

The effect of different additives (nutrients, moisture absorption) on chemical composition, gas production and digestibility of pea pod silage

A., Ramzani¹, J. Bayat kousar^{*2}, F. Ghanbari², A. M. Gharehbash³

¹Graduated M.Sc. Student, ²Associate Prof., & ³Assistant Prof., Dept. of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavous.

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received:

Revised:

Accepted:

Keywords:

Agricultural waste
Chemical composition
Digestibility
Gas production
Green Pea silage

ABSTRACT

Background and Objectives: Nowadays, agricultural wastes that have high value and are also available are used by livestock farmers who are aware of their nutritional value. These wastes are sometimes used as the main part of animal feed without any changes and sometimes in a processed form. In the production and processing of livestock and agricultural products, there are a large amount of plant residues, crop residues and by-products with acceptable nutritional value for animal feed, which is mostly due to the lack of a proper structure and insufficient information from the farmers. These wastes are traditionally used by livestock farmers without changing the method, which is needed according to the conditions, new ideas for using agricultural wastes in preparing a nutritional program. Pea plant is cultivated in Golestan province to produce green seeds for human nutrition and for canning and fresh consumption. Post-harvest by-products include the green seedless stalk, leaves, and pods. Harvesting is usually done 5-7 days after flowering, and since pod development is rapid, the operation can be done every day (Richard Ebesu, 2004). Seif Duati et al (2017) reported the chemical composition of green pea pods as 10.03% for raw cultivation, 40.31% for neutral detergent insoluble fiber, and 8.05% for ash. This study aimed to investigate the effect of using different nutrients on the chemical composition, fermentation properties, gas production parameters and *in vitro* digestibility of pea pod silage.

Materials and Methods: Pea pods were prepared after deseeding and chopped into pieces of about 3-4 cm by a chopper and manually compressed and ensiled in plastic bags in a completely randomized design (four treatments and three replications). Representative of pea pods sample was packed manually, in triplicate into plastic bags. The filled silos were stored at ambient temperature and allowed to ensile for 45 days. The experimental treatments included: 1) pea pod silage + wheat straw, 2) pea pod silage + wheat straw + molasses, 3) pea pod silage + barley flour, 4) pea pod silage + Dried Citrus Pulp. After the specified ensiling time, the silos were opened and the samples were mixed and dried in an oven at 60 °C for 48 hours. After designated ensiling times, silos were opened and the ensiled forage was mixed thoroughly and then were dried at a 60°C in an oven for 48 h and then ground to pass through a 2 mm screen for later analysis. The chemical composition of the samples was determined using standard methods. To estimate the gas production parameters, the gas production test and *in vitro* digestibility were used using the batch culture method.

Results: Results showed that there were significant differences among

treatments on NDF, CP and pH ($P>0.05$). Enzyme-treated silages had lowest NDF content (46.50%) compared with other treatments ($P<0.05$). The lowest pH was related to treatment containing molasses. Silage treated with organic acid improved aerobic stability, significantly. There were significant differences among treatments on gas production parameters ($P<0.05$) and molasses and enzyme treated pea silage had highest and lowest gas production potential than others (199.1 and 183.3 ml/g DM, respectively). Results showed that there were no significant differences among treatments on DMD and partitioning factor ($P>0.05$). Organic acid-treated silages had lowest effect on DMD and OMD compared with other treatments ($P<0.05$). Silage treated with barley flour had the highest amount of microbial protein produced (188.86 mg) and microbial protein synthesis efficiency (0.551).

Conclusion: Agricultural waste, particularly pea pods abundantly found in Golestan province, holds significant potential for use as animal feed. This study demonstrated that by incorporating nutritional supplements such as barley flour and citrus pulp into pea pod silage, its nutritional value can be significantly enhanced.

Cite this article: ----- (2026). The effect of different additives (nutrients, moisture absorption) on chemical composition, gas production and digestibility of pea pod silage. *Journal of Ruminant Research*, 13(4),



© The Author(s)



Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر افزودنی‌های مختلف (مواد مغذی و جاذبه الرطوبه) بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم سیلاژ غلاف نخودفرنگی

علی رضانی^۱، جواد بیات کوهسار^{۲*}، فرزاد قنبری^۲، آشورمحمد قره‌باش^۳

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، ^۲دانشیار و ^۳استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس.

نویسنده مسئول: Javad_bayat@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱۴	سابقه و هدف: امروزه بعضی از ضایعات کشاورزی که دارای ارزش غذایی بالایی هستند و همچنین در دسترس می‌باشند توسط دامدارانی که از ارزش غذایی آن‌ها اطلاع دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ضایعات برخی اوقات بدون تغییر و برخی اوقات به‌صورت فرآوری شده به‌عنوان بخش اصلی خوراک دام استفاده می‌شوند. در فرآیند تولید و فرآوری محصولات دامی و کشاورزی، مقدار زیادی از بقایای گیاهی، پسماندهای محصول و فرآورده‌های جانبی با ارزش غذایی قابل قبول برای خوراک دام وجود دارد که بیشتر به دلیل عدم وجود ساختار مناسب و کافی نبودن اطلاعات بهره‌برداران از آن مورد توجه قرار نگرفته‌اند. برخی از این ضایعات به‌صورت سستی توسط دام‌پروران بدون هیچ‌گونه تغییری مورد استفاده قرار می‌گیرند که با توجه به شرایط، ایده‌های جدید جهت استفاده کردن از ضایعات کشاورزی در تهیه برنامه تغذیه‌ای نیاز می‌باشد. نخودفرنگی گیاهی است در استان گلستان برای تولید دانه سبز برای اهداف تغذیه انسانی و تهیه کنسرو و مصرف تازه کشت می‌شود. فرآورده‌های فرعی بعد از برداشت شامل ساقه، برگ‌ها و غلاف عاری از دانه سبز می‌باشد. برداشت آن معمولاً ۵-۷ روز بعد از گلدهی صورت گرفته و با توجه به اینکه توسعه غلاف‌های آن سریع می‌باشد، هر روز می‌توان عمل برداشت را انجام داد. در مطالعه‌ای ترکیب شیمیایی غلاف نخود سبز را به ترتیب برای پروتئین خام، ۱۰/۰۳ درصد، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ۴۰/۳۱ درصد و خاکستر آن را ۸/۰۵ درصد گزارش کردند. هدف از انجام این مطالعه، بررسی تأثیر استفاده از افزودنی‌های مواد مغذی مختلف بر ترکیب شیمیایی، خصوصیات تخمیری، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی سیلاژ غلاف نخودفرنگی بود.
واژه‌های کلیدی: ترکیب شیمیایی سیلاژ غلاف نخود فرنگی ضایعات کشاورزی فراسنجه‌های تولید گاز قابلیت هضم برون‌تنی	مواد و روش‌ها: غلاف نخودفرنگی بعد از دانه‌گیری تهیه و توسط چابر به قطعات حدود ۴-۳ سانتی‌متری خرد و در قالب طرح کاملاً تصادفی (چهار تیمار و سه تکرار) در کیسه‌های پلاستیکی به‌صورت دستی فشرده و سیلو شدند. سیلوهای پر شده در دمای اتاق نگهداری و برای مدت ۴۵ روز سیلو شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + کاه، (۲) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + کاه + ملاس، (۳) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + آرد جو، (۴) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + تفاله مرکبات بودند. بعد از سپری شدن زمان معین سیلو کردن، سیلوها باز

و نمونه‌ها با هم مخلوط و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. ترکیب شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین شد. به منظور برآورد فراسنجه‌های تولید گاز از آزمون تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی از روش کشت بسته استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزودنی‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر ترکیب شیمیایی سیلاژ غلاف نخودفرنگی داشتند ($P < 0/05$). استفاده از افزودنی آرد جو و تفاله مرکبات باعث افزایش مقدار پروتئین خام و کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی، کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص شیردهی و انرژی خالص رشد شدند. پایین‌ترین مقدار pH در تیمار دارای آرد جو مشاهده شد ($P < 0/05$). در بین تیمارها از نظر پارامترهای تولید گاز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$) و تیمار دارای افزودنی تفاله مرکبات بالاترین مقدار پتانسیل تولید گاز ($438/1$ میلی‌لیتر) را داشت. بالاترین درصد قابلیت هضم ماده آلی، مقدار انرژی قابل متابولیسم و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر مربوط به تیمار دارای افزودنی آرد جو بود. بالاترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی مربوط به تیمارهای دارای آرد جو و تفاله مرکبات بود ($P < 0/05$). تیمار دارای آرد جو بالاترین مقدار پروتئین میکروبی تولیدشده ($188/86$ میلی‌گرم) و بازدهی سنتز پروتئین میکروبی ($0/551$) را داشت.

