

**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 Akbari<sup>1</sup>, Omid Dayani<sup>2\*</sup>, Mohammad Mehdi Sharifi Hosseini<sup>3</sup>,  
Zohreh Hajalizadeh<sup>4</sup>**

- <sup>1</sup> MSc. Student, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran  
<sup>2</sup> Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran,  
Email: odayani@uk.ac.ir  
<sup>3</sup> Assistant Professor of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran  
<sup>4</sup> PhD. Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Full Paper	<b>Background and objectives:</b> 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.
<b>Article history:</b> Received: Revised: Accepted:	<b>Materials and methods:</b> 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 were measured. The gas production volume of the silages was measured, and then gas production parameter (dry matter intake, short-chain fatty acids, and digestibility of DM and organic matter) at different ensiling times were determined.
<b>Keywords:</b> total mixed ration silage Pistachio peeling residues Nutrients gas production parameters	<b>Results:</b> 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), .



© The Author(s).

DOI:

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<sup>۱</sup>، امید دیانی<sup>۲\*</sup>، محمد مهدی شریفی حسینی<sup>۳</sup>، زهره حاج‌علیزاده<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

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

<sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

<sup>۴</sup> دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> تهیه جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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 سیلوکردن بر ترکیب شیمیایی، خصوصیات تخمیری و تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته بود.
تاریخ دریافت: تاریخ ویرایش: تاریخ پذیرش:	<b>مواد و روش‌ها:</b> 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 سیلوشده بدون بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (شاهد)، (۲) جیره کاملاً مخلوط سیلوشده با ۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، (۳) جیره کاملاً مخلوط سیلوشده با ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته و (۴) جیره کاملاً مخلوط سیلوشده با ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته بودند. پس از گذشت ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز درب سیلوه‌ها باز و بلافاصله ارزیابی ظاهری - حسی، خصوصیات سیلویی و pH سیلاژها بررسی شد. ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری، الیاف نامحلول در شوینده‌خشی و اسیدی، نیتروژن آمونیاکی و اسید لاکتیک 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: جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده بقایای پوست‌گیری پسته مواد مغذی مولفه‌های تولید گاز	<b>یافته‌ها:</b> 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 سیلوشده در ۶۰ روز پس از سیلوکردن، کمتر از روزهای ۳۰

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

**نتیجه‌گیری:** نتایج مطالعه نشان داد که افزایش مدت زمان سیلوکردن از ۳۰ به ۴۵ روز، ویژگی‌های سیلویی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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؛ دینانی، امید؛ شریفی حسینی، 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)،

DOI:

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسندگان.

## مقدمه

ضرورت دستیابی به روش‌های مناسب برای تولید خوراک مورد نیاز دام، با توجه به محدودیت‌هایی که در منابع تأمین مواد غذایی وجود دارد، امری غیرقابل انکار است. بهره‌گیری از روش‌های علمی نوین و بهره‌برداری از منابع جدید در تهیه خوراک دام، می‌تواند گامی موثر 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 قابل توجهی 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). از جمله 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 نرم رویی، خوشه، برگ و مقدار کمی پسته پوک و نیمه‌مغز است که ارزش غذایی مناسبی دارد و (Shakeri و همکاران، ۲۰۱۳). براساس 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 شوینده‌خشی و ۱۸/۲۹ درصد الیاف نامحلول در شوینده‌اسیدی است.

جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده به‌عنوان یک روش جدید تهیه خوراک در جهان مورد توجه قرار گرفته است که می‌توان بدین طریق از بقایای کشاورزی با رطوبت بالا مانند بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته استفاده نمود. از آنجا که 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 سیلوشده 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 سیلوشده در دهه ۱۹۶۰ در ایالات متحده گزارش شد (Owen و Howard، ۱۹۶۵). آماده‌سازی خوراک به‌صورت جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده منتج به بهبود گوارش‌پذیری خوراک، افزایش پایداری هوازی، صرفه‌جویی در نیروی انسانی برای آماده‌سازی خوراک و خوراک دادن روزانه دام‌ها، خوش‌خوراک شدن خوراک‌های غیر خوش خوراک، 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 سیلوشده: بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته (پوست‌روی 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 به‌هم زده و در سطل‌هایی 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 شوینده‌ختی 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 بهروری استفاده از جیره خوراکی در این واحدها می‌گردد. بنابراین با تهیه جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده امکان تهیه جیره کامل و متوازن، به‌ویژه برای دامداران خرده‌پا، فراهم می‌شود. به‌طوری‌که دامدارانی که ناگزیر به خرید سیلاژهای بسته‌بندی شده 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 (خرید کردن، خیس‌اندیدن و مخلوط کردن) روزانه خوراک نخواهند داشت (Fazaeli، ۲۰۲۰). برخی از محققان گزارش کرده‌اند فرآیند سیلوکردن جیره‌های کاملاً مخلوط سبب افزایش اسید لاکتیک و کاهش مواد مغذی مفید مانند کربوهیدرات‌های غیرفیبری (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 سیلوشده دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در شرایط برون‌تنی بود.

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 Steingass، 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 Steingass، ۱۹۸۸).

(رابطه ۲)

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

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)

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

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 سیلوساده با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Can و Denek، ۲۰۰۶):

(رابطه ۱)

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

جهت تعیین درصد اسید لاکتیک 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 سانتریفیوژ (مدل ROTOFIX 32A شرکت Hettich ساخت کشور آلمان) گردید. مایع بالایی به نسبت ۱ به ۲۰ رقیق شد و ۰/۷ سی‌سی از مایع رقیق شده با ۳ سی‌سی اسید سولفوریک و ۵۰ میکرولیتر سولفات مس پنج‌آبه و ۱۰۰ میکرولیتر از پاراهیدروکسی بی‌فنیل در لوله آزمایش مخلوط شد. پس از سرد شدن، سطوح جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکترومتر (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 به‌دست آمده، فراسنجه‌های تولید گاز و بازده تولید گاز تعیین گردید (Fedora و Hrudehy، 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 سولفید سدیم ۹ آبه در سود یک مولار) به نسبت ۱ به ۲ در داخل ویال-های ۱۲۰ میلی‌لیتری با ۵ تکرار تحت گازدهی مداوم

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلو شده (بر اساس 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)				Ingredients (درصد) <sup>۱</sup>
Level of pistachio peeling residues in rations (% of DM)				
15	10	5	0	
20.00	20.00	20.00	20.00	Alfalfa hay, chopped یونجه خشک خرد شده
10.00	15.00	20.00	25.00	Corn fodder, chopped ذرت علوفه‌ای، خرد شده
15.00	15.00	15.00	15.00	Wheat straw, chopped کاه گندم، خرد شده
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 سیوس 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 <sup>۱</sup> مکمل معدنی-ویتامینی <sup>۱</sup>
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)

<sup>۱</sup> ویتامین A (۵۰۰۰۰ IU)، ویتامین D3 (۱۰۰۰۰۰ 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).

<sup>۱</sup> Contains 500,000 IU of Vitamin A; 100,000 IU of Vitamin D<sub>3</sub> 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 حاصل از پوست‌گیری پسته و ذرت علوفه‌ای (بر اساس درصد ماده خشک) پیش از سیلو کردن

Table 2- Chemical composition Pistachio peeling residues and Corn fodder chopped (DM basis) before ensiled

ترکیب شیمیایی (درصد)								خوراک
Chemical composition (%)								Food
انرژی قابل متابولیسم	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	ماده آلی	خاکستر	عصاره اتری	پروتئین خام	ماده خشک	
ME	ADF	NDF	OM	Ash	EE	CP	DM	
								بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته
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	Pistachio peeling residues
± 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	ذرت علوفه‌ای Corn fodder



ترکیب شیمیایی بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته به صورت 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 مورد اندازه‌گیری،  $\mu$  میانگین به دست آمده،  $T_i$  اثر تیمار و  $e_{ij}$  اثر خطای باقی‌مانده 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 به منظور 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 سیلوشده: اطلاعات مربوط به تأثیر زمان‌های مختلف سیلو بر ترکیب شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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 سیلوشده با سطوح متفاوت بقایا تحت تأثیر مدت زمان سیلوکردن

قرار گرفت. به طوری که میزان ماده خشک جیره‌های دارای ۱۰ و ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته با افزایش مدت زمان سیلوکردن به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P < 0/05$ )، در حالی که 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). با این حال، برای جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده، به نظر می‌رسد این کاهش کمتر باشد. در توافق با مطالعات گذشته، Schumacher و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند میزان ماده خشک سورگوم کامل سیلوشده با افزایش مدت زمان سیلوکردن به صورت خطی کاهش یافت. در آزمایشی، Bagheripour و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند میزان ماده خشک پوست‌پسته، پس از ۳۰ و ۶۰ روز سیلو کردن، به طور خطی کاهش یافت.

