Research on Animal Production, Vol. 16, Issue 2, 2025 p: 44-55

Research paper

Determination of the Nutritional Value of Tomato Shoot Silage in Ruminant Nutrition by *In Vitro* Techniques

Parisa Faraji[1], Hamid Paya[2], Akbar Taghizadeh[3] and Hamid Mohammadzadeh[4]

1- M.Sc, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Associated Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, (Corresponding author: hamid.paya@tabrizu.ac.ir)
3- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4- Associated Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 10 April 2024 Revised: 15 July 2024 Accepted: 09 August 2024

Extended Abstract

Background: Developing countries, especially with dry weather conditions, are facing the problem of lack of animal feed. Thus, agricultural by-products, which are often processed for feeding in ruminants, can be used as an alternative or part of the diet; it also reduces animal feed costs. The reuse of agricultural waste in ruminant nutrition is a method for managing agricultural waste, which also reduces the risks of environmental pollution. Tomato shoot obtained from tomato plant pruning in the greenhouses for growing and producing this valuable product is one of the major agricultural wastes, which can be considered a part of ruminant feed due to its high volume of production. This study aimed to investigate the nutrient value of tomato shoot silage by in vitro techniqes as a substitute for a part of hay in ruminant feeding and to determine the effect of bacterial additives on the quality of silage.

Methods: Pruned tomato shoots in a greenhouse, which are part of agricultural waste, were collected from the industrial greenhouses of the East Azerbaijan region, cut into 3-5 cm pieces, and ensiled in a mini-silo. Microbial additives and amounts used in this experiment were 1- bacterial additive with the SiloLact brand, a product of the Fardis Roshd Mehrgan Company of Iran, containing *Lactobacillus plantarium*, *Bacillus acidophilus*, and dextrose monohydrate bacteria (10^6 colony-forming units (CFU) were added per gram of fodder), 2- enzymatic additive with the brand name enzymatic-SiloLact, produced by the Fardis Roshd Mehrgan Company of Iran, containing *L. plantarium*, *L. acidophilus*, cellulase enzyme, xylase, and dextrose monohydrate (10^6 CFU were added per gram of fodder), and 3- SilOne additive containing *L. buccaneri*, *L. plantarum*, *Enterococcus faecium*, *L. acidophilus*, and *Pediococcus acidi lactici*, at the rate of 10^{10} CFU/g along with multi-enzyme, which was mixed with water based on the amounts recommended by the manufacturer and added as a spray on chopped fodder. The experimental treatments were 1- pruned tomato shoot silage without additive, 2- pruned tomato shoot silage with enzymatic-siloLact additive, 3- pruned tomato shoot silage with non-enzymatic-SiloLact additive, and 4- pruned tomato shoot silage with SilOne additive. It is necessary to explain that in the preparation of silage, three replications were considered for each treatment. The measured chemical compounds included dry matter, crude protein, ash, crude fat, neutral detergent fibers, acid detergent fiber, and fermentation parameters including pH, volatile fatty acids, lactic acid, ammonia nitrogen, and soluble carbohydrates. Besides, gas production and digestibility were measured by in vitro Holden's method. This research was conducted in the form of a completely randomized design, and the resulting data were analyzed with SAS software.

Results: The results obtained in the investigation of pruned tomato shoot silage showed that the microbial additive SilOne and enzymatic-SiloLact significantly affected the pH of the silage compared to the control treatment. The pruned tomato shoot ensiled with SilOne additive contained more dry matter and crude protein than the control treatment. the enzymatic-SiloLact and silovan additives reduced ADF compared to the control treatment. The amount of total volatile fatty acids and lactic acid increased in silage treatments with bacterial additive compared to the control treatment, but no significant difference was observed in this increase. Microbial addition of enzymatic-SiloLact and SilOne decreased the amount of ammonia nitrogen in silage compared to the control treatment. The highest volume of gas production was recorded in the treatments ensiled with enzymatic-SiloLact and SilOne at the final hours of the incubation with a significant difference ($P < 0.05$). By examining metabolizable energy, net energy for lactation, digestible organic matter, and short-chain fatty acids of untreated and treated tomato shoot silage, it was found that processing by microbial additives did not affect metabolizable energy, but net energy for lactation, digestible organic matter, and short-chain fatty acids were affected