نتیجه‌گیری: ضایعات کشاورزی، به ویژه غلاف نخودفرنگی که در استان گلستان به وفور یافت می‌شود، پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان خوراک دام دارند. این مطالعه نشان داد که با افزودن مکمل‌های مغذی مانند آرد جو و تفاله مرکبات به سیلاژ غلاف نخودفرنگی، می‌توان ارزش غذایی آن را به طور معنی‌داری بهبود بخشید. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که استفاده از این مکمل‌ها می‌تواند به طور مؤثری بهره‌وری خوراک دام را افزایش دهد و گامی مهم در جهت استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی و کاهش هزینه‌های تغذیه دام باشد.

استناد: ----- (۱۴۰۴). تأثیر افزودنی‌های مختلف (مواد مغذی و جاذبه الرطوبه) بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم سیلاژ غلاف نخودفرنگی. پژوهش در تشخیص‌ارکنندگان، ۱۳(۴)،



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



مقدمه

در حال حاضر، میزان خوراک تولیدی در داخل کشور حدود ۳۳/۵ میلیون تن تخمین زده شده و با این وجود، سالانه حدود ۶/۵ میلیون تن خوراک دام باید از خارج وارد شود. بنابراین استفاده بهینه از منابع خوراکی در دسترس، خوراک‌های نامتعارف و فرآورده‌های جانبی کشاورزی (کنجاله‌های دانه‌های روغنی، پالپ میوه، تفاله میوه و غیره) اهمیتی دوچندان یافته است (Rezvani Moghaddam و Koochehi, ۲۰۰۴؛ Maldar و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طور کلی، پسماندهای کشاورزی و منابع طبیعی شامل موادی هستند که پس از برداشت محصول اصلی در باغداری، زراعت و صنایع تبدیلی گیاهی و دامی باقی می‌مانند. این منابع می‌توانند ضمن تأمین بخشی از نیازهای تغذیه‌ای دام، موجب کاهش مخاطرات زیست‌محیطی نیز شوند (Sandoval Castro و همکاران، ۲۰۰۰؛ NRC، ۲۰۰۱) و در راستای تحقق توسعه پایدار و کاهش وابستگی به واردات خوراک دام نقش مؤثری ایفا کنند. با این حال، بسیاری از خوراک‌های جانبی برای دامداران ناشناخته‌اند و دستیابی به اطلاعات دقیق از ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای آن‌ها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (Orskov و مکدونالد، ۱۹۷۹).

نخودفرنگی (*Pisum sativum*) از جمله گیاهان خانواده لگوئینه است که یک‌ساله، علفی و دارای ساقه رونده می‌باشد. این گیاه در هوای خنک رشد مطلوبی دارد و در مناطق با بارندگی متوسط (حدود ۳۰۰ میلی‌متر) به‌صورت دیم کشت می‌شود و برای تناوب زراعی با غلات، به‌ویژه در استان گلستان، گزینه‌ای مناسب محسوب می‌گردد (Summerfield و همکاران، ۱۹۷۹؛ Hosseini و همکاران، ۲۰۲۰). سطح زیر کشت نخودفرنگی در گلستان حدود ۱۲۰۰ هکتار با عملکرد متوسط ۶/۷ تن در هکتار است (Mokhtarpour و همکاران، ۲۰۰۴) و

به‌دلیل توانایی تثبیت زیستی نیتروژن، در بهبود حاصلخیزی خاک نقش دارد (Fallah و همکاران، ۲۰۱۴). پس از برداشت نخود سبز، مقدار زیادی غلاف، برگ و ساقه باقی می‌ماند که حاوی مقادیر قابل توجهی پروتئین و فیبر خام هستند. بر اساس گزارش‌ها، غلاف نخودفرنگی حدود ۵۵-۵۰ درصد وزن کل گیاه را تشکیل داده و دارای ۱۵-۱۲ درصد ماده خشک، ۲۰-۱۸/۵ درصد پروتئین خام، ۵۷-۴۸ درصد، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ۵۲-۴۳ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، ۲۶-۲۴ درصد سلولز و ۴-۳/۹ درصد لیگنین است (Bakshi و همکاران، ۲۰۱۶). Seifdavati و همکاران (۲۰۱۷) نیز پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و خاکستر غلاف را به ترتیب ۱۰/۰۳، ۴۰/۳۱ و ۸/۰۵ درصد گزارش کردند. پروتئین دانه رسیده و سبز نخود به ترتیب ۱۸/۸ و ۲۱ درصد بوده و قابلیت هضم آن به ترتیب ۵۸/۵ و ۶۶/۸ درصد است (Duhan، ۲۰۰۰). گیاه کامل نخودفرنگی دارای ۳۲/۲ درصد ماده خشک، ۱۵/۶ درصد پروتئین خام، ۳۴ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، ۰/۲۶ درصد فسفر و ۱/۲۴ درصد کلسیم است.

از مهم‌ترین روش‌های نگهداری این‌گونه پسماندهای فسادپذیر، سیلو کردن است که وابستگی کمتری به شرایط جوی، مرحله برداشت و بلوغ گیاه دارد (Valizadeh و همکاران، ۲۰۰۳). افزودنی‌هایی مانند کاه، ملاس، تفاله مرکبات و آرد جو برای بهبود کیفیت تخمیر، کاهش پس‌آب سیلو و افزایش ماندگاری استفاده می‌شوند. این مواد در چهار گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: افزودنی‌های تغذیه‌ای، تحریک‌کننده‌های تخمیر، جاذب‌های رطوبت و ممانعت‌کننده‌های تخمیر (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). از جاذب‌هایی مانند کاه یا تفاله‌ها می‌تواند با کاهش رطوبت، از تولید پس‌آب سیلو جلوگیری کند،

اگرچه استفاده از کاه ممکن است موجب افت ارزش تغذیه‌ای گردد. با توجه به هدف برداشت محصول نخودفرنگی، عمدتاً برای برداشت غلاف و با توجه حجم زیاد آن و عدم امکان مصرف روزانه و از طرفی خطر فسادپذیری سریع آن و با در نظر گرفتن شرایط جوی استان گلستان در زمان برداشت (بارندگی، ابری بودن و غیره)، به نظر می‌رسد بهترین شیوه نگهداری سیلو کردن آن می‌باشد. از طرفی به دلیل بالا بودن پروتئین خام آن ایجاد شرایط مطلوب برای دستیابی به سیلاژی با خصوصیات تخمیری مناسب با مشکل همراه خواهد بود. لذا؛ هدف انجام این تحقیق، بررسی اثر استفاده از مواد افزودنی قابل دسترس در شرایط مزرعه مانند کاه، ملاس، تفاله مرکبات و آرد جو بر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم سیلاژ و فراسنجه‌های تولید گاز علوفه نخودفرنگی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه و سیلاژ‌سازی

تهیه نمونه و سیلاژ‌سازی: این پژوهش در آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. ضایعات نخودفرنگی از مزارع اطراف شهرستان گنبدکاووس خریداری و توسط چاپر به قطعات حدود ۲-۳ سانتی‌متر خرد شد. علوفه برداشت‌شده در سه تکرار در کیسه‌های پلاستیکی به‌صورت دستی فشرده و سیلو شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + کاه (۵۰:۵۰)، ۲) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + کاه + افزودنی ملاس (۵ درصد ماده خشک)، ۳) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + آرد جو (۱ درصد ماده خشک)، ۴) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + تفاله مرکبات، بودند. سیلوهای پر شده با درب پلاستیکی کاملاً بسته و در دمای اتاق و در مدت ۴۵ روز نگهداری شدند بعد از سپری شدن زمان تعیین‌شده برای سیلو، درب سیلوها باز و نمونه‌ها با

هم مخلوط شدند. سپس از سطوح بالایی، میانی و پایینی هر ماده سیلوشده نمونه‌برداری شد.