در تحقیق حاضر، درصد عصاره اتری تمام جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده، در ۶۰ روز پس از سیلوکردن، به طور 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 سیلوشده می‌تواند محیط سیلاژ را اسیدی کند و سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپاز و لیپولیز شود در نتیجه چربی‌ها به سرعت تخریب می‌شوند و به شکل اسیدهای چرب تجزیه می‌شوند. این تغییرات شیمیایی ممکن است به تغییر در ترکیب چربی‌ها و

سیلوکردن ممکن است به دلیل نرم شدن و تخریب دیواره‌های سلولی گیاه ناشی از آنزیم‌های باکتریایی مانند سلولازها و همی‌سلولازها باشد که سلولز و اجزای همی‌سلولز را تجزیه می‌کنند و در نتیجه الیاف نامحلول را آزاد می‌کنند. همانطور که زمان سیلوکردن از ۴۵ روز می‌گذرد، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی کاهش می‌یابد و به سطوح مشابه مشاهده شده در ۳۰ روز پس از سیلوکردن برمی‌گردد. این کاهش می‌تواند نتیجه تخریب بیشتر الیاف آزادشده توسط فعالیت میکروبی و تولید اسیدهای آلی در طی تخمیر سیلو باشد (Yahaya و همکاران، ۲۰۰۱). طی مطالعه‌ای، Wang و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی در جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده بر پایه علوفه ذرت طی ۵۶ روز، از ۴۶ به ۴۳ درصد کاهش یافت. همچنین در تحقیقی، Weinberg و همکاران (۲۰۱۱) الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی در جیره‌های کاملاً مخلوط حاوی ۵۰ درصد ماده خشک که به مدت ۱۴۰ روز سیلوشده بود از ۳۸ درصد در هنگام سیلوکردن به ۳۴ درصد کاهش یافت.

در آزمایش حاضر، با افزایش مدت زمان سیلوکردن، درصد الیاف نامحلول در شوینده‌اسیدی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده دارای سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0/05$ ). تجزیه پروتئین‌ها در حین عمل سیلوکردن موجب افزایش سهم ترکیبات نیتروژنه غیرپروتئینی و نیتروژن آمونیاکی، و تجزیه کربوهیدرات‌های قابل تخمیر منجر به افزایش سهم الیاف نامحلول در شوینده‌اسیدی می‌گردد (Brito و همکاران، ۲۰۰۶؛ Broderick و همکاران، ۲۰۰۷).

کاهش چربی منجرشود. در آزمایشی، Sariçiçek و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند درصد عصاره اتری سیلاژ ذرت با افزایش مدت زمان سیلوکردن کاهش یافت. طی مطالعه‌ای، Souza و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر زمان سیلوکردن بر ترکیب شیمیایی سیلاژ ذرت کامل و بدون دانه برداشت‌شده 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، به‌ویژه میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی دارد. در این مطالعه افزایش مدت زمان سیلوکردن سبب تغییر در میزان الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده دارای صفر و ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته شد ( $P < 0/05$ ). قابل ذکر است که بیشترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی در ۴۵ روز پس از سیلوکردن مشاهده شد. کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی در جیره دارای ۱۰ درصد بقایا در مقایسه با جیره شاهد پس از ۶۰ روز سیلوکردن را می‌توان به میزان کمتر الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی در بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته نسبت به ذرت علوفه‌ای نسبت داد. این یافته نشان می‌دهد که گنجاندن بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته ممکن است بر میزان کلی فیبر در سیلاژ تولیدی تأثیر بگذارد. علاوه بر این، روند تغییرات مشاهده شده در میزان الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی بین ۳۰ تا ۶۰ روز سیلوکردن نشان‌دهنده یک تعامل پیچیده از عوامل مؤثر بر تخریب فیبر است. افزایش اولیه میزان الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی در ۴۵ روز پس از

