Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

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

Evaluation of chemical composition, *in vitro* gas production, and ruminal degradability of *Mentha pulegium* L. pulp ensiled with different percentages of wasted date

Mohammad Mehdi Eshaghi Maskoni[1], Omid Dayani[2*], Amin Khezri[3], Poorya Dadvar[4]

[1]M.Sc of Animal Nutrition, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[2]Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: odayani@uk.ac.ir
[3]Asscociate Prof., Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: aminkhezri@gmail.com
[4]Assistant Professor, Animal Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran, Email: pooryadadvar@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 06/10/2022
Revised: 07/24/2022
Accepted: 07/25/2022

Keywords:
Degradation rate
Mentha pulegium pulp
Silo
Waste date

ABSTRACT

Background and Objectives: Ruminant feeding systems based on region-specific by-products are a valuable approach to provide animal feed. Among these agricultural residues is oregano waste, generated by oregano extraction factories. Due to their high moisture content, storing such resources under normal conditions is challenging. Ensiling is a common technique for preserving and processing high-moisture forages. On the other hand, supplementing diets with readily degradable carbohydrates such as wasted date improves the nutritional value of silage. The objective of this study was to investigate the chemical composition, ruminal degradability, and *in vitro* gas production of *Mentha pulegium* L. pulp silage at varying proportions of wasted dates.

Materials and Methods: To perform this experiment, 400 kg of *Mentha pulegium* pulp was ensiled with 0, 5, 10, and 15 percent of wasted date in 10-litter buckets. The experimental diets were as follows: 1) dried *Mentha pulegium* pulp, 2) *Mentha pulegium* pulp ensiled without additive, 3) *Mentha pulegium* pulp ensiled with 5% waste date, 4) *Mentha pulegium* pulp ensiled with 10% waste date, 5) *Mentha pulegium* pulp ensiled with 15% waste date. The buckets were exposed after 45 days, and multiple samples were collected to determine chemical composition, *in vitro* gas production, and ruminal degradability using the nylon bag technique.

Results: The results showed that dry matter content of *Mentha pulegium* pulp increased through ensiling, along with enhancement in the percentage of waste dates in silages. The neutral detergent fiber (NDF) and ether extract of *Mentha pulegium* pulp decreased with ensiling, however, the addition of waste dates to the silage caused an increase in their percentages. The lowest volume of gas produced during incubation time was associated with *Mentha pulegium* pulp silage without additives (100 mL). Both gas production potential and gas production rate were reduced by ensiling *Mentha pulegium* pulp; however, the addition of waste dates to the silages increased these two components. The partitioning factor exhibited the highest value in ensiled oregano pulp without additives (2.23 mg/mL). The rapidly degradable fraction (a) of dry matter (DM), crude protein (CP), and NDF, as well as the potentially degradable fraction (b) of CP and NDF,

decreased due to ensiling. Conversely, the addition of waste date to silages led to an increase in the degradability of the soluble fraction. The slowly degradable fraction (b) of DM increased with ensiling and additionally with the addition of waste dates into silages. The degradation rate (c) of DM and NDF decreased as a result of ensiling, whereas the addition of different percentages of waste dates up to 15% let to a significant increase in this component (0.016 and 0.018, respectively).

Conclusion: The results showed that the chemical composition and nutritional value of *Mentha pulegium* pulp decreased slightly with ensiling. However, it seems that the best performance of silage production can be observed by adding 15% of waste dates to ensile oregano pulp.

Cite this article: Eshaghi Maskoni, M.M., Dayani, O., Khezri, A., Dadvar, P. (2023). Evaluation of chemical composition, *in vitro* gas production, and ruminal degradability of *Mentha pulegium* L. pulp ensiled with different percentages of wasted date. *Journal of Ruminant Research*, 11(2), 19-36.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejrr.2022.20308.1851
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

بررسی ترکیب شیمیایی، تولید گاز آزمایشگاهی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای سیلاژ تفاله پونه کوهی با درصدهای مختلف خرمای ضایعاتی

محمدمهدی اسحقی‌مسکونی[۱]، امید دیانی[۲*]، امین خضری[۳]، پوریا دادور[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد تغذیه دام بخش مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۲] استاد بخش مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، رایانامه: odayani@uk.ac.ir
[۳] دانشیار بخش مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، رایانامه:aminkhezri@gmail.com
[۴] استادیار بخش تحقیقات علوم دامی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران، رایانامه: pooryadadvar@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۵/۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۳

واژه‌های کلیدی:
پونه کوهی
سیلو
ضایعات خرما
نرخ تجزیه‌پذیری

چکیده

سابقه و هدف: سیستم‌های تغذیه نشخوارکنندگان بر مبنای ضایعات قابل‌دسترس در هر منطقه یک راهکار مفید جهت تأمین خوراک دام می‌باشد. ازجمله این ضایعات کشاورزی می‌توان به تفاله پونه کوهی اشاره نمود که پسماند کارخانجات عصاره‌گیری است. ذخیره کردن این‌گونه منابع در شرایط عادی به خاطر رطوبت بالای آن‌ها مشکلاتی ایجاد می‌کند. سیلو کردن یکی از روش‌های متداول نگهداری و عمل‌آوری مواد علوفه‌ای با رطوبت بالا است. از طرفی افزودن منابع کربوهیدراتی زود هضم مانند خرمای ضایعاتی سبب بهبود ارزش تغذیه‌ای سیلو می‌شود. هدف از انجام این آزمایش بررسی ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تولید گاز آزمایشگاهی سیلاژ تفاله پونه کوهی با درصدهای مختلف خرمای ضایعاتی بود.

مواد و روش‌ها: برای انجام این آزمایش ۴۰۰ کیلوگرم تفاله پونه کوهی با سطوح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد خرمای ضایعاتی در سطل‌هایی با گنجایش ده لیتر سیلو گردید. بر این اساس تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) تفاله خشک پونه کوهی، ۲) سیلاژ تفاله پونه کوهی بدون افزودنی، ۳) سیلاژ تفاله پونه کوهی با افزودن ۵ درصد خرمای ضایعاتی، ۴) سیلاژ تفاله پونه کوهی با افزودن ۱۰ درصد خرمای ضایعاتی و ۵) سیلاژ تفاله پونه کوهی با افزودن ۱۵ درصد خرمای ضایعاتی بودند. پس از گذشت ۴۵ روز، درب سیلوها باز شد و از سیلاژها برای تعیین ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای به روش کیسه‌های نایلونی و آزمون تولید گاز آزمایشگاهی نمونه‌گیری شد. نتایج به‌دست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه‌وتحلیل آماری شدند.

یافته‌ها: نتایج این آزمایش نشان داد که با سیلو کردن تفاله پونه کوهی و افزایش سطح خرمای ضایعاتی در سیلاژها، میزان ماده خشک افزایش پیدا کرد. الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و عصاره اتری تفاله پونه کوهی با سیلو کردن کاهش یافتند. ولی افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها، باعث افزایش درصد آن‌ها شد. کمترین حجم گاز تولیدی در تمام ساعت‌های

انکوباسیون مربوط به سیلاژ تفاله پونه بدون خرمای ضایعاتی بود (۱۰۰ میلی‌لیتر). پتانسیل تولید گاز و نرخ تولید گاز با سیلو کردن تفاله پونه کوهی کاهش یافت، اما افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها منجر به افزایش این دو مؤلفه گردید. عامل تفکیک در تفاله پونه کوهی سیلوشده بدون افزودنی بالاترین مقدار بود (۲/۲۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر). تجزیه‌پذیری بخش سریع تجزیه (a) برای ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و همچنین تجزیه‌پذیری بخش کند تجزیه شونده (b) برای پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی با سیلو کردن کاهش پیدا کرد، اما افزودن سطوح مختلف خرمای ضایعاتی به سیلوها منجر به افزایش تجزیه‌پذیری بخش سریع تجزیه شد. بخش کند تجزیه شونده برای ماده خشک با سیلو کردن و همچنین افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها افزایش پیدا کرد. ثابت نرخ تجزیه (c) برای ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی با سیلو کردن تفاله پونه کوهی کاهش پیدا کرد، ولی افزودن سطوح مختلف خرمای ضایعاتی تا سطح ۱۵ درصد منجر به افزایش معنی‌دار این مؤلفه گردید (به ترتیب ۰/۰۱۶ و ۰/۰۱۸).