تعیین pH و ترکیب شیمیایی: برای تعیین pH، ۵۰ گرم از نمونه سیلاژ را در دستگاه مخلوط‌کن ریخته و ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. وقتی که کاملاً به هم زده شد بلافاصله آن را با صافی پارچه‌ای صاف کرده و عصاره یکنواخت حاصل می‌شود. pH محلول با دستگاه pH متر (Metrohm, Model 691) اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش فنل - هیپوکلریت (Broderik و Kung, ۱۹۸۰) و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Biochrom Libera- S22) با طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. نمونه‌های سیلاژ با توری ۱ میلی‌متری آسیاب شدند و ترکیبات شیمیایی آن‌ها شامل ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر به روش AOAC (۲۰۰۵) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شدند. مقادیر کل مواد مغذی قابل هضم (TDN)، انرژی خالص شیردهی (NE_l) و انرژی خالص رشد (NE_g) با استفاده از معادلات پیشنهادی محاسبه شد (NRC, ۲۰۰۱). مقادیر فنل کل بر اساس روش Mallick و Singh (۱۹۸۰)، فلاوونوئید بر اساس روش Chang و همکاران (۲۰۰۲) و آنتی‌اکسیدان بر اساس روش Burits و Bucar (۲۰۰۰) محاسبه گردید.

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی: برای آزمون تولید گاز طبق پیشنهاد Menke و همکاران (۱۹۷۹)، مایع شکمبه از سه رأس گوسفند نر فیستول‌دار نژاد دالاق (۲±۴۴/۵ کیلوگرم) از بخش‌های مختلف شکمبه و قبل از وعده تغذیه صبحگاهی جمع‌آوری شد. ذرات درشت مایع شکمبه با عبور دادن از چهار لایه پارچه متقال جدا شده و در یک بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. حیوانات در

$$+0/0574CP+0/00029CF$$

$$ME= 2/0+20/136GP$$

$$SCFA= 0/0222 GP+0/00425$$

GP: حجم گاز تولیدی تصحیح شده برای ۲۴ ساعت (میلی لیتر بر ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک)، OMD: قابلیت هضم ماده آلی (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، Ash: خاکستر خام (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، CP: پروتئین خام (درصد)، ME: انرژی قابل متابولیسم (مگا ژول بر کیلوگرم ماده خشک)، SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می باشد.

اندازه گیری قابلیت هضم در شرایط برون تنی:
اندازه گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف بر اساس روش کشت بسته انجام گردید (Theodorou et al., ۱۹۹۴). روش تهیه بزاق مصنوعی و جمع آوری مایع شکمبه مطابق آنچه در آزمون تست گاز شرح داده شد، انجام شد. با این تفاوت که در آزمایش تعیین قابلیت هضم، داخل هر یک از ویال های شیشه ای ۵۰۰ میلی گرم از هر نمونه ریخته و ۵۰ میلی لیتر از مخلوط بزاق مصنوعی و مایع شکمبه به نسبت ۲ به ۱ (۲ حجم بزاق مصنوعی و ۱ حجم مایع شکمبه) به داخل هر ویال اضافه گردید. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، تمامی ویال ها از حمام آب گرم خارج شده و برای غیرفعال شدن فعالیت میکروبی، به ظرف حاوی یخ منتقل گردید. نمونه های موجود در هر ویال، با استفاده از پارچه مخصوص صاف شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شدند. پس از آن pH فاز مایع نمونه ها اندازه گیری شد. محتویات هضم نشده هر ویال جمع آوری شده و درون کروزه های از قبل توزین شده انتقال یافت. کروزه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. سپس قابلیت هضم ظاهری محاسبه گردید. سپس کروزه های حاوی محتویات هضم نشده به مدت ۶ ساعت در کوره با

سطح نگهداری با جیره حاوی ۷۰ درصد علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت به نسبت مساوی) و ۳۰ درصد کنساتره (جو، کنجاله تخم پنبه، سبوس و مکمل) تغذیه شدند. همچنین به آب آزادانه دسترسی داشتند. مقدار ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک از نمونه ها با ۳۰ میلی لیتر مخلوط بافر و مایع شکمبه (نسبت ۲ به ۱) در بطری های شیشه ای ریخته شده و درب آن ها با استفاده از درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی کاملاً بسته و در دمای ۳۸ درجه سلسیوس به مدت ۹۶ ساعت انکوباسیون شدند. به منظور تصحیح گاز تولید شده با منشأ مایع شکمبه، ۳ ویال شیشه ای بدون نمونه خوراکی و دارای ۳۰ میلی لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی، به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای ایجاد شرایط بی هوازی گاز دی اکسید کربن به داخل ویال ها تزریق شد و بعد از درپوش گذاری، در حمام آب گرم با دمای ۳۸ درجه سلسیوس قرار داده شدند. حجم گاز تولید شده در فواصل زمانی ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد از انکوباسیون، به صورت تجمعی محاسبه شد. برآورد فراسنجه های تولید گاز با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. بدین منظور از رابطه غیرخطی Orskov و McDonald (۱۹۷۹) استفاده شد.

$$P=b(1-e^{-ct})$$

C: ثابت نرخ تولید گاز، P: حجم تولید گاز در زمان t به صورت تجمعی، t: مدت زمان انکوباسیون، b: گاز تولید شده از بخش قابل تخمیر می باشد.

اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با استفاده از معادله Makkar (۲۰۰۴)، قابلیت هضم ماده آلی طبق روش Menke و همکاران (۱۹۷۹) و انرژی قابل متابولیسم طبق روش Menke و Steingass (۱۹۸۸) تخمین زده شد.

$$OMD= 14/88+ 0/889 GP +0/45 CP + 0/65 Ash$$

دمای ۵۴۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. این کار به منظور تعیین مقدار خاکسترخام مواد هضم نشده موجود در کروزه‌ها و تعیین قابلیت هضم ماده آلی صورت گرفت. بازده تولید گاز (GP₂₄) به صورت حجم گاز تولیدشده پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون تقسیم بر مقدار ماده تجزیه شده واقعی (گرم) محاسبه شد (Getachew و همکاران، ۲۰۰۲). جهت محاسبه توده میکروبی تولیدشده از معادله پیشنهادشده Blummel و Becker (۱۹۹۷) استفاده گردید:

$$MCP = GP \times (PF - 2/2)$$

 GP: میلی لیتر گاز تولیدشده در زمان ۲۴ ساعت.

PF: عامل تفکیک که به صورت میلی گرم ماده هضم شده واقعی، بخش بر میلی لیتر گاز تولیدی در ساعت ۲۴ انکوباسیون محاسبه شد (Blummel و Becker، ۱۹۹۷).

داده‌های جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری (SAS ۹/۱) (۲۰۰۳) و رویه GLM انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف بر ترکیب شیمیایی سیلاژ غلاف نخودفرنگی: نتایج حاصل از تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف مغذی بر ترکیب شیمیایی سیلاژ غلاف نخودفرنگی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف، از نظر ماده خشک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). مقدار ماده آلی در تیمار دارای تفاله مرکبات پایین‌ترین (۷۶/۵۰) و در تیمار دارای آرد جو بالاترین (۹۴/۶۹) بود. بالاترین مقدار پروتئین خام در تیمار دارای آرد جو مشاهده شد. مقدار لیاف

نامحلول در شوینده خنثی و لیاف نامحلول در شوینده اسیدی در تیمارهای دارای آرد جو و تفاله مرکبات در مقایسه با تیمارهای دارای کاه و کاه + ملاس به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود ($P < 0.05$). مقدار pH در تیمار دارای آرد جو پایین‌ترین مقدار بود. افزودن تفاله مرکبات تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش مقدار pH نداشت. تیمار دارای تفاله مرکبات بالاترین مقادیر فلاوونوئید و فنل و پایین‌ترین مقدار آنتی‌اکسیدان را داشت ($P < 0.05$). نتایج این مطالعه همسو با Seifdavati و همکاران (۲۰۱۷) از نظر مقدار ماده خشک (۱۵/۳۶) بود. مقدار ماده خشک گزارش شده در سایر مطالعات برای غلاف نخود فرنگی تازه در دامنه ۱۲ تا ۱۵ درصد می‌باشد (Bakshi و همکاران، ۲۰۱۶؛ Bakshi و Wadhwa، ۲۰۱۳؛ Wadhwa و همکاران، ۲۰۰۶).