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

جدول ۳- تأثیر زمان سیلوکردن بر ترکیب شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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 شوینده‌اسیدی	الیاف نامحلول در شوینده‌خشی	خاکستر Ash	عصاره اتری EE	ماده آلی OM	پروتئین خام CP	ماده خشک DM	زمان سیلوکردن (روز) Time (day)
ADF	NDF						
26.59 <sup>b</sup>	48.83 <sup>b</sup>	13.62	5.08 <sup>a</sup>	86.38	12.48	43.71	30
28.81 <sup>ab</sup>	51.46 <sup>a</sup>	12.85	5.17 <sup>a</sup>	87.15	12.47	42.64	45
31.09 <sup>a</sup>	49.00 <sup>b</sup>	13.96	3.47 <sup>b</sup>	86.04	12.46	40.77	60
0.86	0.37	0.38	0.17	0.38	0.46	0.81	SEM خطای استاندارد میانگین
0.01	0.01	0.15	0.09	0.15	0.47	0.06	P value مقدار احتمال
24.72 <sup>b</sup>	45.41	14.03	6.12 <sup>a</sup>	85.97	12.41	45.22	30
26.22 <sup>b</sup>	47.38	13.62	6.25 <sup>a</sup>	86.38	12.33	42.86	45
28.65 <sup>a</sup>	46.09	13.91	4.45 <sup>b</sup>	86.09	12.40	42.06	60
0.56	1.40	0.36	0.11	0.36	0.17	1.02	SEM خطای استاندارد میانگین
0.01	0.62	0.72	0.01	0.72	0.10	0.11	P value مقدار احتمال
24.64 <sup>b</sup>	44.27 <sup>b</sup>	14.19	6.01 <sup>a</sup>	85.81	12.53	45.19 <sup>a</sup>	30
25.24 <sup>ab</sup>	46.65 <sup>a</sup>	13.85	5.35 <sup>b</sup>	86.15	12.52	42.26 <sup>b</sup>	45
27.14 <sup>a</sup>	44.19 <sup>b</sup>	14.12	4.93 <sup>b</sup>	85.88	12.51	41.78 <sup>b</sup>	60
0.52	0.33	0.19	0.18	0.19	0.27	0.59	SEM خطای استاندارد میانگین
0.027	0.08	0.43	0.01	0.43	0.69	0.02	P value مقدار احتمال
23.16 <sup>b</sup>	44.00	14.67	6.54 <sup>a</sup>	85.33	12.57	41.84 <sup>a</sup>	30
25.16 <sup>a</sup>	44.62	14.16	6.10 <sup>a</sup>	85.38	12.59	38.85 <sup>b</sup>	45
26.66 <sup>a</sup>	43.25	14.98	4.75 <sup>b</sup>	85.02	12.56	39.62 <sup>b</sup>	60
0.60	0.88	0.32	0.27	0.32	0.11	0.69	SEM خطای استاندارد میانگین
0.08	0.57	0.23	0.08	0.23	0.15	0.02	P value مقدار احتمال

<sup>ab</sup> حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ( $P < 0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Different superscripts of means within the same column show significant differences at ( $P < 0.05$ ).

و غیره باشد. به هر حال ممکن است مقدار کمی از همی سلولز و پکتین طی سیلوشدن کاهش یابد، اما سلولز و بخش لیگنوسلولزی چندان تجزیه نمی‌شوند. میزان پروتئین خام، ماده آلی و خاکستر جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده تحت تأثیر مدت زمان سیلوکردن قرار نگرفتند. مطابق با نتایج تحقیق حاضر،

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

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 سیلوکردن تغییر نکرد. در تحقیقی، پژوهشگران هیچ تغییری در مقدار پروتئین خام جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده حاوی ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ گرم رطوبت در کیلوگرم در ۵۶ روز مشاهده نکردند (Hao و همکاران، ۲۰۱۵).