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که با سیلو کردن تفاله پونه کوهی ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی آن اندکی کاهش پیدا کرد. اما به نظر می‌رسد برای سیلو کردن تفاله پونه‌کوهی، با افزودن ۱۵ درصد خرمای ضایعاتی، بهترین عملکرد تولید سیلاژ را بتوان شاهد بود.

استناد: اسحقی مسکونی، م.م.، دیانی، ا.، خضری، ا.، دادور، پ. (۱۴۰۲). بررسی ترکیب شیمیایی، تولید گاز آزمایشگاهی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای سیلاژ تفاله پونه کوهی با درصدهای مختلف خرمای ضایعاتی. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۱(۲)، ۳۶-۱۹.

DOI: 10.22069/ejrr.2022.20308.1851

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین مشکلات صنعت دام‌پروری تأمین خوراک می‌باشد (Biabani و همکاران، ۲۰۲۱). سیستم‌های تغذیه نشخوارکنندگان بر مبنای ضایعات قابل دسترس در هر منطقه، یک راهکار مفید برای تامین خوراک دام می‌باشد. از سوی دیگر، تفاله حاصل از کارخانجات صنایع تبدیلی معمولاً بدون استفاده بوده و در محیط اطراف کارخانه دفع می‌شود (Biabani و همکاران، ۲۰۱۹). از جمله این ضایعات کشاورزی می‌توان به تفاله پونه کوهی اشاره نمود که پسماند کارخانجات عصاره‌گیری است. گیاه پونه کوهی[1] از خانواده نعناعیان با نام علمی (*Mentha pulegium* L.) و نام محلی پورچینک و نام‌های دیگری مانند نعناع آمریکائی، گیاه پشه و سبزی پودینگ است. پونه کوهی در زمین‌های مرطوب و در کنار نهرها و یا داخل جوی‌ها و چشمه‌ها و کنار باطلاق‌ها می‌روید (Chalchat و همکاران، ۲۰۰۰). این گیاه سال‌هاست که به‌عنوان طعم دهنده، خلط‌آور، تنظیم‌کننده اشتها یا ادرارآور استفاده می‌شود. علاوه بر این، در درمان بیماری‌هایی مانند مسمومیت خوراکی، برونشیت و سل کاربرد فراوانی دارد (Goodarzi و Nanekarani، ۲۰۱۴). از سویی دیگر به‌دلیل وجود ترکیبات فنلی در ساختار آن، دارای اثرات آنتی‌اکسیدانتی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی نیز می‌باشد (Ghalamkari و همکاران، ۲۰۱۲؛ Pirmohamammadi و همکارن، ۲۰۱۶).

پسماندهای کشاورزی عمدتاً حاوی سطوح فراوانی مواد الیافی هستند که قسمت عمده آن‌ها از کربوهیدرات‌های ساختمانی (یعنی سلولز، همی‌سلولز و لیگنین) تشکیل شده است. این مواد علاوه بر اینکه دارای قابلیت هضم کم هستند، مصرف اختیاری آن‌ها توسط دام نیز پایین می‌باشد. از سویی دیگر رطوبت بالا در فراورده‌های فرعی کارخانجات عصاره‌گیری، نگهداری این محصولات را دچار مشکل می‌کند. سیلو کردن یکی از روش‌های متداول نگهداری و عمل‌آوری مواد علوفه‌ای با رطوبت بالا است که با قرار دادن مواد گیاهی در یک محیط بی‌هوازی با هدف تولید اسیدهای آلی به‌ویژه اسید لاکتیک کافی برای کاهش pH انجام می‌گیرد. تحقیقات نشان داده‌اند که میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام سیلاژ علوفه‌ها بیشتر از نمونه خشک آن‌ها می‌باشد (Azarzamzam و همکارن، ۲۰۱۴). استفاده از افزودنی‌های مختلف سیلویی سبب بهبود ارزش و کیفیت مواد غذایی سیلو شده و در نتیجه سبب بهبود عملکرد دام می‌شود (Aksu و همکاران، ۲۰۰۶). از جمله این افزودنی‌ها می‌توان به خرمای ضایعاتی اشاره کرد. خرمای ضایعاتی به‌عنوان یک جایگزین برای منابع کربوهیدراتی گران قیمت در سیلو قابل استفاده است (Tahmasbi و همکاران، ۲۰۱۹). بخشی از محصول خرمای تولیدی به‌دلیل آلودگی محصول به آفات و بیماری‌ها، ریزش میوه پیش از برداشت، بی‌دقتی در عملیات برداشت و نگهداری نامناسب از بین می‌رود و بنابراین قابل استفاده برای مصرف انسان نیستند و می‌توان از آن جهت تغذیه دام استفاده کرد. گزارش شده‌است که افزودن خرمای ضایعاتی به جیره گوسفند، تاثیر منفی بر قابلیت‌هضم نداشته و می‌توان از این محصول به‌عنوان یک منبع کربوهیدرات زود هضم و یک خوراک مناسب و جایگزین در تغذیه گوسفند استفاده نمود (Khezri و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به محدود بودن مطالعات در زمینه استفاده از تقاله پونه کوهی و سیلاژ آن در تغذیه نشخوارکنندگان، شناسایی خصوصیات شیمیایی، قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری این گیاه می‌تواند دیدگاه جدیدی را در خصوص جایگاه آن ایجاد نماید. بنابراین هدف از انجام این آزمایش بررسی ترکیب

1. Oregano

شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تولید گاز آزمایشگاهی سیلاژ تفاله پونه کوهی با درصدهای مختلف خرمای ضایعاتی بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی تیمارهای آزمایشی: این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی بخش مهندسی علوم دامی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. تفاله پونه کوهی تازه از کارخانه عصاره‌گیری شهرستان راین- کرمان تهیه گردید و همچنین خرمای ضایعاتی که دارای هسته بود (حاوی ۹۳/۷۸ درصد ماده خشک، ۳/۸۱ درصد پروتئین خام و ۳۱/۵۹ درصد الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی) از شهرستان بم- کرمان به‌دست آمد. مقداری از تفاله پونه کوهی پس از عصاره‌گیری در آفتاب خشک گردید. همچنین مقداری از تفاله تازه (با رطوبت حدود ۲۵ درصد) به‌طور جداگانه همراه با سطوح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد خرمای ضایعاتی به‌مدت ۴۵ روز در سطل‌هایی با گنجایش ۱۰ لیتر سیلو گردید. بر این اساس تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) تفاله خشک پونه کوهی، ۲) سیلاژ تفاله پونه کوهی بدون افزودنی، ۳) سیلاژ تفاله پونه کوهی با افزودن ۵ درصد خرمای ضایعاتی، ۴) سیلاژ تفاله پونه کوهی با افزودن ۱۰ درصد خرمای ضایعاتی و ۵) سیلاژ تفاله پونه کوهی با افزودن ۱۵ درصد خرمای ضایعاتی (براساس ماده خشک) بود. پس از پایان ۴۵ روز، درب سیلوها باز شد و ۱۰۰ گرم نمونه از هر سیلو جهت تعیین ترکیب شیمیایی شامل ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی و خاکستر طبق روش‌های استاندارد (AOAC، ۲۰۰۵) و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی براساس روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) تهیه شد.