مقدار ماده خشک با افزودن کاه (۳۰/۱۷ درصد)، کاه + ملاس (۲۹/۲۷ درصد)، آرد جو (۲۸/۱۷ درصد) و تفاله مرکبات (۲۶/۹۲ درصد) افزایش یافت. هر چند بین تیمارهای آزمایشی از نظر مقدار ماده خشک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ با این حال، استفاده از افزودنی‌های مغذی باعث افزایش مقدار ماده خشک و رسیدن به سطح موردنیاز برای تهیه یک سیلاژ خوب می‌باشد. دامنه مطلوب ماده خشک برای داشتن سیلویی با کیفیت خوب بین ۲۵ تا ۳۵ درصد می‌باشد؛ رطوبت بالاتر منجر به تولید پس‌آب، هدر روی مواد مغذی و تخمیر اسید بوتیریکی در سیلاژ می‌شود (Bouriako و همکاران، ۲۰۰۱؛ McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). به نظر می‌رسد افزایش ماده خشک تیمارهای حاوی مواد جاذب رطوبت ناشی از مقدار ماده خشک جاذب‌ها باشد.

مقدار خاکستر در غلاف تازه نخودفرنگی ۶/۴۵ درصد بود که حدود ۱/۲۰ درصد کمتر از مقدار گزارش‌شده (۸/۰۵ درصد) توسط Seifdavati و

همکاران (۲۰۱۷) بود. این مقدار در تمامی تیمارها به جز تیمار دارای آرد جو افزایش نشان داد که همسو با نتایج Ayubifar و همکاران (۲۰۲۱) بود که با افزودن ملاس و آرد جو مقدار ماده خشک به ترتیب افزایش و کاهش نشان داد. در مطالعه Hedayati poor و همکاران (۲۰۱۲) افزایش ملاس، باعث افزایش مقدار ماده خشک و خاکستر شد که احتمالاً به دلیل ماده خشک و خاکستر بالا در ملاس بوده است. در مطالعه Barzamini و همکاران (۲۰۱۶) استفاده از سطوح ۵ و ۱۰ درصد تفاله مرکبات برای تهیه سیلاژ گوجه‌فرنگی باعث افزایش ۲/۵ و ۵ درصدی در مقدار خاکستر شد. علت این امر را باید در نحوه فرآوری تفاله مرکبات در کارخانجات آب میوه گیری باید دنبال کرد برای تسریع در امر خشک کردن از آهک استفاده کرده و مقدار خاکستر تفاله مرکبات بالا می‌باشد (Martínez-Pascual و Fernández-Carmona, ۱۹۸۰).

مقدار پروتئین خام غلاف سبز نخودفرنگی ۱۶/۶۳ درصد بود که حدود ۶ درصد بالاتر از مقدار گزارش شده توسط سیف‌دواتی و همکاران (۱۳۹۵) می‌باشد. با این حال مقدار پروتئین خام در نتیجه افزودن کاه، کاه + ملاس و تفاله مرکبات کاهش و در تیمار دارای آرد جو حدود ۶ درصد افزایش نشان داد. بررسی نتایج در بین تیمارهای دارای افزودنی نیز نشان می‌دهد که سیلو کردن غلاف سبز نخودفرنگی همراه با کاه مقدار پروتئین خام را در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر کاهش داده است، با این حال، با افزودن ملاس به این ترکیب در تیمار دوم حدود ۲/۷ درصد افزایش در مقدار پروتئین خام را به دنبال داشت. افزایش درصد پروتئین خام با افزودن ملاس می‌تواند به بالا بودن نسبی درصد پروتئین خام ملاس مربوط باشد (Baytok و همکاران، ۲۰۰۵). در منابع مختلف، اثر ملاس بر پروتئین خام انواع سیلاژها متناقض

گزارش شده است. در بعضی منابع ذکر شده که افزودن ملاس موجب افزایش پروتئین خام می‌شود (kavian و همکاران، ۲۰۰۵؛ Kennedy، ۱۹۹۰؛ Lettemae و همکاران، ۱۹۸۵)، درحالی‌که برخی عدم تغییر (Phillip و همکاران، ۱۹۹۰) و یا حتی کاهش درصد پروتئین خام (Moore و Kennedy، ۱۹۹۴) را گزارش نموده‌اند. مطابق نتایج Moore و Kennedy (۱۹۹۴)، در آزمایش حاضر نیز افزودن ملاس باعث کاهش مقدار پروتئین سیلاژ گردید. کاهش در مقدار پروتئین خام در نتیجه سیلو کردن امری طبیعی است و مقدار کاهش با توجه به شرایط سیلو می‌تواند متفاوت باشد. این کاهش حتی ممکن است در سیلوهایی که خوب تهیه شده‌اند نیز محتوی پروتئین را به میزان ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش دهد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱).

مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خشتی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در مقایسه با دو تیمار دیگر و همین‌طور غلاف سبز نخودفرنگی تازه بسیار بالاتر بودند. Seifdavati و همکاران (۲۰۱۷) مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خشتی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در غلاف تازه سبز نخودفرنگی را به ترتیب ۴۰/۳۱ درصد و ۲۳/۶۹ درصد گزارش کردند که تا حدودی نزدیک به هم هستند. بالا بودن این مقادیر در تیمارهای دارای کاه و کاه + ملاس هم به دلیل بالا بودن مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خشتی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه طبیعی می‌باشد. با این حال، دامنه ۴۸ تا ۵۷ درصدی نیز برای الیاف نامحلول در شوینده خشتی نیز گزارش شده است (Bakshi و Wadhwa، ۲۰۱۶؛ Bakshi و Wadhwa، ۲۰۱۳؛ Wadhwa و Bakshi، ۲۰۱۳). با توجه به نتایج، میانگین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). استفاده از افزودنی‌های آرد گندم و تفاله مرکبات،

مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را در مقایسه با مقدار اولیه در غلاف تازه حدود ۱۰ درصد کاهش داده است. به نظر نمی‌رسد که این کاهش به خاطر تجزیه الیاف نامحلول در شوینده اسیدی باشد بلکه بیشتر به خاطر اثر رقیق‌کنندگی آرد جو و تفاله مرکبات باشد. Lardy و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که افزودن دانه جو، باعث کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز در سیلاژ به ترتیب علوفه گراس‌ها و سیلاژ سورگوم گردیده است

در این مطالعه، افزودن آرد جو و تفاله مرکبات به تنهایی ضمن داشتن اثر رقیق‌کنندگی در کاهش مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، از طرفی باعث افزایش کربوهیدرات قابل تخمیر در سیلو شده و منبع کربوهیدرات مناسب را در اختیار میکروارگانیسم‌های توده سیلویی قرار می‌دهند. احتمالاً وجود کربوهیدرات‌ها باعث فراهم شدن کربوهیدرات مناسب برای میکروارگانیسم‌ها در توده سیلویی، تحریک تخمیر و در نهایت باعث هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی دیواره سلولی گیاه شده است.

استفاده از افزودنی‌های مختلف مغذی در سیلاژ غلاف نخودفرنگی تأثیر معنی‌داری بر مقدار pH داشت. در مقایسه با pH غلاف نخودفرنگی تازه که ۶/۱۱ بود، به نظر می‌رسد که استفاده از آرد جو و همین‌طور افزودن ملاس به سیلاژ نخود به همراه کاه منجر به افت بیشتری در مقدار pH شده‌اند. احتمالاً غلظت بالاتر قندها منجر به تخمیر سریع شده و اسیدی شدن محیط سریع‌تر رخ داده است. در نتیجه کاهش سریع pH، فعالیت آنزیم‌ها و عمل پروتئولیز به سرعت متوقف شده است. کمترین کاهش در مقدار

pH را تیمار دارای تفاله مرکبات داشت که همسو با نتایج Barzamini و همکاران (۲۰۱۶) بود. علت این را می‌توان استفاده بیش از حد استاندارد آهک در خشک‌کردن تفاله مرکبات در کارخانجات آب میوه‌گیری دانست. معمولاً در کارخانجات آب میوه‌گیری در پایان خط تولید، به منظور تسهیل در خشک کردن از حرارت ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد و آهک استفاده می‌کنند (El-Boushy, ۱۹۹۴).

تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف بر تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی سیلاژ غلاف نخودفرنگی: تأثیر

افزودنی‌های مختلف بر روند تولید گاز بر سیلاژ غلاف نخودفرنگی در شکل ۱ نشان داده شده است. در بین تیمارهای آزمایشی سیلاژ غلاف نخودفرنگی + کاه (شاهد) و شاهد + ملاس از روند تولید گاز پایین‌تری برخوردار بودند.

نتایج مربوط به تأثیر افزودنی‌های مختلف بر پتانسیل و نرخ و تولید گاز، قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر پتانسیل تولید گاز و ثابت نرخ تولید گاز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که تیمارهای دارای افزودنی آرد جو و تفاله مرکبات در مقایسه با دو تیمار دیگر به‌طور معنی‌داری از پتانسیل تولید گاز بالاتری برخوردار بودند ($P < 0.05$). در بین تیمارهای دارای افزودنی نیز تیمار دارای ملاس + آنزیم بالاترین پتانسیل تولید گاز را داشت. از نظر نرخ تولید گاز نیز بالاترین نرخ تولید گاز مربوط به تیمار دارای تفاله مرکبات (۰/۰۷۹۶ میلی‌لیتر در ساعت) بود.

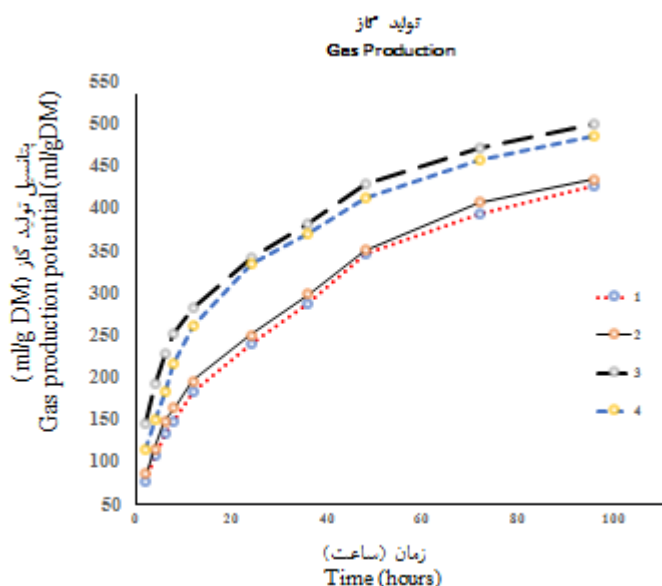
تأثیر افزودنی‌های مختلف (مواد مغذی و جاذبه الرطوبه) ... / و همکاران

جدول ۱- تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف بر ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک) سیلاژ غلاف نخودفرنگی

Table 1. different additives on chemical composition (% DM) of pea pod silage

سطح معنی - داری P-Value	خطای معیار میانگین SEM	تیمارها Treatments				غلاف سبز Green pea pod	مورد
		+ تفاله مرکبات +Dried citrus pulp	+ آرد جو +Barley flour	+ کاه + ملاس + Wheat straw + Molasses	+ کاه + Wheat straw		
0.290	1.15	26.92	28.17	29.27	30.17	16.10	ماده خشک Dry Matter
<0.0001	0.37	23.50 ^a	5.30 ^c	9.21 ^b	9.003 ^b	6.45	خاکستر Ash
<0.0001	0.41	12.96 ^b	22.64 ^a	12.49 ^b	9.80 ^c	16.63	پروتئین خام Crude Protein
<0.0001	1.80	25.73 ^b	26.40 ^b	57.86 ^a	61.73 ^a	36.2	الیاف نامحلول در شوینده خشی Neutral Detergent Fiber
<0.0001	1.49	17.86 ^b	17.93 ^b	49.26 ^a	42.60 ^a	27	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber
<0.0001	1.04	64.58 ^b	75.72 ^a	50.25 ^c	52.10 ^c	-	کل مواد مغذی قابل هضم Total Digestible Nutrient
<0.0001	0.02	1.462 ^b	1.735 ^a	1.11 ^c	1.156 ^c	-	انرژی خالص شیردهی (مگاژول در کیلوگرم) Net Energy Lactation (Mj/Kg DM)
<0.0001	0.03	0.863 ^b	1.186 ^a	0.447 ^c	0.501 ^c	-	انرژی خالص رشد (مگاژول) در کیلوگرم Net Energy Growth (Mj/Kg DM)
<0.0001	0.08	4.88 ^b	3.75 ^c	3.87 ^c	4.28 ^b	6.11	pH
<0.0001	1.33	20.10 ^c	48.76 ^a	52.32 ^b	34.03 ^b	-	آنتی اکسیدان Antioxidant
0.279	0.16	0.0384	0.0553	0.0450	0.050	-	فنل (گرم در کیلوگرم ماده خشک) Phenol (g/kg DM)
<0.0001	.06	0.376 ^c	1.250 ^a	0.771 ^b	0.760 ^b	-	فلاونوئید (گرم در کیلوگرم ماده خشک) Flavonoid (g/kg DM)

در هر ردیف، اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند (P<0/05).



شکل ۱. روند تولید گاز در زمانه ای مختلف پس از انکوباسیون

Figure 1. Gas production curves at different times of incubation

تیمارهای آزمایشی: ۱) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + کاه، ۲) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + کاه + ملاس، ۳) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + آرد جو، ۴) سیلاژ غلاف نخودفرنگی + تفاله مرکبات.

¹Treatments: 1) pea pod silage + wheat straw, 2) pea pod silage + wheat straw + molasses, 3) pea pod silage + barley flour, 4) pea pod silage + Dried Citrus Pulp.

تکنیک تولید گاز اطلاعات مفیدی را درباره سرعت و میزان هضم خوراک فراهم می‌سازد. گاز تولیدشده در شرایط برون تنی ناشی از فعالیت میکروبی (مستقیم) و خشی شدن اسیدهای چرب فرار با بی‌کربنات موجود در محیط کشت (غیرمستقیم) می‌باشد (Spoelstra و همکاران، ۱۹۹۰). به دلیل این‌که در روش برون تنی از پایه بی‌کربنات به عنوان بافر محلول استفاده می‌شود، دی‌اکسید کربن به داخل فاز گاز آزاد شده و اسیدهای چرب فرار وارد محیط کشت می‌شوند (Menke و Steingass، ۱۹۸۸). ۵۰ درصد از کل گاز تولیدی علوفه‌ها، به طور غیرمستقیم به واسطه بافر شدن اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (دی‌اکسید کربن حاصل از بافر بی‌کربنات) تولید می‌گردد.

تولید گاز یک فرآیند فرعی حاصل از تخمیر کربوهیدرات‌ها به استات، پروپیونات و بوتیرات است (Menke و Steingass، ۱۹۸۸). وقتی که از روش

از نظر پارامترهای تخمینی قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر نیز بین تیمارهای سیلاژ غلاف نخودفرنگی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). از نظر مقدار قابلیت هضم ماده آلی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و قابلیت هضم ماده آلی بیشترین مقادیر مربوط به سیلاژهای دارای افزودنی آرد جو و تفاله مرکبات بود. به‌طور کلی تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای دارای افزودنی پایین‌ترین مقادیر را از نظر پارامترهای تخمیری داشت. نتایج این مطالعه همسو با نتایج Barzamini و همکاران (۲۰۱۶) و Ayubifar و همکاران (۲۰۲۱) بود که با افزودن تفاله مرکبات به سیلاژ تفاله گوجه و ملاس به سیلاژ کنگر پتانسیل تولید گاز، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم افزایش یافت.

تولید گاز برای خصوصیات هضمی مواد خوراکی استفاده می‌شود فرض بر این است که گاز تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری جز ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی خوراک قرار نمی‌گیرد (Menke و Steingass, ۱۹۸۸). Groot و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که تولید گاز نشان‌دهنده تجزیه ماده آلی خوراک بوده و هرچه گاز تولیدی بیشتر باشد نشان‌دهنده تخمیر بیشتر ماده آلی است. بین میزان تولید گاز با دیواره سلولی (NDF) گیاه همبستگی منفی وجود دارد. با افزایش کربوهیدرات ساختمانی و کاهش سهم کربوهیدرات‌های غیر الیافی از مقدار تولید گاز کاسته می‌شود که این ممکن است در نتیجه کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به دلیل دریافت کم‌تر منابع کربوهیدرات محلول باشد (Sommart و همکاران، ۲۰۰۰).