Copyright ©2025 Faraji et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

significantly ($P < 0.05$). Microbial fermentation of enzymatic silolact and silovan reduced the amount of silage ammonia nitrogen compared to the control treatment. The highest volume of gas production belonged to the treatments ensiled with the enzyme silolact and silovan. In the final hours of the experiment, there was a significant difference with the control treatment ($P < 0.05$). In vitro digestibility, which was investigated by Holden's techniqe, showed that microbial processing and additives affected the disappearance of dry matter in the rumen and the whole digestive tract system. Moreover, the disappearance of crude protein in the rumen was significantly affected, but the disappearance of crude protein in the whole digestive tract system was not affected.

Conclusion: It was found that bacterial additives had no effect on the digestibility of tomato plant silage. Due to the high production of tomato plant waste, this by-product can be used in ruminant feed, but it should be considered that adding another by-product that has high soluble carbohydret content should be examined due to the low level of soluble carbohydrates in the pruned tomato shoot to improve the silage quality.

Keywords: Bacterial additive, Digestibility, Gas production, Inoculant, Pruned tomato shoot silage

How to Cite This Article: Faraji, P., Paya, H., Taghizadeh, A., & Mohammadzadeh, H. (2025). Determination of the Nutritional Value of Tomato Shoot Silage in Ruminant Nutrition by *In Vitro* Techniques. *Res Anim Prod,* 16(2), 44-55. DOI: 10.61882/rap.2024.1461

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

بررسی ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی به‌روش برون‌تنی در تغذیه دام

پریسا فرجی[۱]، حمید پایا[۲]، اکبر تقی‌زاده[۳] و حمید محمدزاده[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، (نویسنده مسوول: hamid.paya@tabrizu.ac.ir)
۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۹
صفحه ۴۴ تا ۵۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: کشورهای در حال توسعه به‌ویژه با شرایط آب‌وهوایی خشک، با مشکل کمبود خوراک دام مواجه هستند، بنابراین استفاده از محصولات فرعی کشاورزی که اغلب به‌صورت فرآوری شده در جیره غذایی نشخوارکنندگان قرار می‌گیرد، می‌تواند علاوه بر تأمین بخشی از خوراک مورد نظر، هزینه‌های مربوط به خوراک دام را نیز کاهش دهد. همچنین، استفاده مجدد از ضایعات و پسماند کشاورزی در تغذیه دام یکی از روش‌های مدیریت ضایعات و پسماندهای کشاورزی است که خطرات آلودگی محیط زیست را نیز کاهش می‌دهد. شاخ و برگ حاصل از هرس بوته گوجه فرنگی در گلخانه‌های پرورش و تولید این محصول ارزشمند یکی ضایعات کشاورزی عمده است که با توجه به حجم بالای تولید آن می‌توان تغذیه آن را به‌عنوان بخشی خوراک دام موردتوجه قرار داد. هدف از این مطالعه بررسی ارزش غذایی سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی به‌عنوان جایگزین بخشی از علوفه در خوراک دام و همچنین تعیین اثر افزودنی‌های باکتریایی بر کیفیت سیلاژ مذکور بود.