آزمون تولید گاز: روش تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی مطابق با روش ارائه شده توسط Menke و Steingass (۱۹۸۸) انجام گرفت. بدین منظور مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه به‌همراه ۳۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه مخلوط شده با بزاق مصنوعی به نسبت ۱ به ۲ در داخل ویال‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و سپس در حمام آب ۳۹ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون گردیدند. مایع شکمبه دو ساعت پس از وعده خوراک صبحگاهی از سه راس گوسفند نر فیستوله‌گذاری شده نژاد کرمانی که با جیره‌های در حد نگهداری تغذیه می‌شدند گرفته شد. مایع شکمبه صاف‌شده و داخل فلاسک ۳۹ درجه سانتی‌گراد در شرایط بی‌هوازی سریعاً به آزمایشگاه انتقال یافت. در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون میزان فشار گاز با فشارسنج ثبت گردید (Theodorou و همکاران، ۱۹۹۴). جهت برآورد فراسنجه‌های تولید گاز از رابطه ۱ استفاده گردید (McDonald و Orskov).

رابطه ۱: $P=b\ (1-e^{-ct})$

در این رابطه، P میزان گاز تولیدشده در زمان t، b تولید گاز از بخش نامحلول با پتانسیل تخمیر پس از ۹۶ ساعت، c ثابت نرخ تولید گاز برای بخش b (میلی‌لیتر در ساعت) و t مدت زمان انکوباسیون می‌باشد.

به‌منظور تخمین قابلیت‌هضم ماده آلی (OMD[1]) و انرژی قابل سوخت‌وساز (ME[2]) از حجم گاز تولیدی بر اساس ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در طول ۲۴ ساعت به ترتیب از رابطه‌های ۲ و ۳ استفاده شد (Menke و همکاران، ۱۹۷۹):

رابطه ۲:

$$OMD = ۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹\ GP + ۰/۴۵\ CP + ۰/۰۶۵۱\ Ash$$

1. Organic matter digestibility
2. Metabolizable energy

که در این معادله OMD: قابلیت هضم ماده آلی (درصد ماده خشک)، GP: حجم گاز تولیدی تصحیح‌شده برای ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر)، CP: درصد پروتئین خام و Ash: درصد خاکستر خام می‌باشد.

رابطه ۳:

$$ME = ۲/۲۰ + ۰/۱۳۵۷\ GP + ۰/۰۵۷\ CP + ۰/۰۰۲۹\ CP^2$$

در این رابطه ME: انرژی قابل سوخت‌وساز (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)، GP: حجم گاز تولیدی در ۲۴ ساعت (میلی لیتر) و CP: درصد پروتئین خام می‌باشد. عامل تفکیک (PF[1]) بر اساس رابطه ۴ محاسبه گردید (Blummel و همکاران، ۱۹۹۷):

رابطه ۴:

PF=میلی‌لیتر گاز / میلی‌گرم ماده آلی ناپدیدشده تولیدی در زمان ۲۴ ساعت

تعیین تجزیه‌پذیری به‌روش کیسه‌های نایلونی: به‌منظور تعیین تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی از چهار رأس گوسفند نر بالغ نژاد کرمانی مجهز به فیستولای شکمبه‌ای با میانگین وزن ۱/۵±۵۰ کیلوگرم استفاده شد. برنامه خوراک‌دهی در دو وعده ۸ و ۱۷ با نسبت روزانه ۷۵۰ گرم علوفه (شامل کاه گندم و علوفه یونجه) و ۲۵۰ گرم کنسانتره تنظیم شد. آب به‌طور آزاد در اختیار دام‌ها قرار داشت. با توجه به دستورالعمل تجزیه‌پذیری Orskov و همکاران (۱۹۸۰)، دو گرم نمونه خشک و آسیاب‌شده با غربال ۲ میلی‌متری در داخل کیسه‌هایی از جنس داکرون به ابعاد ۱۳×۵ سانتی‌متر و قطر منافذ ۵۰ میکرون قرار داده شد. در این مطالعه زمان‌های مورداستفاده صفر، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بودند. بلافاصله پس از برداشتن کیسه‌ها از شکمبه، به‌منظور توقف فرآیند تخمیر در آن‌ها، با آب سرد شستشو شدند. سپس کیسه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شد و میزان تجزیه-پذیری اندازه‌گیری گردید. میزان ناپدید شدن ذرات غذایی که بدون عمل تجزیه میکروبی صورت می‌گیرد (بخش سریع تجزیه) با استفاده از کیسه‌های زمان صفر (کیسه‌ها مشابه سایر زمان‌ها آماده می‌شوند ولی در شکمبه قرار داده نمی‌شوند) تصحیح شدند. داده-های تجزیه‌پذیری در برنامه Neway بر اساس رابطه ۵ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت (Orskov و همکاران، ۱۹۸۰).

رابطه ۵: $P = a + b\ (1-e^{-ct})$

در این رابطه P، پتانسیل تجزیه‌پذیری پس از زمان t؛ a، بخش سریع تجزیه؛ b، بخش کند تجزیه؛ e، عدد نپرین؛ c، ثابت نرخ تجزیه و t، مدت زمان انکوباسیون کیسه‌ها در شکمبه است. میزان تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه (ED[2]) بر اساس رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

رابطه ۶: $ED= a + [b\times c/c+k]$

در این رابطه k، میزان نرخ عبور مواد شکمبه‌ای می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری: داده‌ها این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۵) با رویه GLM تجزیه‌وتحلیل شدند. مدل آماری مورداستفاده به‌صورت رابطه ۷ بود:

رابطه ۷: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$

در این مدل Y_{ij}، مقدار هر مشاهده؛ μ، میانگین کل؛ T_i، اثر تیمار و e_{ij}، خطای آزمایش بود. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد استفاده گردید.

1. Partitioning factor

2. Effective degradability

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی: ترکیب شیمیایی تفاله پونه کوهی و سیلاژ تفاله پونه کوهی با سطوح مختلف خرمای ضایعاتی در جدول ۱ ارائه شده‌است. بر اساس این نتایج، با سیلو کردن تفاله پونه کوهی و افزایش سطح خرمای ضایعاتی در سیلاژها، میزان ماده خشک افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۱). طی پژوهشی، Shibak و Yousefollahi (۲۰۱۳) بیان کردند که بالا بودن میزان ماده خشک در خرمای ضایعاتی افزودن آن به سیلاژ سبب بالا رفتن درصد ماده خشک می‌گردد. همچنین گزارش‌شده است که میزان ماده خشک یونجه سیلوشده با افزایش مقدار خرما به مقدار معناداری افزایش یافت (Rajabi و همکاران، ۲۰۱۶). مشابه با نتایج این مطالعه، Naghdi و همکاران (۲۰۲۰) میزان ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی تفاله پونه کوهی را به‌ترتیب برابر با ۲۷/۷۱، ۹۱/۵۰، ۵/۵۰ و ۵۹/۷۳ درصد گزارش کردند.