در این مطالعه تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی نشان‌دهنده بالا بودن انرژی قابل متابولیسم و همچنین ازت قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم، برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. همبستگی بالایی بین گاز تولیدشده از سوبسترا و اسید چرب کوتاه زنجیر تولیدشده وجود دارد (Parand و همکاران، ۲۰۱۰). پارامترهای تخمینی و میزان تولید گاز نشان دهنده‌ی این امر است که در سیلاژهای با تولید گاز بیشتر، پارامترهای تخمینی (انرژی متابولیسمی، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر) از مقادیر بالاتری برخوردار هستند (Getachew و همکاران، ۲۰۰۲).

با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر تولید گاز یک خوراک ترکیب شیمیایی و محتوی الیاف و به‌خصوص لیگنین آن می‌باشد، تیمارهای دارای کاه و کاه + ملاس دارای مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بیش از دو برابر تیمارهای دارای آرد جو و تفال

مربکات می‌باشند. Melaku و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که لیگنین تأثیر منفی بر تولید گاز دارد. Sommart و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که منابع خوراکی که الیاف نامحلول در شوینده خنثی پایین‌تری دارند، پتانسیل تولید گاز آن‌ها بالاست و با افزایش این مقدار، تخمیر کمتر و منجر به کاهش در تولید گاز می‌شود. لذا، به نظر می‌رسد بالا بودن الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی جدول (۱) احتمالاً دلیل اصلی پایین بودن نرخ تولید گاز در این تیمارها نسبت به دیگر تیمارها باشد. به نظر می‌رسد افزودن کاه گندم اثر منفی بر میزان انرژی قابل متابولیسم سیلاژها داشته است. انرژی قابل متابولیسم یک خوراک نشان‌دهنده آن بخش از انرژی خوراک است که توسط حیوان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بالا بودن میزان گاز تولیدی بیانگر بالا بودن انرژی متابولیسمی و همچنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (Moghaddam و همکاران، ۲۰۱۲). فرآورده‌های فرعی مرکبات دارای ترکیبات انرژی‌زا برای میکروب‌های شکمبه مانند کربوهیدرات‌های محلول و الیاف نامحلول در شوینده خنثی سهل‌الهضم می‌باشند. سطح الیاف نامحلول در شوینده خنثی تفال مرکبات حد واسط بین کنسانتره‌ها و علوفه‌هاست (Bampidis و Robinson؛ ۲۰۰۶). افزودن تفال خشک مرکبات به سیلاژ غلاف نخودفرنگی که از نظر انرژی فقیر است، باعث افزایش فراهمی سوبسترای قابل تخمیر برای میکروارگانیسم‌ها شده و باعث تحریک فرآیند تخمیر شده و از طرفی افزودن آرد جو و تفال خشک مرکبات باعث افزایش مقدار کربوهیدرات محلول در آب شده که در نهایت سبب افزایش مقدار و نرخ تولید گاز در تیمارهای دارای این افزودنی‌ها شده است.

جدول ۲. تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف بر فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی سیلاژ غلاف نخود فرنگی.

Table 2. different additives on gas production and estimated parameters of pea pod silage

تیمارها Treatments ¹	(a+b) ² (ml/gDM)	C ³ (ml/gDM)	SCFA ⁴ (mmol)	ME ⁵ (MJ/Kg)	OMD ⁶ (% DM)
1	399.3±13.67	0.0467±0.0045	1.061 ^b	8/73 ^b	58.08 ^b
2	399.1±13.85	0.0540±0.0054	1.106 ^a	9.06 ^{ab}	59.89 ^{ab}
3	432.6±13.22	0.0110±0.0011	1.505 ^{ab}	11.46 ^{ab}	76/11 ^{ab}
4	438.1±10.87	0.0796±0.0063	1.483 ^a	11.32 ^a	75/18 ^a
انحراف معیار میانگین. SEM	-	-	0.03	0.19	1.29
سطح معنی‌داری P- value	-	-	<0.0001	<0.0001	<0.0001

تیمارهای آزمایشی: (۱) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + کاه، (۲) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + کاه + ملاس، (۳) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + آرد جو، (۴) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + تفاله مرکبات.

(a + b): پتانسیل تولید گاز، C: نرخ تولید گاز، SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)، ME: انرژی قابل متابولیسم (مگا ژول در کیلوگرم)، OMD: قابلیت هضم ماده آلی (درصد ماده خشک).

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<0/05).

¹Treatments: : 1) pea pod silage + wheat straw, 2) pea pod silage + wheat straw + molasses, 3) pea pod silage + barley flour, 4) pea pod silage + Dried Citrus Pulp.

2- Gas production potential (ml/g DM), 3- Gas production rate (ml/h), 4- Short Chain Fatty Acids (mmol), 5- Metabolizable Energy (Mj/Kg DM) and 6- Organic Matter Digestibility (% DM).

Means within a column that do not have a common superscript are significantly different (P<0.05).

تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری شکمبه‌ای در شرایط برون‌تنی: تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری سیلاژ غلاف نخودفرنگی در شرایط آزمایشگاهی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر قابلیت هضم ماده خشک، عامل تفکیک، تولید پروتئین میکروبی و بازده تولید پروتئین میکروبی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<0/05). بالاترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی مربوط به تیمار دارای آرد جو و تفاله مرکبات بود (P<0/05). از نظر مقدار پروتئین میکروبی تولیدشده، بازدهی سنتز پروتئین میکروبی، تیمار دارای آرد جو بالاترین مقدار را داشت. مقدار pH در دامنه ۶/۱۸ (تیمار دارای آرد جو) تا ۶/۶۳ (تیمار دارای کاه) قرار داشت.

نتایج این مطالعه همسو با نتایج Barzamini و همکاران (۲۰۲۱)، Ayubifar و همکاران (۲۰۱۶)، Keramandli و همکاران (۲۰۱۴) و Makkari و همکاران (۲۰۱۶) است.

همکاران (۲۰۱۷) بود. Barzamini و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای که سطوح مختلف تفاله مرکبات را در سیلاژ تفاله گوجه‌فرنگی به کار گرفته بودند، نشان دادند که بیشترین قابلیت هضم مربوط به تیمار دارای سطح ۱۰ درصد تفاله خشک مرکبات بود. در مطالعه Moseley و Ramanathan (۱۹۸۹) از افزودنی‌های ملاس، تفاله چغندر و جوی غلتک خورده در تهیه سیلاژ علوفه چمن و شبدر سفید استفاده کرده بودند، نشان دادند که مصرف ماده خشک به وسیله تیمار افزودنی جو، ملاس و تفاله چغندر قند در مقابله با جیره شاهد افزایش یافته بود و همچنین میزان قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در هنگام تغذیه از سیلاژهای دارای افزودنی بیشتر بود. در مطالعه Rodrigues و همکاران (۲۰۰۵) نیز با افزایش سطوح تفاله مرکبات در سیلاژ علف فیل (Elephantgrass) نشان دادند که غلظت ماده خشک، قابلیت هضم ماده خشک و کربوهیدرات محلول در آب به صورت خطی افزایش یافت. Sunvold و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کرد که

تقریباً ۴۵۰ گرم از هر کیلوگرم دیواره سلولی تفاله مرکبات را پکتین تشکیل می‌دهد. عموماً مواد پکتینی به همراه بتاگلوکان‌ها در فضای بین سلولی گیاهی قرار دارند و جزء کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی محسوب می‌شوند. پیوندها و ترکیبات کربوهیدراتی مواد پکتینی به وسیله آنزیم‌های پستانداران قابل هضم نیستند، ولی خیلی سریع و به مقدار زیاد توسط میکروب‌های شکمبه تجزیه می‌شوند. در شرایط آزمایشگاهی، حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد پکتین در هر ساعت تخمیر و تجزیه می‌شود (Hatfield و Weimer، ۱۹۹۵). گزارش شده است که تخمیر پکتین نیز سبب می‌گردد که نسبت استات به پروپیونات در شکمبه افزایش یابد (Hatfield

و Weimer، ۱۹۹۵). تولید اسید استیک بیشتر نیز همراه با تولید هیدروژن می‌باشد که در مقایسه با اسید پروپیونیک گاز بیشتری تولید می‌کند. به نظر می‌رسد که مقدار ماده آلی بیشتری از تیمارهای دارای افزودنی به سمت تولید توده زنده میکروبی سوق داده شده است که با توجه به فراهمی پروتئین و انرژی سستز پروتئین میکروبی نیز بالاتر رفته است. در مطالعه Fathei و همکاران (۲۰۱۷) با افزایش سطوح تفاله چغندر قند در سیلاژ فضولات بستر مرغ تخمگذار، قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در شرایط آزمایشگاهی روند افزایشی داشت.