مواد و روش‌ها: بوته‌های هرس شده گوجه‌فرنگی و باقی‌مانده در سطح مزارع گلخانه‌ای که جزء پسماند محصولات کشاورزی هستند از گلخانه‌های صنعتی منطقه آذربایجان شرقی جمع‌آوری، به قطعات ۳ تا ۵ سانتی‌متری خرد شدند و عمل سیلوکردن در مینی‌سیلو انجام گرفت. افزودنی‌های میکروبی مدنظر و مقادیر مورد استفاده در این آزمایش شامل ۱- افزودنی باکتریایی با نام تجاری SiloLact، محصول شرکت پردیس رشد مهرگان کشور ایران، حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاریوم*، *باسیلوس اسیدوفیلوس*، و دکستروز مونوهیدرات (به‌ازای هر گرم علوفه 10^6 واحد تشکیل دهنده‌ی کلنی اضافه شد)، ۲- سایلولاکت آنزیمی با نام تجاری enzymatic-SiloLact محصول شرکت پردیس رشد مهرگان کشور ایران؛ حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاریوم*، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، آنزیم سلولاز، زایلاز و دکستروز مونوهیدرات (به‌ازای هر گرم علوفه 10^6 واحد تشکیل دهنده‌ی کلنی اضافه شد) و ۳- افزودنی سیلووان حاوی *لاکتوباسیلوس بوکنری*، *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *انتروکوکوس فاسیوم*، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *پدیوکوکوس اسیدی لاکتیسی* به‌میزان 10^{10} CFU/g به‌همراه مولتی آنزیم بودند که بر اساس مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده با آب مخلوط و به‌صورت اسپری بر روی علوفه‌های خرد شده اضافه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی بدون افزودنی، ۲- سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی به‌همراه افزودنی سیلولاکت آنزیمی، ۳- سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی به‌همراه افزودنی سیلولاکت غیر آنزیمی و ۴- سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی به‌همراه افزودنی سیلووان. لازم به توضیح است که در تهیه سیلاژ برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. ترکیبات شیمیایی اندازه‌گیری شده شامل ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، pH و پارامترهای تخمیر شامل اسیدهای چرب فرار، اسیدلاکتیک، نیتروژن آمونیاکی، کربوهیدرات‌های محلول و همچنین اندازه‌گیری تولید گاز و قابلیت هضم به‌روش آزمایشگاهی بودند. در این آزمایش، ارزیابی ظاهری و فیزیکی سیلاژها و همچنین پایداری هوازی نیز بررسی شد. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده در بررسی‌های سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی نشان دادند که افزودنی میکروبی سیلووان و سایلولاکت غیر آنزیمی تأثیر معنی‌داری بر میزان pH سیلاژ نسبت به تیمار شاهد داشتند. بوته‌های گوجه‌فرنگی سیلو شده با افزودنی سایلووان، مقادیر ماده خشک و پروتئین خام بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. افزودنی‌های سایلولاکت آنزیمی و سایلووان، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی سیلاژ را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. میزان کل اسیدهای چرب فرار و اسید لاکتیک در تیمارهای سیلوشده با افزودنی باکتریایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با بررسی انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی، ماده آلی قابل هضم و اسیدهای چرب زنجیره‌کوتاه سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی بدون فرآوری و فرآوری شده با افزودنی مشخص شد که فرآوری تأثیری بر انرژی قابل متابولیسم نداشت ولی انرژی ویژه شیردهی، ماده آلی قابل هضم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیره را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. افزودنی میکروبی سیلولاکت آنزیمی و سیلووان باعث کاهش میزان نیتروژن آمونیاکی سیلاژ نسبت به تیمار شاهد و افزودنی سیلولاکت غیر آنزیمی شد. بیشترین حجم گاز تولیدی مربوط به تیمارهای سیلوشده با افزودنی سیلولاکت آنزیمی و سیلووان بود و در ساعات نهایی آزمایش تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند ($p < ۰/۰۵$). نتایج قابلیت هضم آزمایشگاهی نیز نشان دادند که اعمال فرآوری و افزودنی میکروبی، ناپدید شدن ماده خشک شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارش را تحت تأثیر قرار داد. همچنین، ناپدید شدن پروتئین خام شکمبه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت ولی ناپدید شدن پروتئین خام در کل دستگاه گوارش تحت تأثیر قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری: با بررسی نتایج مشخص شد که افزودنی‌های باکتریایی تأثیری بر میزان قابلیت هضم سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی نداشتند. با توجه به تولید حجم بالای ضایعات بوته گوجه‌فرنگی، از این محصول فرعی می‌توان در تغذیه دام استفاده نمود ولی باید در نظر گرفت که باتوجه به میزان کم کربوهیدرات محلول این محصول فرعی بهتر است جهت افزایش کیفیت سیلاژ افزودن سایر ضایعات کشاورزی که دارای مواد قندی بالایی است مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: افزودنی باکتریایی، تولید گاز، سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی، قابلیت هضم