**تأثیر زمان‌های مختلف سیلوکردن بر خصوصیات تخمیری جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده:** اطلاعات مربوط به تأثیر زمان‌های مختلف سیلو بر خصوصیات تخمیری جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده با سطوح مختلف بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد با افزایش مدت زمان سیلوکردن در تمامی سطوح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، pH جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده به طور 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 نتیجه فرآیند پروتئولیز باشد (Bouriako, ۲۰۰۱). همراستا با نتایج تحقیق حاضر، Schumacher و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند pH سورگوم کامل سیلوشده با افزایش مدت زمان سیلوکردن افزایش یافت. در پژوهشی، Zhao و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند با افزایش مدت زمان سیلو، pH جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده دارای پوسته ساقه بامبو به تدریج در عرض ۳۰ روز کاهش و پس از ۹۰ روز سیلوکردن افزایش یافت.

بالاترین نقطه فلیگ یا شاخص کیفیت در جیره کاملاً مخلوط سیلوشده بدون بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته با گذشت ۳۰ روز پس از سیلوکردن 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 به دست می‌آید (Kilic, ۲۰۰۶). در مطالعه حاضر، ماده خشک با گذشت زمان پس از سیلوکردن تقریباً ثابت ماند، لیکن مقدار pH روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلوکردن به دلیل کاهش اسید لاکتیک افزایش یافت، بنابراین بیشترین نقطه فلیگ جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده در روز ۳۰ پس از سیلوکردن مشاهده شد و پس از آن در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلوکردن کاهش یافت. نتایج حاضر با تحقیق Xie و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند نقطه فلیگ جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده به طور قابل توجهی طی روزهای ۱۴ تا ۳۰ پس از سیلوکردن کاهش یافت. در تحقیقی، Norolahi و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند نقطه فلیگ سیلاژ مخلوط کاکتوس علوفه‌ای - یونجه با گذشت زمان پس از سیلوکردن به طور معنی‌داری کاهش یافت.

در سی روز پس از سیلوکردن جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده، در تمام سطوح بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته، سطح نیتروژن آمونیاکی در جیره‌ها کمترین و در ۶۰ روز پس از سیلوکردن بیشترین مقدار بود. چنین روندی در روز ۳۰ مورد انتظار بود زیرا بالا بودن نسبت قند به پروتئین خام، سبب تقویت فرآیند 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

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

سیلوشده نسبت داد. طی پژوهشی، Schumacher و همکاران (۲۰۲۳) اثر زمان‌های مختلف سیلو بر مشخصات تخمیری سورگوم کامل سیلوشده را بررسی و گزارش کردند با گذشت زمان پس از سیلو-کردن غلظت نیتروژن آمونیاکی سیلاژ افزایش یافت. در تحقیقی، Wang و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند نیتروژن آمونیاکی در روزهای ۳۰ و ۴۰ پس از سیلوکردن روند افزایشی داشت.

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، ۲۰۰۱). بنابراین افزایش سطح نیتروژن آمونیاکی در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلوکردن که با کاهش اسید لاکتیک و افزایش pH سیلاژ مطابقت داشت را می‌توان به افزایش تجزیه پروتئین خام جیره‌های کاملاً مخلوط

جدول ۴- تأثیر زمان سیلوکردن بر خصوصیات تخمیری و ارزیابی حسی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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 آمونیاکی (گرم بر کیلوگرم از کل نیتروژن) NH <sub>3</sub> -N (g/kg total N)	اسید لاکتیک (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 <sup>b</sup>	9.46 <sup>a</sup>	123.76 <sup>a</sup>	4.33	30
	20.00	25.37 <sup>a</sup>	7.53 <sup>b</sup>	118.04 <sup>b</sup>	4.35	45
	20.00	25.37 <sup>a</sup>	6.18 <sup>c</sup>	108.87 <sup>c</sup>	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 <sup>c</sup>	7.15 <sup>a</sup>	117.18 <sup>a</sup>	4.44 <sup>b</sup>	30
	19.50	20.19 <sup>b</sup>	6.23 <sup>b</sup>	106.59 <sup>b</sup>	4.48 <sup>b</sup>	45
	19.50	22.58 <sup>a</sup>	4.21 <sup>c</sup>	99.26 <sup>c</sup>	4.71 <sup>a</sup>	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 <sup>c</sup>	6.98 <sup>a</sup>	120.59 <sup>a</sup>	4.34 <sup>b</sup>	30
	19.50	22.13 <sup>b</sup>	6.75 <sup>b</sup>	110.20 <sup>b</sup>	4.43 <sup>b</sup>	45
	20.00	22.81 <sup>a</sup>	4.08 <sup>c</sup>	97.87 <sup>c</sup>	4.72 <sup>a</sup>	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 <sup>c</sup>	5.33 <sup>a</sup>	107.80 <sup>a</sup>	4.51 <sup>c</sup>	30
	19.75	22.59 <sup>b</sup>	4.48 <sup>b</sup>	97.75 <sup>b</sup>	4.59 <sup>b</sup>	45
	19.50	23.52 <sup>a</sup>	4.29 <sup>c</sup>	85.42 <sup>c</sup>	4.97 <sup>a</sup>	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