سیلو کردن تفاله پونه کوهی تأثیری بر درصد خاکستر و ماده آلی آن نداشت، اما افزودن ۱۵ درصد خرمای ضایعاتی به سیلاژ تفاله پونه کوهی، درصد خاکستر را افزایش و درصد ماده آلی را کاهش داد (P<۰/۰۵). این کاهش در درصد ماده آلی می‌تواند به این دلیل باشد که در طول دوره تخمیر سوبسترا تجزیه‌شده و بخش قابل‌توجهی از ماده آلی به دی‌اکسید کربن تجزیه می‌شود (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰). دلیل دیگر احتمالاً بالا بودن خاکستر موجود در هسته خرما می‌باشد. چون خرمای ضایعاتی مورداستفاده در این آزمایش حاوی هسته بوده و با افزودن سطح آن در سیلوها ماده آلی کاهش یافته‌است. همسو با این نتیجه، Ziaei (۲۰۱۰) گزارش کرد میزان خاکستر سیلاژ خارشتر با افزایش سطح خرما (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) افزایش یافت که این افزایش در میزان خاکستر را می‌توان به میزان خاکستر موجود در هستهٔ خرما نسبت داد، زیرا خرمای اضافه شده به خارشتر حاوی هسته بود. محققین دریافتند با افزایش سطح ملاس در سیلاژ مقدار خاکستر افزایش و ماده آلی کاهش یافت، که دلیل بالاتر بودن نسبی میزان خاکستر در سیلاژها با افزودن ملاس را، املاح بالای موجود در ملاس دانستند (Kalvandi و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج به‌دست‌آمده مطابق با یافته‌های سایر محققین بود (Kardan Moghadam و همکاران، ۲۰۱۶؛ Badouei Dalfard و همکاران، ۲۰۱۷؛ Taheri و همکاران، ۲۰۱۷؛ Tuyen و همکاران، ۲۰۱۲). عصاره اتری تفاله پونه کوهی با سیلو کردن کاهش یافت ولی با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلاژ تفاله پونه، درصد عصاره اتری افزایش یافت (P<۰/۰۱). به‌دلیل افزایش عصاره اتری در سیلاژ با ۱۵ درصد خرما می‌تواند به‌دلیل چربی بالا در هسته خرما باشد (Choo، ۱۹۹۱). دلیل دیگر افزایش میزان عصاره اتری سیلاژها می‌تواند کربوهیدرات‌های موجود در خرما باشد زیرا از تجزیه کربوهیدرات‌های محلول، اسیدهای آلی به‌وجود می‌آیند که در زمان اندازه‌گیری چربی در اتر حل‌شده و جز چربی حساب می‌شوند و در نتیجه میزان چربی سیلاژ بیشتر برآورد می‌شود (Kordi و Nasirian، ۲۰۱۲). محققین گزارش کردند افزودن ۱۵ درصد ملاس به سیلاژ آتریپلکس سبب افزایش چربی خام نسبت به تیمار شاهد شد (Neghabi و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین گزارش‌شده است سیلو کردن خارشتر با خرمای ضایعاتی سبب افزایش چربی خام در سیلاژ شد (Karamshahi و همکاران، ۲۰۱۴).

با سیلو کردن تفاله پونه، درصد الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی کاهش یافت (P<۰/۰۱). این می‌تواند به‌دلیل شکستن و مصرف کربوهیدرات‌های ساختمانی توسط میکروارگانیسم‌ها باشد که سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در طی سیلو کردن

می‌شود. طی تحقیق، Karamshahi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند الیاف نامحلول در شوینده خنثی سیلاژ خارشتر با خرمای ضایعاتی به‌طور معنی-داری در مقایسه با خارشتر کمتر بود. آن‌ها بیان کردند احتمالاً هیدرولیز سلولز در فرآیند سیلو کردن سبب کاهش در الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی شده-است. درصد کمتر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در علوفه تازه نسبت به علوفه سیلو شده به‌دلیل تخمیر کربوهیدرات‌های محلول سیلاژ می‌باشد (Henderson، ۱۹۹۳). در تقابل با نتایج آزمایش حاضر، محققین گزارش کردند افزودن خرمای ضایعاتی تا سطح ۲۰ درصد به سیلاژ پسماند موز سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی شد. آن‌ها پائین بودن الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی خرما را دلیل کاهش دانستند (Kardan Moghadam و همکاران، ۲۰۱۶). میزان پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی و کربوهیدرات‌های غیرالیافی تفاله پونه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی (بر اساس ماده خشک)

Table 1- Chemical composition of experimental treatments (DM basis)

ترکیب شیمیایی (درصد) Chemical composition (%)	تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp	سیلاژ تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp silage				اشتباه معیار میانگین SEM	سطح معنی‌داری P-Value
		بدون خرما Without date	با ۵ درصد خرما With 5% date	با ۱۰درصد خرما With 10% date	با ۱۵درصد خرما With 15% date		
ماده خشک Dry matter	25.89^{d}	27.71^{c}	30.81^{b}	32.04^{b}	37.83^{a}	0.427	0.0001
ماده آلی Organic matter	93.53^{a}	91.50^{ab}	91.73^{ab}	92.00^{a}	90.50^{b}	0.548	0.014
پروتئین خام Crude protein	6.17	5.50	5.89	6.56	7.35	0.336	0.067
عصاره اتری Ether extract	8.46^{b}	8.02^{c}	8.35^{bc}	8.62^{b}	9.22^{a}	0.116	0.0006
الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی NDF	63.16^{a}	59.73^{b}	59.90^{b}	59.00^{b}	58.14^{b}	0.664	0.008
الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی ADF	56.18	54.36	53.08	54.99	53.72	0.658	0.112
خاکستر Ash	6.46^{b}	8.50 ^{ab}	8.26^{ab}	8.00^{b}	9.50^{a}	0.548	0.014
کربوهیدرات‌های غیرالیافی NFC	15.76	18.23	18.69	18.32	15.77	0.907	0.126

(خاکستر + الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی + عصاره اتری + پروتئین خام) - ۱۰۰ =کربوهیدرات‌های غیر الیافی

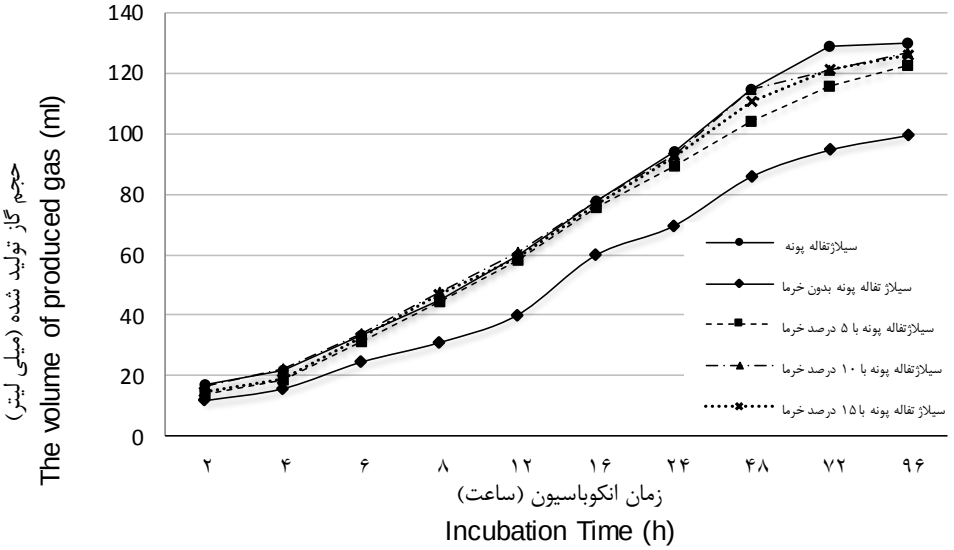
در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت، ازنظر آماری باهم تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

NFC= 100- (CP+EE+NDF+ASH)

In each row data with different superscripts are statistically different (P < 0.05).

تولید گاز و ضرایب: در شکل ۱ حجم گاز تولیدی در طی ۹۶ ساعت انکوباسیون تیمارهای آزمایشی نشان داده‌شده است. همان‌گونه که مشخص است کمترین حجم گاز تولیدی در تمام ساعت‌های انکوباسیون مربوط به سیلاژ تفاله پونه کوهی بدون خرمای ضایعاتی است. تولید گاز به‌روش آزمایشگاهی با میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر همبستگی مثبت و نزدیکی دارد و دلیل آن تأثیر تخمیر بخش

کربوهیدراتی مواد خوراکی می‌باشد (Sallam و همکاران، ۲۰۰۷). با سیلو کردن تفاله پونه کوهی تولید گاز کاهش پیدا کرد. این احتمالاً به‌خاطر کاهش کربوهیدرات محلول در حین سیلو کردن می‌باشد که این نتیجه با گزارش سایر محققین همسو بود (Alipour و Rouzbehan، ۲۰۰۷؛ Ben Salem و همکاران، ۲۰۰۵). آن‌ها گزارش کردند با افزایش دوره سیلوگذاری تولید گاز آزمایشگاهی کاهش می‌یابد.