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

مقدمه

با توجه به افزایش نرخ رشد جمعیت و کمبود مواد غذایی به‌ویژه کمبود پروتئین، تدابیر لازم باید در جهت تولید بیشتر محصولات دامی از قبیل شیر و گوشت اتخاذ گردد. همچنین، کشورهای در حال توسعه با شرایط آب‌وهوایی خشک با مشکل کمبود خوراک دام مواجه هستند، بنابراین استفاده از محصولات فرعی کشاورزی اغلب به‌صورت فرآوری شده در تغذیه نشخوارکنندگان به‌صورت جایگزین یا بخشی از جیره غذایی می‌تواند هزینه‌های مربوط به خوراک را کاهش دهد (Eslampeivand *et al.*, 2022; Salem, 2010). از طرف دیگر، مهم‌ترین عامل افزایش میزان ضایعات و پسماندهای کشاورزی مسئله تخریب محیط زیست است که می‌توانند سه عنصر آب، خاک و هوا را در معرض خطر آلودگی محیط زیست قرار دهند. بنا بر این، استفاده مجدد از ضایعات و پسماند کشاورزی در تغذیه دام یکی از روش‌های مدیریت ضایعات و پسماندهای کشاورزی است که خطرات آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد. یکی از محصولات فرعی کشاورزی بوته گوجه‌فرنگی است، و خود گیاه گوجه‌فرنگی متعلق به خانواده سولاناسه است که دومین محصول گیاهی پس از سیب‌زمینی در سراسر جهان به‌شمار می‌رود. بر اساس آخرین آمار منتشرشده در ایران، ۲۸ درصد از سهم زیر کشت سبزیجات مربوط به کشت گوجه‌فرنگی است. با توجه به متوسط درصد ماده خشک بوته گوجه‌فرنگی، تخمین زده می‌شود که سالانه حدود ۹۰۰ هزار تن از این پسماندهای کشاورزی در سراسرکشور تولید شود و بدون استفاده باقی می‌ماند (Khodaverdi *et al.*, 2014). در حال حاضر، مطالعات کمی در مورد ارزیابی ارزش غذایی گیاه گوجه‌فرنگی برای استفاده در خوراک دام انجام شده است. به‌منظور حفظ مواد مغذی و کاهش غلظت گلیکوآلکالوئیدهای موجود در محصولات فرعی، با عمل فرآوری به‌روش سیلونمودن می‌توان نتیجه بهتری در عملکرد دام مشاهده نمود. خداوردی و همکاران (Khodaverdi *et al.*, 2014) مقادیر ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر بوته گوجه‌فرنگی را به‌ترتیب ۲۰/۱، ۱۵/۱، ۳۹/۹، ۲۸/۷، و ۲۹/۹٪ گزارش کردند. در مطالعات دیگر، قابلیت هضم پروتئینی بوته گوجه‌فرنگی را ۶۴/۸٪ گزارش کردند و همچنین در صورت افزودن ملاس به بوته گوجه‌فرنگی، ۱۵٪ افزایش در قابلیت هضم ماده خشک گزارش شد (Kamali, 2009). ونتورا و همکاران (Ventura *et al.*, 2009) در نتایج آزمایشات خود مقادیر ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر بوته گوجه‌فرنگی را به‌ترتیب ۱۷/۷، ۷/۴، ۴۵/۷، ۳۶/۶ و ۱۸/۱٪ ثبت کردند. گزارش‌هایی مبنی بر بهبود شرایط تخمیر سیلاژ در صورت افزودن مکمل‌های باکتریایی به سیلاژ منتشر شده‌اند (Dehghani *et al.*, 2020). تحقیق حاضر جهت تعیین ترکیبات شیمیایی، میزان تولید گاز، پارامترهای تخمیر و میزان قابلیت هضم ماده خشک و همچنین بررسی ارزش غذایی سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی در تغذیه دام انجام شد.