<sup>ab</sup> حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (P<۰/۰۵).

<sup>ab</sup> Different superscripts of means within the same column show significant differences at (P<0.05).

در مطالعه حاضر، میزان اسید لاکتیک در جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده پس از ۳۰ و ۴۵ روز سیلوکردن بالاتر از روز ۶۰ بود. کاهش اسید لاکتیک در ۶۰ روز پس از سیلوکردن می‌تواند به دلیل کاهش سوسترای لازم برای باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک 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 اسید لاکتیک 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 اسید لاکتیک نیز مهار می‌شوند. در همان زمان، برخی از میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی که ممکن است در سیلو وجود داشته باشند شروع به تجزیه اسید لاکتیک و تولید اسیدهای آلی دیگر مانند اسید استیک و اسید پروپیونیک می‌کنند که منجر به کاهش محتوای اسید لاکتیک می‌شود (Shao و همکاران، ۲۰۰۲). در تحقیقی، Li و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند طی ۲۸ تا ۵۶ روز تخمیر غلظت اسید لاکتیک سیلاژ یونجه کاهش یافت.

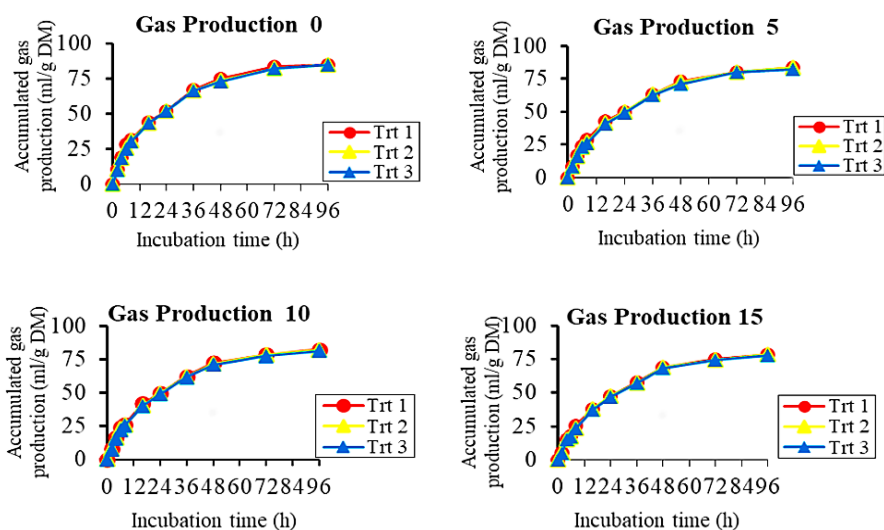
برای ارزیابی مواد سیلویی، از دو روش مختلف روش ظاهری (فیزیکی) و آزمایشگاهی (شیمیایی) استفاده می‌شود. ارزیابی ظاهری به‌عنوان ارزیابی حسی نیز شناخته می‌شود، که بر اساس بوی مواد سیلویی، حس لمس و رنگ آن‌ها انجام می‌شود. مهمترین موضوع مواد سیلویی، بوی سیلویی است که در آن وجود اسید بوتیریک و اسید استیک (بوی 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 سیلوشده در این تحقیق تحت تأثیر مدت زمان سیلوکردن قرار نگرفتند، و از رنگ، بو و بافت مناسبی برخوردار بودند. جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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 سیلوشده 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 سیلوشده:** اطلاعات مربوط به تأثیر زمان‌های مختلف سیلو بر حجم گاز تولیدی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته در شرایط برون‌تنی در شکل ۱ آورده شده است. نتایج این تحقیق نشان دادند، با افزایش مدت زمان سیلوکردن حجم گاز تولیدی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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 جیره‌ی کاملاً مخلوط سیلوشده بدون بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته دارای بالاترین مقدار و در روزهای ۴۵ و ۶۰ پس از سیلوکردن جیره کاملاً مخلوط سیلوشده دارای ۱۵ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته دارای پائین‌ترین مقدار نرخ تولید گاز بودند. به‌طور کلی، کاهش میزان تولید گاز به‌علت 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 شوینده‌خشی و اسیدی سبب کاهش کربوهیدرات‌های غیرالیافی و