شکل ۱- حجم گاز تولیدشده در زمان‌های مختلف انکوباسیون (میلی‌لیتر)

Figure 1- The volume of produced gas in different incubation Times (mL)

پتانسیل تولید گاز (b) به‌طور معنی‌داری در تفاله خشک پونه کوهی بیشترین مقدار بود (جدول ۲)، درحالی‌که با سیلو کردن پتانسیل تولید گاز کاهش پیدا کرد. ولی با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها تا سطح ۱۰ درصد افزایش معنی‌دار این مؤلفه در تیمارها مشاهده شد (P<۰/۰۱). در یک مطالعه، افزودن پودر جو به تفاله نعناع منجر به افزایش پتانسیل تولید گاز آزمایشگاهی گردید (Biabani و همکاران، ۲۰۱۹). اما افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها منجر به افزایش نرخ تولید گاز شد به‌طوری‌که سیلاژ تفاله پونه کوهی با ۱۰ درصد خرمای ضایعاتی بالاترین نرخ تولید گاز را در بین تیمارهای آزمایشی داشت (P<۰/۰۱).

برخلاف پتانسیل تولید گاز، عامل تفکیک در تفاله خشک پونه کوهی کمترین مقدار بود و با سیلو کردن افزایش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱). تاکنون داده‌ای در مورد عامل تفکیک برای تفاله خشک و سیلاژ تفاله پونه کوهی گزارش نشده‌است. بخشی از انرژی حاصل از تجزیه سوبسترا علاوه بر تولید اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر صرف سنتز پروتئین میکروبی می‌شود. یک خوراک با عامل تفکیک بالاتر نشان‌دهنده این است که سوبسترای تجزیه‌شده در تولید توده میکروبی شرکت کرده است و بازده سنتز پروتئین میکروبی بیشتری داشته است. عامل تفکیک با سیلو کردن تفاله پونه‌کوهی افزایش پیدا کرد اما با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها، عامل تفکیک کاهش یافت (P<۰/۰۱). بر اساس رابطه ۴، هرچه میزان تولید گاز ۲۴ ساعت افزایش یابد مقدار عامل تفکیک کم می‌شود. بر این اساس افزایش عامل تفکیک در

سیلاژ تفاله پونه بدون افزودنی قابل پیش‌بینی بود. قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده آلی و انرژی قابل سوخت‌وساز نیز در تفاله خشک پونه کوهی بالاترین مقدار بود. ولی با سیلو کردن تفاله پونه کوهی، این دو مؤلفه کاهش پیدا کردند که احتمالاً به دلیل کاهش کربوهیدرات محلول در حین سیلو کردن باشد. با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل سوخت‌وساز افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۱). محققین میزان انرژی قابل سوخت‌وساز تفاله پونه کوهی سیلوشده با سطوح مختلف خرمای ضایعاتی را حدود ۱/۶۴ تا ۱/۷۰ مگاکالری (معادل ۶/۸۶ تا ۷/۱۲ مگاژول) به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک بیان کردند (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰). علت این اختلاف با نتایج آزمایش حاضر می‌تواند مربوط به روش اندازه‌گیری این فراسنجه باشد.

جدول ۲- فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی تیمارهای آزمایشی

Table 2 - Gas production and estimated parameters of experimental treatments

مؤلفه‌های تولید گاز Gas production parameters	تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp	سیلاژ تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp silage				SEM	P-Value
		بدون خرما Without date	با ۵ درصد خرما With 5% date	با ۱۰درصد خرما With 10% date	با ۱۵ درصد خرما With 15% date		
پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر) Gas production potential	128.40^{a}	98.36^{d}	118.89^{c}	124.90^{b}	123.94^{b}	2.016	0.0001
نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت) Gas production rate	0.054^{b}	0.050^{c}	0.056^{ab}	0.057^{a}	0.055^{ab}	0.001	0.0001
عامل تفکیک (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) Partitioning factor	2.11^{b}	2.23^{a}	2.13^{b}	2.11^{b}	2.12^{b}	0.094	0.01
قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده آلی (درصد) IVOMD	99.06^{a}	75.55^{c}	95.32^{b}	98.60^{a}	97.97^{a}	0.2021	0.0001
انرژی قابل سوخت‌وساز (مگاژول در کیلوگرم) ME	3.77^{a}	2.81^{c}	3.51^{b}	3.73^{a}	3.68^{a}	1.1457	0.0001

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت، ازنظر آماری باهم تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

In each row data with different superscripts are statistically different (P<0.05).

محققان بیان کردند همبستگی مثبتی بین تولید گاز و انرژی قابل سوخت‌وساز و همچنین بین تولید گاز و قابلیت هضم ماده آلی وجود دارد (Ahmed و El-waziry، ۲۰۰۷). گزارش‌شده است مخلوط سیلاژ پسماند موز و کاه گندم به همراه ۲۰ درصد خرمای ضایعاتی سبب افزایش در قابلیت هضم ماده آلی شد که دلیل آن را مقدار تولید گاز بیشتر این تیمار نسبت به سایر تیمارها دانستند (Kardan Moghadam و همکاران، ۲۰۱۶). مطابق با نتایج آزمایش حاضر در یک پژوهش استفاده از سطوح مختلف ملاس سبب افزایش قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل سوخت‌وساز در سیلاژ سورگوم شد (Gofoon و Khalifa، ۲۰۰۷). در تحقیق حاضر با توجه به این‌که انتظار می‌رفت خرما سبب افزایش قابلیت هضم ماده آلی در سیلاژ شود ولی نتایج نشان داد که سطح ۱۵ درصد خرما قابلیت هضم ماده آلی کمتری نسبت به سطح ۱۰ درصد خرما داشته، که با نتایج Kalvandi و همکاران (۲۰۱۹) همسو بود.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی‌خنثی: تجزیه‌پذیری بخش سریع تجزیه ماده خشک (a) تفاله پونه کوهی پس از سیلو کردن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). گزارش شده‌است در زمان تقطیر گیاهان دارویی کربوهیدرات‌های محلول موجود در گیاه به‌طور کامل استخراج نمی‌شود و در تفاله گیاه باقی می‌ماند که با توجه به نوع گیاه می‌تواند جمعیت میکروارگانیسم‌های شکمبه را تحت تأثیر قرار دهد (Biabani و همکاران، ۲۰۲۱). با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلاژها تا سطح ۱۰ درصد سبب افزایش تجزیه‌پذیری این بخش شد (P<۰/۰۱). این امر می‌تواند به دلیل تخمیرهای اسیدلاکتیکی مناسب در سیلوهای حاوی ضایعات خرما و تجزیه الیاف و پلی‌ساکاریدها توسط میکروارگانیسم‌ها باشد که سبب افزایش اجزای محلول در آب و محلول در شوینده‌ی خنثی گردیده است (Okano و همکاران، ۲۰۰۵). به‌همین دلیل بخش سریع‌تجزیه پس از افزودن خرمای ضایعاتی به سیلاژها افزایش یافت. در گزارشی، Shabkhan و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند سیلاژ حاوی ملاس بخش سریع تجزیه بالاتری نسبت به سیلاژ حاوی آب‌پنیر داشت، که دلیل آن را شاید بتوان مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب بیان کرد (Hedayati pour و همکاران، ۲۰۱۲). از طرفی بخش کندتجزیه ماده خشک (b) با سیلو کردن تفاله پونه کوهی و افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها افزایش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱). احتمالاً افزودن خرمای ضایعاتی منجر به تکامل بیشتر روند سیلو شده و مواد را برای تجزیه بهتر مهیا کرده است. یافته‌های این تحقیق با نتایج Kardan Moghadam و همکاران (۲۰۱۶) و Ghoorchi و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. محققین گزارش کردند افزودن خرمای ضایعاتی به سیلاژ پسماند موز سبب افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک می‌شود (Kardan Moghadam و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین گزارش‌شده سطح ۱۵ درصد ملاس سبب افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ آتریپلکس شد (Neghabi و همکاران، ۲۰۱۵). ثابت نرخ تجزیه ماده خشک (c)، با سیلو کردن تفاله پونه کاهش پیدا کرد و همچنین افزودن خرمای ضایعاتی به سیلاژ تا سطح ۱۰ درصد سبب کاهش معنی‌دار این مؤلفه گردید (P<۰/۰۱). بالا بودن مقدار بخش کندتجزیه و پائین بودن ثابت نرخ تجزیه موجب تجزیه آهسته و یکنواخت مواد و ایجاد ثبات بیشتر در محیط شکمبه می‌گردد (Rowghani و Zamiri، ۲۰۰۹).