جدول ۳. تأثیر استفاده از افزودنی‌های مختلف بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری شکمبه‌ای سیلاژ غلاف نخودفرنگی

Table 3. The effect of the use of different additives on the digestibility and ruminal fermentation parameters of pea pod silage.

pH	Gas yield ⁷	EMB ⁶	MB ⁵	PF ⁴	قابلیت هضم		تیمارها Treatments ¹
					IVOMD ³	IVDMD ²	
6.63 ^b	303.76 ^b	0.367 ^b	64.06 ^b	3.53 ^b	0.372 ^b	0.318 ^b	1
6.48 ^b	384.18 ^a	0.301 ^b	48.27 ^b	3.16 ^b	0.348 ^b	0.260 ^b	2
6.18 ^a	212.09 ^c	0.551 ^a	188.86 ^a	5.02 ^a	0.715 ^a	0.657 ^a	3
6.30 ^a	239.66 ^c	0.361 ^b	86.43 ^b	3.46 ^b	0.611 ^a	0.559 ^a	4
0.04	17.31	0.04	17.97	0.34	0.03	0.03	اشتباه معیار میانگین SEM
<0.0006	<0.0005	0.0136	0.0022	0.0125	<0.0002	<0.0001	سطح معنی‌داری P-value

¹ تیمارهای آزمایشی: (۱) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + کاه، (۲) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + کاه + ملاس، (۳) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + آرد جو، (۴) سیلاژ غلاف نخود فرنگی + تفاله مرکبات.

۱- قابلیت هضم ماده خشک (درصد DM)، ۲- قابلیت هضم ماده آلی (درصد DM)، ۳- عامل تفکیک (میلی گرم/میلی مول)، ۴- تولید پروتئین میکروبی (میلی گرم به ازاء گرم DM)، ۵- راندمان تولید پروتئین میکروبی، ۶- راندمان تولید گاز (میلی لیتر).

میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

¹ Treatments: 1) pea pod silage + wheat straw, 2) pea pod silage + wheat straw + molasses, 3) pea pod silage + barley flour and 4) pea pod silage + Dried Citrus Pulp.

2- Dry Matter Digestibility (%DM), 3- Organic Matter Digestibility (%DM), 4- Partitioning Factor (mg/ml), 5- Microbial biomass (mg), 6- Efficiency of microbial biomass, 7- Gas Production Efficiency (ml).

Means within a column that do not have a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

یک خوراک یکی از عوامل اصلی موثر بر قابلیت هضم آن می‌باشد. با افزایش لیگنین در ساختار الیاف، قابلیت هضم قابلیت هضم خوراک به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. لیگنین یک بخش غیرقابل هضم است و

در مطالعه Keramandli و همکاران (۲۰۱۴) با افزایش سطوح کاه گندم در سیلاژ ضایعات کدوی آجیلی و سیلاژ ضایعات هندوانه آجیلی از میزان قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی کاسته شد. مقدار الیاف

به عنوان یک عامل محدودکننده از فعالیت آنزیم‌های میکروبی بر ترکیبات دیواره سلولی، عمل می‌کند. لذا، بخش‌های دیواره سلولی ممکن است دارای یک اثر منفی بر قابلیت هضم داشته باشد (Van Soest, ۱۹۹۴). بین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با قابلیت هضم یک ماده خوراکی رابطه معکوس وجود دارد به عبارت دیگر هرچه مقدار این ترکیبات در یک ماده خوراکی کاهش یابد، قابلیت هضم آن افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه از مواد مغذی قابل دسترس در همه شرایط برای بهبود شرایط تخمیری و تغذیه‌ای سیلاژ غلاف نخودفرنگی استفاده شد. استفاده از افزودنی‌های

مختلف تأثیر معنی‌داری بر ترکیب شیمیایی (درصد) سیلاژ غلاف نخودفرنگی داشت. از این نظر استفاده از افزودنی‌های ملّاس، تفاله مرکبات و آرد جو باعث افزایش مقدار پروتئین خام شدند. استفاده از افزودنی آرد جو در درجه اول و تفاله مرکبات در مرتبه بعدی باعث بهبود ارزش انرژی‌زایی (NE_L و NE_g, TDN) سیلاژ غلاف نخودفرنگی شد. پتانسیل تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی سیلاژ غلاف نخودفرنگی در نتیجه استفاده از افزودنی آرد جو و تفاله مرکبات به طور معنی‌داری در مقایسه با دو تیمار دیگر بالاتر بود. استفاده از افزودنی‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و فراسنجه‌های تخمیری شکمبه‌ای در شرایط برون‌تنی داشت.

منابع

1. AOAC. International. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. 2nd revision. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities.
2. Ayubifar, M., Gharebash, A., Bayatkouhsar, J. & Farivar, F. (2021). The effect of using different additives on chemical composition, parameters of gas production and digestibility of artichoke silage. *Ruminant Research Journal*, 9(3): 1-24. (In Persian).
3. Bakshi, M.P.S. & Wadhwa, M. (2013). Nutritional evaluation of cannery and fruit wastes as livestock feed. *Indian Journal of Animal Science*, 83: 1198-1202.
4. Bakshi, M.P.S., Wadhwa, M. & Makkar, H.P.S. (2016). Wastes to worth: vegetable wastes and by-products as animal feed. *Commonwealth Agriculture Bureau Reviews*, 11: No. 012.
5. Bampidis, V.A. & Robinson, P.H. (2006). Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Journal of Dairy Science*, 89(3): 785-796.
6. Barzamini, H., Mostafaloo, Y., BayatKouhsar, J. & Ghanbari, F. (2016). Investigation of chemical composition, fermentation characteristics and gas production of tomato pomace ensiled with sugar beet pulp and dried citrus pulp. *Livestock Research (Quarterly)*, 5(2): 1-15. (In Persian).
7. Baytok, E., Aksu, T., Karsli, M.A. & Muruz, M. (2005). The Effects of Formic Acid, Molasses and Inoculants as Silage Additives on Corn Silage Composition and Ruminal Fermentation Characteristics in Sheep. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 469-474.
8. Blummel, M. & Becker, K. (1997). The degradability characteristics of fifty-four roughages and roughage neutral-detergent fibers as described by *in vitro* gas production and their relationship to voluntary feed intake. *British Journal of Nutrition*, 77: 757-768.
9. Bouriako, I.A., Shihab, H., Kuri, V. & Margerison, J.K. (2001). Influence of wilting time on silage compositional quality and microbiology of grass clover mixtures. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 88: 102-108.
10. 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 Animal Science*, 63: 64-75.