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

(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 سیلوشده را در دو سطح دما (۱۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و دو دوره زمانی ۳۰ و ۹۰ روزه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند با توجه به آزمایش گاز، غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر پیش و پس از سیلوشدن تغییری نداشت. در تحقیقی، Nacini و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر مدت زمان سیلوکردن (۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰) را بر پارامترهای تولید گاز سیلاژ سورگوم شیرین بررسی و گزارش کردند گوارش‌پذیری در شرایط برون‌تنی تحت تأثیر مدت زمان سیلوکردن قرار نگرفت. طی آزمایشی، Zhao و همکاران (۲۰۲۰) جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده با سطوح متفاوت پوسته ساقه بامبو را در شرایط برون‌تنی مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند پس از ۹۰ روز سیلوکردن هیچ تفاوت معنی‌داری در حجم گاز تولیدی و گوارش‌پذیری ماده خشک مشاهده نشد. همچنین گزارش شده 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).

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 مدت زمان سیلوکردن حجم گاز تولیدشده کاهش یافت.

**تأثیر زمان‌های مختلف سیلوکردن بر فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده: تأثیر زمان سیلوکردن بر فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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 سیلوشده، تخمیر، تولید و سنتز پروتئین میکروبی در سوبستراها به وسیله 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 قابل دسترس برای حیوان می‌باشد (Castillejos و همکاران، ۲۰۰۷). پژوهشگران بیان کردند بین میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و تولید گاز رابطه خطی وجود دارد



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 سیلوشده 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					
مقدار احتمال P value		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					
مقدار احتمال P value		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					
مقدار احتمال P value		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					
مقدار احتمال P value		0.55	0.72	0.16	0.27

<sup>ab</sup> حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ( $P < 0.05$ ).

<sup>ab</sup> Different superscripts of means within the same column show significant differences at ( $P < 0.05$ ).

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

همبستگی جزئی پیرسون بین ترکیبات شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده: تجزیه و تحلیل همبستگی جزئی برای درک بیشتر رابطه بین ترکیبات شیمیایی جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده 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

دارد. به طوری که با افزایش پروتئین خام، خاکستر کاهش می‌یابد. بین عصاره اتری و الیاف نامحلول در شوینده‌خنتی و اسیدی نیز همبستگی منفی مشاهده شد دلیل این همبستگی منفی می‌تواند مربوط به

تشکیل کمپلکس‌های 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 جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته

Table 6- Correlation partial between chemical compositions of ensiled total mixed ration with different levels of pistachio peeling

الیاف نامحلول در شوینده‌اسیدی ADF	الیاف نامحلول در شوینده‌خنتی 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 می‌دهد.

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

آمونیاکی، کاهش غلظت اسید لاکتیک و افزایش pH سیلاژها گردید. از این رو توصیه می‌شود جیره‌های کاملاً مخلوط با ۱۰ درصد بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته را سیلو و تا ۴۵ روز پس از سیلوکردن به دام تغذیه کرد.

### نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد افزایش مدت زمان سیلوکردن جیره‌های کاملاً مخلوط سیلوشده با سطوح متفاوت بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته تا ۶۰ روز، منجر به افزایش مصرف مواد مغذی قابل‌دسترس، افزایش مقدار نیتروژن

### 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. & Özyazıcı, 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., Sadeghshoa, 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.
- 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 Poblcation, 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.
- Norolah, 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.