میانگین تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک تفاله پونه با نرخ عبور ۲ درصد در ساعت پس از سیلو کردن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما با افزودن خرمای ضایعاتی تا سطح ۱۰ درصد به سیلاژ تفاله پونه، تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در تمام نرخ‌های عبور به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱).

جدول ۳- ضرایب تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک تیمارهای آزمایشی با روش کیسه‌های نایلونی

Table 3- *In situ* degradability coefficients and effective degradability of dry mater

تجزیه‌پذیری Degradability	تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp	سیلاژ تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp silage				SEM	P-Value
		بدون خرما Without date	با ۵ درصد خرما With 5% date	با ۱۰ درصد خرما With 10% date	با ۱۵ درصد خرما With 15% date		
مؤلفه‌های تجزیه‌پذیری (درصد) Degradability coefficients							
بخش سریع تجزیه (درصد) Fast degrading fraction	23.37[b]	20.62[c]	26.37[a]	28[a]	20[c]	0.980	0.0003

0.0008	2.539	70.49^{a}	71.01^{a}	60.89^{b}	59.12^{b}	55.65^{c}	بخش کندتجزیه (درصد) Slow degrading fraction
0.0001	0.001	0.0168^{b}	0.0124^{e}	0.0142^{d}	0.0152^{c}	0.0214^{a}	ثابت نرخ تجزیه (بر ساعت) Degradation rate
							تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability
0.0009	0.482	51.1^{a}	50.9^{a}	49.5^{b}	47.2^{c}	49.6^{b}	K=0.02
0.0001	0.115	37.7^{b}	38.6^{a}	38.4^{a}	37.0^{b}	37.3^{b}	K=0.05
0.0001	0.279	30.6^{c}	32.8^{a}	32.8^{a}	31.7^{b}	31.5^{b}	K=0.08
0.05	2.271	51.55^{b}	57.25^{a}	55.19^{ab}	47.30^{c}	49.91^{bc}	شاخص ارزش غذایی NVI

$NVI = a + 0.4\ b + 200\ c$

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت، از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

In each row data with different superscripts are statistically different (P<0.05).

تجزیه‌پذیری موثر تابع اندازه ذرات سوبسترا و میزان تجزیه آن در شکمبه است. بالا بودن مقدار این عدد در سیلوهای حاوی خرمای ضایعاتی به‌علت بالا بودن پتانسیل تجزیه‌پذیری آن در شکمبه و همچنین مقدار قابل‌توجه قند محلول آن‌ها و در نتیجه کاهش سریع‌تر اندازه ذرات آن توسط هضم میکروبی است. نرخ عبور مواد خوراکی از شکمبه به روده در سطح نگهداری تحت تأثیر مقدار خوراک مصرفی است. به‌طوری‌که با افزایش سطح مصرف خوراک توسط دام این مقدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین افزایش نرخ عبور سبب می‌شود که مدت‌زمان دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به مواد خوراکی کاهش‌یافته و در نتیجه میزان تجزیه‌پذیری مؤثر در مواد خوراکی کاهش یابد (Orskov و McDonald، ۱۹۷۹). گزارش‌شده است در طول مدت سیلو، موادی که به آسانی حل می‌شوند، در مقادیر زیاد آزاد می‌شوند (Mehrabi و همکاران، ۲۰۱۵). این مواد، به‌ویژه قندها وقتی در سوبسترا تجمع می‌یابند سبب افزایش قابلیت تخمیر علوفه توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه می‌شوند (Zadrazil، ۱۹۹۷). مشابه با نتایج آزمایش حاضر، گزارش‌شده با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلاژ پسماند موز، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر افزایش یافت (Kardan Moghadam و همکاران، ۲۰۱۶). شاخص ارزش غذایی ماده خشک تیمارهای آزمایشی تحت تأثیر سیلوکردن تفاله پونه کوهی قرار نگرفت، ولی با افزودن ضایعات خرما به سیلوها تا سطح ۱۰ درصد، افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۵). عموماً مؤلفه‌های تجزیه‌پذیری (a، b و c) تعیین‌کننده شاخص ارزش غذایی یک ماده خوراکی هستند (Azarzamzam و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۴- ضرایب تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام تیمارهای آزمایشی با روش کیسه‌های نایلونی

Table 4- *In situ* degradability coefficients and effective degradability of crude protein

P-Value	SEM	سیلاژ تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp silage: با ۱۵ درصد خرما With 15% date	با ۱۰ درصد خرما With 10% date	با ۵ درصد خرما With 5% date	بدون خرما Without date	تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp	تجزیه‌پذیری Degradability
		مؤلفه‌های تجزیه‌پذیری (درصد) Degradability coefficients					
0.0001	0.52	16.11^{a}	14.73^{b}	13.76^{bc}	12.71^{c}	13.63^{bc}	بخش سریع‌تجزیه (درصد) Fast degrading fraction
0.0001	2.70	82.27^{a}	81.41^{b}	80.94^{c}	76.33^{d}	80.51^{c}	بخش کندتجزیه (درصد)

0.69	0.01	0.0630	0.0591	0.0585	0.0220	0.0191	Slow degrading fraction ثابت نرخ تجزیه (بر ساعت) Degradation rate
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability							
0.0001	0.78	60.0[a]	54.6[b]	53.0[c]	50.5[d]	54/7[b]	K=0.02
0.008	1.12	44.7[a]	37.4[b]	36.4[b]	33.8[c]	37.9[b]	K=0.05
0.06	2.13	36.4	30.2	27.6	25.9	30.3	K=0.08
0.55	5.48	61.6	59.11	57.83	47.64	52.65	شاخص ارزش غذایی NVI

NVI = a + 0.4 b + 200 c

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت، از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

In each row data with different superscripts are statistically different (P<0.05).

بخش سریع تجزیه پروتئین خام تفاله پونه کوهی (a) تحت تأثیر عملیات سیلو کردن قرار نگرفت (جدول ۴)، اما با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوی تفاله پونه کوهی این بخش به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱). بخش کند تجزیه پروتئین خام تفاله پونه کوهی (b) با سیلو کردن کاهش یافت، اما همچنان افزودن خرمای ضایعاتی به سیلوها منجر به افزایش بخش کندتجزیه شونده در تیمارهای آزمایشی شد (P<۰/۰۱). احتمالاً دلیل آن محلول بودن پروتئین‌های موجود در خرما و همچنین مقدار کمتر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در سیلاژها نسبت به تفاله خشک پونه کوهی می‌باشد. محققین گزارش کردند در نتیجه استفاده از ملاس، تجزیه پروتئین ممکن است افزایش یابد (Guo و همکاران، ۲۰۰۷). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، Ghoorchi و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر افزودنی‌های مختلف را بر ترکیب شیمیایی سیلاژ ذرت بررسی و گزارش کردند مقدار بخش کند تجزیه پروتئین خام در سیلاژ با افزودنی ملاس بیشترین بود.

ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام (c) و همچنین تجزیه‌پذیری مؤثر با سرعت عبور ۸ درصد در ساعت، تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. اما تجزیه‌پذیری مؤثر با نرخ‌های عبور ۲ و ۵ درصد به‌طور معنی‌داری با سیلو کردن تفاله پونه کوهی کاهش یافتند ولی با افزایش سطح خرمای ضایعاتی در سیلاژ، تجزیه‌پذیری مؤثر در این نرخ‌های عبور به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱). درصد تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین، نشان‌دهنده افزایش شدت و وسعت تخمیر شکمبه‌ای آن می‌باشد (Aksu و همکاران، ۲۰۰۴). گزارش شده با افزایش نرخ عبور از ۲ به ۸ درصد در ساعت میزان تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام سیلاژ سورگوم عمل‌آوری‌شده با ملاس بیشتر از سیلاژ سورگوم عمل‌آوری‌شده با آب پنیر و سیلاژ سورگوم بود (Shabkhan و همکاران، ۲۰۱۶). درصد تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین، نشان‌دهنده افزایش شدت و وسعت تخمیر شکمبه‌ای آن می‌باشد (Aksu و همکاران، ۲۰۰۴). زمانی که سرعت عبور مواد از شکمبه افزایش می‌یابد، فرصت کمتری برای تجزیه مواد خوراکی در شکمبه فراهم بوده و در نتیجه میزان تجزیه‌پذیری و مقدار ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام آن ماده خوراکی کاهش می‌یابد (Orskov و McDonald، ۱۹۷۹).

بخش سریع تجزیه (a)، بخش کندتجزیه (b) و همچنین ثابت نرخ تجزیه (c) برای الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۵) به‌طوری‌که با سیلو کردن تفاله پونه این سه مؤلفه کاهش یافتند، اما با افزایش سطح خرمای

ضایعاتی در سیلوها تجزیه‌پذیری بخش سریع تجزیه و بخش کند تجزیه و همچنین ثابت نرخ تجزیه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱).

تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در نرخ‌های عبور ۲ و ۵ درصد، به‌طور معنی‌داری با سیلو کردن تفاله پونه کوهی کاهش یافت. اما افزایش سطح خرمای ضایعاتی در سیلوها منجر به افزایش معنی‌دار تجزیه‌پذیری مؤثر در تمام نرخ‌های عبور شد (P<۰/۰۱). همان‌گونه که در بالا گفته شد، تجزیه‌پذیری مؤثر تابع اندازه ذرات سوبسترا و میزان تجزیه آن در شکمبه است. ازآنجاکه با افزودن سطح خرمای ضایعاتی به سیلوها تجزیه‌پذیری بخش سریع‌تجزیه و بخش دارای پتانسیل تجزیه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی افزایش یافت، پس افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر آن منطقی به‌نظر می‌رسد. شاخص ارزش غذایی الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و با سیلو کردن تفاله پونه کاهش یافت. اما افزایش سطح خرمای ضایعاتی در سیلوها منجر به افزایش شاخص ارزش غذایی سیلوها شد (P<۰/۰۱). با توجه به افزایش تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژهای حاوی سطوح مختلف خرمای ضایعاتی، افزایش در شاخص ارزش غذایی دور از انتظار نبود.

جدول ۵- ضرایب تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده‌ی‌خنثی تیمارهای آزمایشی با روش کیسه‌های نایلونی

Table 5- *In situ* degradability coefficients and effective degradability of NDF

تجزیه‌پذیری Degradability	تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp	سیلاژ تفاله پونه *Mentha pulegium* pulp silage				SEM	P-Value
		بدون خرما Without date	با ۵ درصد خرما With 5% date	با ۱۰ درصد خرما With 10% date	با ۱۵ درصد خرما With 15% date		
مؤلفه‌های تجزیه‌پذیری (درصد)(%) Degradability coefficients							
بخش سریع‌تجزیه (درصد) Fast degrading fraction	1.65^{b}	0.6^{c}	1.73^{b}	1.8^{b}	2.13^{a}	0.19	0.0001
بخش کندتجزیه (درصد) Slow degrading fraction	52.90^{c}	51.61^{d}	59.09^{b}	59.15^{b}	61.79^{a}	1.32	0.0001
ثابت نرخ تجزیه (بر ساعت) Degradation rate	0.0204^{a}	0.0147^{d}	0.0151^{c}	0.0155^{c}	0.0186^{b}	0.0007	0.0001
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability							
K=0.02	33.6^{c}	30.8^{d}	34.3^{b}	34.3^{b}	36.2^{a}	0.68	0.0001
K=0.05	26.0^{d}	24.8^{e}	27.9^{c}	29.5^{b}	31.0^{a}	0.03	0.0001
K=0.08	23.7^{d}	23.5^{d}	26.6^{c}	28.2^{b}	29.8^{a}	0.96	0.0001
شاخص ارزش غذایی NVI	26.89^{d}	27.72^{c}	28.38^{b}	28.56^{b}	29.56^{a}	0.45	0.0001

NVI = a + 0.4 b + 200 c

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت، از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

In each row data with different superscripts are statistically different (P<0.05).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، افزودن خرمای ضایعاتی تا سطح ۱۵ درصد به سیلوی تفاله پونه کوهی منجر به افزایش ماده خشک و پروتئین خام در سیلاژها گردید و قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده آلی و همچنین انرژی قابل سوخت‌وساز سیلاژها را افزایش داد. از طرفی با افزودن خرمای ضایعاتی به سیلاژ تفاله پونه کوهی سبب افزایش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی گردید. پیشنهاد می‌شود قابلیت هضم درون‌تنی و وضعیت خوش‌خوراکی این محصول برای پژوهش-های بعدی مورد ارزیابی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از همکاران محترم دانشگاه شهید باهنر کرمان و آزمایشگاه تغذیه دام گروه مهندسی علوم دامی، به‌جهت حمایت‌های ارزنده ایشان در اجرای این پروژه و جمع‌آوری داده‌های مربوطه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Ahmed, M. and El-waziry, A.M. 2007. Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using *in vitro* gas production technique. Journal of Agricultural and Biological Sciences. 3(6):605-614.

Aksu, T., Baytok, E. and Bolat, D. 2004. Effect of bacterial silage inoculant on corn silage fermentation and nutrient digestibility. Small Ruminant Research, 55:249-252.

Aksu, T., Baytok, E., Karsli, M.A. and Muruz, H. 2006. Effects of formic acid, molasses and inoculants additives on corn silage composition, organic matter digestibility and microbial protein synthesis in Sheep. Small Ruminant Research, 61:29-33.

Alipour, D. and Rouzbehan, Y. 2007. Effects of ensiling grape pomace and addition of polyethyleneglycol on *in vitro* gas production and microbial biomass yield. Animal Feed Science and Technologies, 137:138-149.

AOAC. 2005. Association of official analytical chemists, 1990. Official methods of analysis, Fourteen Edition. AOAC, Washington, DC.

Azarzamzam, M.R., Dayani, O., Tahmasbi, R. and Khezri, A. 2014. Evaluating of chemical composition and nutritive value of rose branches and alfalfa hay by *in situ* and *in vitro* methods. Journal of Livestock Research, 2(4):1-10. (In Persian).

Badouei Dalfard, F., Tahmasbi, R., Dayani, O., Khezri, A. and Sharifi Hosseini, M.M. 2017. The effect of waste date supplementation and ensiling period on chemical composition of ensiled sour lemon. Journal of Animal Production, 19(4):777-787. (In Persian).

Ben Salem, H., Saghrouni, L. and Nafzaoui, A. 2005. Attempts to deactivate tannins in fodder shrubs with physical and chemical treatments. Animal Feed Science and Technologies, 122:109-121.

Biabani, N., Fatahnia, F., Taasoli, G., Bahrami yekdangi, M. and Mirzaie alamouti, H.R. 2021. *In vitro* fermentation parameters of diets containing different levels of mint pulp and chicory pulp. Iranian Journal of Animal Science Research, 12(4):437-448. (In Persian).

Biabani, N., Fatahnia, F., Taasoli, G., Bahrami yekdangi, M. and Mirzaie alamouti, H.R. 2019. Effect of adding different levels of barley on gas production parameters, protozoa population, and silage quality of mint pulp silage and chicory pulp silage. Journal of Animal Science Research, 29(2):31-42. (In Persian).

