*, 87(6): 767-774.
- Miyaji, M., Matsuyama, H. & Nonaka, K. (2017). Effect of ensiling process of total mixed ration on fermentation profile, nutrient loss and *in situ* ruminal degradation characteristics of diet. *Animal Science Journal*, 88(1): 134-139.
- Naeni, S.Z., Emami, N.K., Rowghani, E. & Bayat, A. (2014). Influence of ensiling time on chemical composition, fermentation characteristics, gas production and protein fractions of sweet sorghum silage. *Veterinary and Animal Science*, 4: 286-293.
- Naetzold, S., Viégas, J., Skonieski, F.R., Tonin, T.J., Schumacher, L.L., Fagundes, M.B., Rocha, L.T. & Wagner, R. (2021). Fractionation of carbohydrates and proteins and *in vitro* rumen kinetics of corn silage under various storage durations. *South African Journal of Animal Science*, 51(4): 523-532.
- Norolahi, F., Tahmasbi, R., Dayani, O. & Khezri, A. (2022). 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 Sciences Journal*, 34(133): 59-72.
- Owen, F.G. & Howard, W.T. (1965). Effect of ration moisture level on value of alfalfa plus cracked corn as a complete-feed silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 48(10):1310-1314.
- Pedroso, A.D.F., Nussio, L.G., Paziani, S.D.F., Loures, D.R.S., Igarasi, M.S., Coelho, R.M., Packer, I.H., Horii, J. & Gomes, L.H. (2005). Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agricola*, 62: 427-432.
- Portela, Y.N., de Moura Zanine, A., de Jesus Ferreira, D., de Oliveira Maia Parente, M., Parente, H.N., Santos, E.M., Perazzo, A.F., Nascimento, T.V.C., de Cunha, I.A.L., de Oliveira Lima, A.G.V., de Sousa Santos, F.N. & Bandeira, D.M. (2023). Mixed ration silage containing sugarcane and babassu byproducts as a nutritional alternative for livestock. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 66(5): 419-435.
- Sallam, S.M.A. (2005). Nutritive value assessment of the alternative feed resources by gas production and rumen fermentation *in vitro*. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1(2): 200-209.

- Sarıççek, B.Z., Yıldırım, B., Kocabaş, Z. & Demir, E.O. (2016). Effect of storage time on nutrient composition and quality parameters of corn silage. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(11): 934-939.
- SAS. (2005). SAS User's Guide. Statistics. Version 9.1.3 Edition. SAS Inst., Inc., Cary NC.
- Schingoethe, D.J. (2017). A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12): 10143-10150.
- Schumacher, L., Pereira, S.N., Del Valle, T.A., Tyska, D., Mallmann, C.A., Tonin, T.J. & Viégas, J. (2023). Storage time effects on whole-plant sorghum silage fermentation profile, aerobic stability and mycotoxin concentration. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 1-13.
- Selwet, M. (2009). Effect of propionic and formic acid mixtures on the fermentation, fungi development and aerobic stability of maize silage. *Polish Journal of Agronomy*, 1: 37-42.
- Shakeri, P., Riasi, A., Alikhani, M., Fazaeli, H. & Ghorbani, G.R. (2013). Effects of feeding pistachio by-products silage on growth performance, serum metabolites and urine characteristics in Holstein male calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(6): 1022-1029.
- Shao, T., Ohba, N., Shimojo, M. & Masuda, Y. (2002). Dynamics of early fermentation of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(11): 1606-1610.
- Souza, A.M.D., Neumann, M., Rampim, L., Almeida, E.R.D., Matchula, A.F., Cristo, F.B. & Faria, M.V. (2022). Effect of storage time on the chemical composition of whole and grainless corn plant silage harvested at different maturity stages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 51, e20200180.
- Toghiani, J., Fallah, N., Nasernejad, B., Mahboubi, A., Taherzadeh, M. J. & Afsham, N. (2023). Sustainable pistachio dehulling waste management and its valorization approaches: A review. *Current Pollution Reports*, 9(1): 60-72.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1994). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 358-359.
- Wang, H., Ning, T., Hao, W., Zheng, M. & Xu, C. (2016). Dynamics associated with prolonged ensiling and aerobic deterioration of total mixed ration silage containing whole crop corn. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(1): 62.
- Weinberg, Z.G., Chen, Y., Miron, D., Raviv, Y., Nahim, E., Bloch, A., Yosef, E., Nikbahat, M. & Miron, J. (2011). Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film—A commercial scale experiment. *Animal Feed Science and Technology*, 164(1-2): 125-129.
- Woolford, M.K. (1984). The Silage Fermentation. Marcel Decker, New York. 350pp.
- Xie, Y., Wang, L., Li, W., Xu, S., Bao, J., Deng, J., Wu, Z. & Yu, Z. (2022). Fermentation quality, *in vitro* digestibility, and aerobic stability of total mixed ration silage in response to varying proportion alfalfa silage. *Animals*, 12(8): 1039.
- Yahaya, M.S., Kimura, A., Harai, J., Nguyen, H.V., Kawai, M., Takahashi, J. & Matsuoka, S. (2001). Evaluation of structural carbohydrates losses and digestibility in alfalfa and orchard grass during ensiling 1. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(12): 1701-1704.
- Zhao, J., Dong, Z., Chen, L., Wang, S. & Shao, T. (2020). The replacement of whole-plant corn with bamboo shoot shell on the fermentation quality, chemical composition, aerobic stability and *in vitro* digestibility of total mixed ration silage. *Animal Feed Science and Technology*, 259: 114348.