11. Burits, M. & Bucar, F. (2000). Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy Research*, 14: 323-328.
12. Chang, Y.L., Kim, D.O., Lee, K.W., Lee, H.J. & Lee, C.Y. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13): 3713-3717.
13. Duhan, A., Khetarpaul, N. & Bishnoi, S. (2000). "Effect of soaking and cooking on nutritional quality of some legumes." *Plant Foods for Human Nutrition*, 55(3): 223-230.
14. El-Boushy, A.R. (1994). Poultry feed from waste, processing and use. Fruit, vegetable and brewers waste. Citrus pulp. Chapman and Hall LTD. London. UK. 204-224
15. Fallah, S., Susan, B. & Ali, A.S. (2014). Evaluation of competitive and economic indices in canola and pea intercropping at different rates of nitrogen fertilizer. *Agroecol*, 6 (3): 571-581.
16. Fathei, F., Bayatkouhsar, J., Ghanbari, F., Naserian, A.A. & Maghsoudlou, S. (2017). Effect of administering molasses and sugar beet pulp on nutritional value of laying hen litter silage. *Journal of Ruminant Research*, 5(3): 87-101. (In Persian).
17. Getachew, G., Depeters, E.J. & Robinson, P.H. (2002). *In vitro* gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. *California Agriculture*, 58: 54-58.
18. Groot, J.C.J., Cone, J.W., Williams, B.A. & Lantinga, E.A. (1996). Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of *in vitro* fermentation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 64: 77-89.
19. Hatfield, R.D. & Weimer, P.J. (1995). Degradation characteristics of isolated and *in situ* cell wall Lucerne dectic polysaccharides by mixed ruminal microbes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69: 185.
20. Hedayati poor, A., Khorvash, M., Ghorbani, Gh. R. & Al-Modarres, A. 2012. Comparison of chemical characteristics and degradability of kinds of forage and silage sorghum by corn silage in *In vitro* and nylon bag. *Iranian Journal Animal Science Research*, 4: 224-232.
21. Hosseini, S.H., RahemiKarizaki, A., Biabani, A., Nakhzari Moghaddam, A. & Taliey, F. (2020). Investigation of changes in physiological characteristics and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) under different cultivation date. *Journal of Crop Production*, 13(2): 99-116.
22. Kavian, A., Abbasi, A., Gharehbash, A., Pasandi, M. & Kamali, R. (2005). Pea production waste and its feeding value (chemical composition and *In vivo* digestibility). 2nd national symposium on loss of agricultural product, 662-674.
23. Kennedy, S.J. (1990). Comprison of the fermentation quality and nutritive value of sulphuric and formic acid-treated silages feed to beef cattle. *Grass and Forage Science*, 45: 17-28.
24. Keramandli, T., Gharehbash, A.M., Bayat Kouhsar, J. & Mohajer, M. (2014). Study of the nutritional value (chemical composition, digestibility and gas production) of Pumpkin's and Watermelon's waste silages. MSc Thesis. Gonbad Kavous University 97 pp. (In Persian).
25. Lardy, G.P., Ulmer, D.N., Anderson, V.L., & Caton, J.S. (2004). Effects of increasing level of supplemental barley on forage intake, digestibility and ruminal fermentation in steers fed medium-quality grass hay. *Journal of Animal Science*, 82: 3662-3668.
26. Lettemae, P., Ohlsson, C. & Lingvall, P. (1985). The combined effect of molasses and formic acid and quality of red-clover silage. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 1: 31-41.
27. Makkar, H.P.S. (2004). Recent advances in the *in vitro* gas method for evaluation of nutritional quality of food resource. Assessing Quality and safety of animal feeds. FAO Animal production and health series 160. FAO. Rome. Pp. 55-88.
28. Makkari, F., Bayatkouhsar, J., Ghanbari, F. and Fallahi, H.A. (2017). Effect of bacterial additives, organic acid and urea on chemical composition, fermentation characteristics, gas production and digestibility parameters of triticale forage silage *in vitro*. *Animal Production Research*, 6 (2):13-27. (In Persian).

29. Maldar, S.M., Roozbehan, Y. & Alipour, D. (2008). The Effect of Adaptation to Oak Leaves on Digestibility (*in vitro*) and Ruminal Parameters in Alamout Goat. *Iranian Journal of Animal Science*, 41 (3): 243-252.
30. Malick, C.P. & Singh, M.B. (1980). In plant Enzymology and Histo Enzymology, Kalyani Publishers, New Dehli.
31. Mart'inez-Pascual, J. & Fern'andez-Carmona, J. (1980). Composition of citrus pulp. *Animal Feed Science and Technology*, 5: 1-10.
32. McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.T.E. (1991). The biochemistry of silage, 2nd ed. Chalcombe Publication, Marlow, UK.
33. Melaku, S., Peters, K.J. & Tegegne, A. (2003). *In vitro* and *In situ* evaluation of selected multipurpose trees, wheat bran and lablab purpureus as potential feed supplements of Tef (*Eragrostistef*) straw. *Animal feed Science and Technology*, 108:159-179.
34. Menke, K.H. & Steingass, H.H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Journal of Animal research and development*, 28: 7-55.
35. Menke, K.H., Raab, L., Solewski, A., Steingass, H., Fritz, D. & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agriculture science*, 93: 217-222.
36. Moghaddam, M., Taghizadeh, A., Nobakht, A. & Ahmadi, A. (2012). Nutritive Value of Grape Pomace and Raisin Vitis Leaves Using Nylon Bags and Gas Production Techniques. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 3(4): 435-443.
37. Mokhtarpour, H., Bahram, R., Ziyadlou, S. & Karimiyan, A. (2004). Agriculture at Golestan Province (technical instruction for crops). Fekr No Press.
38. Moore, C.A. & Kennedy, S.J. (1994). The Effect of Sugar Beet Pulp Based Silage Additives on Effluent Production, Fermentation, in Silo Losses, Silage Intake and Animal Performance. *Grass and Forage Science*, 49: 54-64.
39. Moseley, G. & Ramanathan V. (1989). The effect of dry feed additives on the nutritive value of silages. *Grass and Forage Science*, 44: 391-397.
40. National Research Council (NRC). (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci., (Washington DC).
41. Orskov, E. R.. & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*, 92: 499-503.
42. Phllip, L.E., Underhill, L. & Garino, H. (1990). Effects of treating Lucerne with an inoculums of lactic acid bacteria or formic acid upon chemical changes during fermentation, and upon the nutritive value of the silage for lambs. *Grass and Forage Science*, 45: 337-348.
43. Parand, E. & Taghizadeh, A. (2010). Xamination of Digestibility of Processed Barley Grain with Different Methods, Using Gas Production Technique with two Sources of Inocula. *Journal of Animal Science Research*. 20(2):1-13.
44. Rezvani Moghaddam, P. & Koocheki, A. (2004). History of research on salt-affected lands of Iran. Pages 83-95 in Prospects of Saline Agriculture in the Arabian Peninsula.
45. Richard Ebesu, (2004). Home Garden Edible – Podded Pea. Cooperative Extension Service, Collage of Tropical Agriculture and Human Resource Univercity.
46. Rodrigues, P.H.M., Borgatti, L.M.O., Gomes, R.W., Passini, R. & Meyer, M. (2005). Effect of increasing levels of citrus pulp on the fermentation quality and nutritive value of elephantgrass silage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34: 1138-1145.
47. Sandoval Castro, C.A., MagaaSevilla, H., Capetillo, C. & DeBHovell, F.D. (2000). Comparison of charcoal and polyethylene glycol (PEG) for neutralizing tannin activity with an *in vitro* gas production technique. An EAAP Satellite symposium. Wageningen International Conference Centre. The Netherlands. 18-19 August: 109-110.
48. SAS. (2003). SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC, USA.

49. Seifdavati, J., Islami, Z., Abdi Benemar, H., Mirzaei Aghje Gheshlagh, F. & Seyed Sharifi, R. (2017). Green Pea (*Pisum sativum* L.) Pods Phenolic Components and Their Effects on *in Vitro* Ruminal Digestibility and *in Vitro* Gas Production. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 9 (3):284-299. (In Persian).
50. Sommart, K., Parker, D.S., Rowlinson, P. & Wanapat, M. (2000). Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an *in vitro* system using casava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. *Asian-Aust Journal Animal Science*, 13:1084-1093.
51. Spoelstra, S.F., Steg, A. & Beuvink, J.M.W. (1990). Application of cell wall degrading enzymes to grass silage. In: J. J. Dekkers, H. C. van der Plas and D. K. Vuijk (Eds), *Agricultural Biotechnology in Focus in The Netherlands*, Pudoc, Wageningen.
52. Summerfield, R. & Roberts, E.H. (1985). Grain legume crops. Mackays of Chatham, Kent, London, 480p.
53. Sunvold, G.D., Hussein, H.S., Fahey Jr., G.C., Merchen, N.R., & Reinhart, G.A. (1995). *In vitro* fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and igs and ruminal fluid from cattle. *Journal of Animal Science*, 73p.
54. Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B., & 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*, 48: 185-197.
55. Valizadeh, R., Abbas Ali, N. & Abtain, A.F. (2003). Biochemistry of silage. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. Page 413.
56. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-3597.
57. Van Soest, P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminants, 2th Edition, Comstock Cornell University Press, USA.
58. Wadhwa, M. & Bakshi, M.P.S. (2013). Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as a substrate for generation of other value added products. Ed Harinder P.S. Makkar. Food and Agriculture Organization of United Nations. RAP Publication 2013/04. Pp 56.
59. Wadhwa, M., Kaushal, S. & Bakshi, M.P.S. (2006). Nutritive evaluation of vegetable wastes as complete feed for goat bucks. *Small Ruminants Research*, 64: 279-284.