مواد و روش

عمل‌آوری بوته گوجه‌فرنگی

کارهای آزمایشگاهی و تهیه مینی‌سیلوهای مورد آزمایش در مرکز آزمایشگاهی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شدند. بوته‌های گیاه گوجه‌فرنگی جمع‌آوری شده از مزارع گلخانه‌ای تولید گوجه‌فرنگی شهرستان جلفا در استان آذربایجان شرقی، توسط علف خردکن به قطعات ۳ تا ۵ سانتی‌متری خرد شدند و سپس مقادیر لازم از افزودنی‌های میکروبی اضافه گردید. افزودنی‌های میکروبی مد نظر و مقادیر مورد استفاده در این آزمایش شامل ۱- افزودنی باکتریایی با نام تجاری SiloLact، محصول شرکت پردیس رشد مهرگان کشور ایران، حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاریوم*، *باسیلوس اسیدوفیلوس* و *دکستروز مونوهیدرات* (به‌ازای هر گرم علوفه 10^6 واحد تشکیل‌دهنده‌ی کلنی اضافه شد)، ۲- سایلولاکت آنزیمی با نام تجاری enzymatic-SiloLact محصول شرکت پردیس رشد مهرگان کشور ایران، حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاریوم*، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، آنزیم سلولاز، زایلاز و دکستروز مونوهیدرات (به‌ازای هر گرم علوفه 10^6 واحد تشکیل‌دهنده‌ی کلنی اضافه شد) و ۳- افزودنی سیلووان حاوی *لاکتوباسیلوس بوکنری*، *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *انتروکوکوس فاسیوم*، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *پدیوکوکوس اسیدی لاکتیسی* به‌میزان 10^{10} CFU/g به‌همراه مولتی‌آنزیم بودند که بر اساس مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده با آب مخلوط و به‌صورت اسپری بر روی علوفه‌های خردشده اضافه شدند. طول مدت سیلوکردن ۶۰ روز بود. در این آزمایش، از سیلوهایی آزمایشگاهی با ظرفیت سه لیتری و یک شیر جهت خروج شیرابه‌های سیلویی تعبیه شده در پایین هر سیلو استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی بدون افزودنی، ۲) سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سیلولاکت آنزیمی حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و حاوی آنزیم‌های سلولاز و زایلاناز، ۳) سیلولاکت غیر آنزیمی، و ۴) افزودنی سیلووان حاوی *لاکتوباسیلوس بوخنری* و *انتروکوکوس فاسیوم*.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی و پارامترهای تخمیر

برای آنالیز تقریبی، نمونه‌های خشک‌شده توسط آسیاب با غربال یک میلی‌متری آسیاب شدند. میزان ماده خشک، میزان پروتئین خام (محتوای نیتروژن)، میزان خاکستر و چربی خام (عصاره اتری) بر اساس روش‌های توصیه‌شده توسط AOAC (AOAC, 2019) و آنالیزهای مربوط به NDF (الیاف نامحلول در شوینده خنثی) و ADF (الیاف نامحلول در شوینده اسیدی) طبق روش توصیه شده ون سوست (Van Soest *et al.*, 1991) اندازه‌گیری شدند. مقدار ۳۰ گرم از نمونه به‌همراه ۲۷۰ سی‌سی آب مقطر به‌وسیله مخلوط‌کن برقی مخلوط شد. سپس به‌وسیله‌ی صافی صاف گردید و عصاره حاصل جهت تعیین pH با استفاده از pHمتر (ساخت Metrohm مدل ۸۲۷)، اسیدهای چرب فرار، اسید لاکتیک، نیتروژن آمونیاکی و کربوهیدرات‌های محلول مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری کل اسیدهای چرب فرار از دستگاه Markham Still در دو مرحله تقطیر و تیتراسیون استفاده شد. در مرحله تقطیر، ۵ میلی‌لیتر عصاره

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

سیلاژ جمع‌آوری شده همراه با ۱۰ میلی‌لیتر سولفات منیزیوم اشباع شده در اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به دستگاه تقطیر تزریق شد و بخارات حاصل پس از تقطیر جمع‌آوری شدند (حدود ۵۰ میلی‌لیتر). بلافاصله با افزودن چند قطره معرف فنل‌فتالین و با سود ۰/۰۵ نرمال تیتراسیون صورت گرفت (Markham, 1942). تعیین میزان ازت آمونیاکی سیلاژ به‌روش توصیه شده توسط برودریک و کانگ (Broderick & Kang, 1980)، تعیین میزان اسید لاکتیک از روش توصیه شده توسط بورش‌چویسکایاه و همکاران (Borshchevskaya *et al.*, 2016) و تعیین کربوهیدرات‌های محلول از روش توصیه شده توسط دوبیوس و همکاران (Dubois *et al.*, 1956) با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری با طول موج به‌ترتیب ۶۳۰ و۴۸۰،۵۷۰ نانومتر انجام گرفت.