Blummel, M., Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1997. *In vitro* gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77:24-34.

Chalchat, J.C., Gorunovic, M.S., Maksimovic, Z.A. and Petrovic, S.D. 2000. Essential oil of wild growing *Mentha pulegium L*. from Yugoslavia. Journal of Essential Oil Research, 12:598-600.

Choo, Y.M. 1991. Conversion of crude palm kernel oil into its methyl esters on pilot palm scale. American oil Chemist's Society, 292-295.

Ghalamkari, G., Toghyani, M., Landy, N. and Tavalaeian, E. 2012. Investigation the effects using different levels of *Mentha pulegium L*. (pennyroyal) in comparison with an antibiotic growth promoter on performance, carcass traits and immune responses in broiler chickens. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2:1396-1399.

Ghoorchi, T., Ghanbari, F. and Ebrahimi, T. 2013. An investigation on the effects of different additives on aerobic stability, chemical composition and corn silage microbes. Iranian Journal Animal Science Research, 4(4):335-344. (In Persian).

Ghoorchi, T., Ghorbani, B., Hasani, S. and Hoseindoost, A.R. 2009. The effect of different additives on the quality of barley forage silage. Electronic Journal of Agriculture and Natural resources of Golestan. 2(2):81-95, (In Persian).

Gofoon, A. and Khalifa. I.M. 2007. The effects of molasses levels on quality of sorghum (Sorghum bicolor) silage. Research Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2:43-46.

Goodarzi, M. and Nanekarani, S. 2014. Effects of feeding *Mentha pulegium L*. as an alternative to antibiotics on performance of broilers. APCBEE Procedia, 8:53-58.

Guo, X.S., Ding, W.R., Han, J.G. and Zhou, H. 2007. Characterization of protein fraction and amino acids in ensiled alfalfa treaded with different chemical additive. Animal Feed Science and Technology. 142:82-98.

Hedayati pour, A., Khorvash, M., Ghorbani, G.H., Almodares, A. and Ebadi, M.R. 2012. The chemical composition and digestibility of forage specificities sorghum and corn silage by use of nylon bag. Iranian Journal of Animal Science Research, 4:224-232. (In Persian).

Henderson, N. 1993. Silage additives. Animal Feed Science and Technology, 45:35-56.

Kalvandi, S., Malecky, M. and zaboli, Kh. 2019. Determining the nutritional value of the spent mushroom compost after soil removal ensiled with molasses. Animal Science Journal, 31(121):15-26. (In Persian)

Karamshahi, K., Dayani, O., Tahmasbi, R. and Khezri, A. 2014. Effect of feeding Alhagi with waste date palm silage on rumen parameters and microbial protein synthesis in sheep. Iranian Journal of Animal Science, 45(3):257-271. (In Persian).

Kardan Moghadam, V., Yousefelahi, M., Salem, A., Jalilvand, G., Sheybanifar, A. and Raei, Kh. 2016. The effect of ensiling leaf and stem of banana tree on chemical composition and gas production parameters. 7th Congress on Animal Science. Karaj, Iran. (In Persian).

Khezri, A., Dayani, O. and Tahmasbi, R. 2016. Effect of increasing levels of wasted date palm on digestion, rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 101(1):53-60.

Kordi, M. and Nasirian, A.A. 2012. Influence of wheat bran as a silage additive on chemical composition, *in situ* degradability and *in vitro* gas production of citrus pulp silage. African Journal of Biotechnology, 11(63):12669-12674.

Mehrabi, A., Ghorchi, T. and Raza, S.A. 2015. Comparison of chemical composition and rumen degradability among four types of straws treated by Trametes versicolor fungus. Animal Science Journal, 28(107):49-60. (In Persian)

Menke, K.H. and Steingass, H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research Development Journal, 28:7-55.

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

Naghdi, Z., Dayani, O., Tahmasbi, R., Khezri, A., Sharifi Hoseini, M.M. and Hajalizadeh, Z. 2020. The effect of feeding of *Mentha pulegium* pulp silage with wasted date on dry matter intake, digestibility and ruminal and blood parameters of Kermani mature rams. Journal of Ruminant Research, 8(3):29-44.

Neghabi, N., Jalilvand, G., Yousef Elahi, M. and Shojaeian, K. 2015. Effect of yeast (*Saccaromyses cerveasia*) and molasses on the digestibility of *Atriplex lentiformis* with method *in Situ*. Research on Animal Production, 6(12):123-130. (In Persian).

Okano, K., Kitagawa, M., Sasaki, Y. and Watanabe, T. 2005. Conversion of Japanese red cedar (*Cryptomeria japonica*) into a feed for ruminants by white-rot Basidiomycetes. Animal Feed Science and Technology, 120:235-243.

Orskov, E.R and McDonald, P. 1979. The estimation of protein digestibility in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 92:499-503.

Orskov, E.R., Hovell, D. and Mould, F.L. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Tropical Animal Production, 5:195-213.

Pirmohamammadi, A., Daneshyar, M., Farhoomand, P., Aliakbarlu, J. and Hamian, H. 2016. Effects of thymus vulgaris and mentha pulegium on colour, nutrients and peroxidation of meat in heat stressed broilers. South African Journal of Animal Science, 46:278-284.

Rajabi, R., Tahmasbi, R., Dayani, O. and Khezri, A. 2016. Chemical composition of alfalfa silage with waste date and its feeding effect on ruminal fermentation characteristics and microbial protein synthesis in sheep. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 101(3):466-474.

Rowghani, E. and Zamiri, M.J. 2009. The effects of a microbial inoculant and formic acid as silage additives on chemical composition, ruminal degradability and nutrient digestibility of corn silage in sheep. Iranian Journal of Veterinary Research, 10(2):110-118.

Sallam, S.M.A., Nasser, M.E.A., El-Waziry, A.M., Bueno, I.C.S. and Abdalla, A.L. 2007. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate some ruminant feedstuffs. Journal of Applied Sciences Research, 3(1):34-41.

SAS. 2005. SAS Users Guide. SAS Institute Inc. Version 9. 1. Cary, NC, USA.

Shabkhan, S., Bashtani, M. and Naemipour, H. 2016. Effect of using molasses and whey on nutritional value and some qualitative characteristics of forage sorghum silage. Journal of Animal Science Research, 26(1):27-41. (In Persian).

Shibak, A. and Yousefollahi, M. 2013. A study of nutritive value of banana tree by-product's silage, using *in vitro* and *in situ* methods. Iranian Journal of Animal Science, 43(3):317-325. (In Persian).

Taheri, M., Tahmasbi, R., Sharifi Hosseini, M. and Dayani, O. 2017. Chemical composition of ensiled licorice with different levels of wasted date and its feeding effect on digestibility and nitrogen balance in Rayeni goat. Animal Production, 20(1):15-27. (In Persian).

Tahmasbi, R., Ebrahimi, S., Dayani, O., Sharifi Hosseini, M.M., Khezri, A. and Dadvar, P. 2019. The effects of feeding alfalfa pulp ensiled with wasted date (*Phoenix dactylifera L.*) on digestibility, microbial protein synthesis and ruminal fermentation characteristics in sheep. Journal of Livestock Science and Technologies, 7(2):17-27.

Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 74:3583-3597.

Tuyen, V.D., Cone, J.W., Baars, J.J.P., Sonnenberg, A.S.M. and Hendriks, W.H. 2012. Fungal strain and incubation period affect chemical composition and nutrient availability of wheat straw for rumen fermentation. Bioresource Technology, 111:336-342.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74:3583-3597.

Zadrazil, F. 1997. Changes in *in vitro* digestibility of wheat straw during fungal growth and after harvest of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on laboratory and industrial scale. Journal of Applied Animal Research, 11:37-48.

Ziaei, N. 2010. The effect of dietary Alhagi (camel grass) ensiled with different levels of low quality date palm on apparent nutrient digestion coefficients in Kermani sheep. Research Journal of Biological Sciences, 5(4):314-317.