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

جهت اندازه‌گیری تولید گاز از روش فدوراک و هرودی (Fedorah & Hrudey, 1983) استفاده شد. در روش فوق، میزان جابه‌جایی مایع در داخل لوله آزمایشی U شکل که متصل به شیشه‌های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراک هستند، معرف میزان تولید گاز است. در این روش، ابتدا مواد خوراکی توسط آسیاب با قطر منافذ الک ۲ میلی‌متری به‌صورت یکنواخت آسیاب شدند. مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم از هر خوراک آسیاب شده با دقت توزین و به داخل شیشه‌های سرم استیل ۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. برای هر تیمار در هر ساعت ۵ تکرار در نظر گرفته شد. مایع شکمبه حدود ۲ ساعت بعد از تغذیه وعده صبحگاهی از گوسفندان کانولا گذاری شده که به‌مدت یک‌ماه با جیره‌های حاوی ۶۰ درصد مواد متراکم و ۴۰ درصد مواد خشبی تغذیه شده بودند، توسط پارچه توری چهارلایه جمع‌آوری شد و در داخل فلاسک سریعاً به آزمایشگاه منتقل شد. قبل از انتقال مایع شکمبه به داخل شیشه‌های سرم، با بافر تهیه شده به‌روش (McDougall, 1948) به نسبت ۱ به ۲ (یک قسمت مایع شکمبه و دو قسمت بافر) مخلوط شد. شیشه‌های سرم قبل از انتقال مایع شکمبه و بافر، جهت جلوگیری از شوک حرارتی، به‌مدت نیم ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد باید گرم شوند. در هر شیشه حاوی تیمار آزمایشی، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط مایع شکمبه و بافر افزوده شد و بعد از بی‌هوازی نمودن داخل شیشه‌ها توسط دی‌اکسیدکربن، درب شیشه‌ها توسط درپوش پلاستیکی و پرس فلزی به‌طور محکم بسته شد. به‌منظور تصحیح گاز تولیدی با منشأ مایع شکمبه، تعداد پنج عدد شیشه بدون آن که نمونه ریخته شود و فقط مایع شکمبه باشد در نظر گرفته شد. کل شیشه‌ها جهت اندازه‌گیری گاز تولیدی به داخل دستگاه انکوباتور شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. عمل قرائت و ثبت میزان گاز تولیدی ناشی از تخمیر مواد غذایی در ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت بعد از عمل انکوباسیون انجام گرفت.

به‌منظور تعیین فراسنجه‌های تولید گاز از معادله از مدل ارسکوف و مکدونالد (Ørskov & McDonald, 1979) استفاده شد. به این منظور، از معادله $P = A\ (1 - e^{-ct})$ برای تطبیق داده‌های حاصل از تولید گاز استفاده شد. در این معادله، P: تولید گاز در زمان t، A: پتانسیل تولید گاز، c: نرخ تولید گاز، t: زمان تخمیر و e: عدد ثابت نپرین (۲/۷۱۸) هستند.

اندازه‌گیری قابلیت هضم به‌روش آزمایشگاهی

جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم نمونه‌های مورد آزمایش از روش هولدن (Holden, 1999) استفاده شد. در این روش، مایع شکمبه موردنیاز حدود ۲ ساعت بعد از خوراک‌دهی وعده صبحگاهی از دو راس گوسفند فیستوله‌گذاری شده که به‌مدت یک‌ماه با جیره‌های حاوی ۶۰ درصد مواد متراکم و ۴۰ درصد مواد خشبی تغذیه شدند، توسط پارچه توری چهارلایه جمع‌آوری و در داخل فلاسک حاوی دی‌اکسیدکربن سریعاً به آزمایشگاه منتقل شد. ابتدا مواد خوراکی مورد آزمایش توسط آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس با الک ۲ میلی‌متری آسیاب شدند. نمونه‌ها در کیسه‌های بدون نیتروژن و بدون خاکستر ریخته شدند. در این روش، برای تهیه بافر مورد نیاز از دو محول A (۱۰ گرم KH_2PO_4، ۰/۵ گرم $MgSO_4$ ۷ آبه، ۰/۵ گرم NaCl، ۰/۱ گرم $CaCl_2$ یک آبه و ۱ گرم اوره و به حجم یک لیتر رسید) و محلول B (۱۵ گرم Na_2Co_3 و ۱ گرم Na_2S ۹ آبه که به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید) استفاده شد که ۲۰ میلی‌لیتر از محلول B به یک لیتر محلول A اضافه شد و به دمای ۳۹ درجه سانی‌گراد رسید. از چهار تکرار برای هر نمونه استفاده شد. کیسه‌ها به‌همراه ۱۴۰۰ میلی‌لیتر بافر و ۴۰۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه در داخل مخازن قرار گرفتند و برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۸ درجه انکوبه گردیدند. پس از ۴۸ ساعت، ۴۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ نرمال به‌همراه ۸ گرم پپسین به داخل مخازن اضافه شد و برای ۲۴ ساعت دیگر در همان دما انکوبه گردید. در انتها، کیسه‌های حاوی نمونه و کیسه‌های خالی (جهت تخمین آلودگی میکروبی) در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و محاسبات لازم جهت تعیین قابلیت هضم آزمایشگاهی صورت گرفت.

برآورد پارامترهای تخمینی تغذیه‌ای با روش تولید گاز

انرژی قابل متابولیسم (ME)، انرژی ویژه شیردهی (NE_L) و درصد ماده آلی قابل هضم (OMD) نمونه‌ها با استفاده از معادلات ارائه شده توسط منکی و همکاران (Menke & Steingass, 1988; Menke *et al.*, 1979) محاسبه گردیدند. مقادیر اسیدهای چرب کوتاه زنجیره (SCFA) بر اساس معادله گتاچیو و همکاران (Getachew *et al.*, 2002) تعیین شدند.

$$ME\ (MJ/Kg\ DM) = 2/2 + (0/136 \times GP) + (0/057 \times CP) + (0/002859 \times CF2)$$

$$NEL\ (MJ/Kg\ DM) = (0/101 \times GP) + (0/051 \times CP) + (0/11 \times CF)$$

$$OMD\ (\%DM) = 14/88 + (0/8893 \times GP) + (0/448 \times CP) + (0/651 \times ash)$$

$$SCFA\ (m\ mol/200\ mg\ DM) = (0/0222 \times GP) - 0/00425$$

در این معادلات، GP: تولید گاز در ۲۴ ساعت، CP: پروتئین خام، CF: چربی خام، و ash: خاکستر هستند.

ارزیابی ظاهری

همزمان با بازکردن سیلو، ارزیابی کیفیت ظاهری مواد سیلوشده بر اساس رنگ (بدون تغییر رنگ، تغییر رنگ به قهوه‌ای یا زرد) از صفر تا دو امتیاز، برای بو (بوی مطبوع تخمیر، بوی شدید فساد و کپک‌زدگی) از صفر تا چهارده امتیاز و برای

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

ساختار (لزج بودن، کپک‌زدگی) از صفر تا ۴ امتیاز به‌روش حسی انجام شد. در نهایت، بر اساس مجموع داده‌ها نمره صفر تا چهار بد و غیرقابل استفاده، پنج تا نه متوسط، ده تا پانزده خوب و شانزده تا بیست خیلی خوب ارزیابی شدند (Eliş & Özyazıcı, 2019).

پایداری هوازی

جهت اندازه‌گیری پایداری هوازی از روش توصیه شده توسط نیشینو و همکاران (Nishino *et al.*, 2004) استفاده شد. بر این اساس، مقدار ۵۰۰ گرم از مخلوط سیلاژهای هر تکرار در داخل سطل‌های پلاستیکی قرار داده شد و با پارچه توری نازک پوشانده شدند. دو دماسنج در محیط اطرف و یک دماسنج در وسط هر سطل در داخل توده سیلویی قرار داده شدند و هر سه ساعت یکبار دمای سیلاژ و محیط اندازه‌گیری شد.وقتی دمای سیلاژ به‌میزان ۲ درجه بیشتر از دمای محیط رسید، سیلاژها به‌عنوان سیلاژ فاسد و کپک زده در نظر گرفته شدند.

آنالیز آماری

نتایج حاصل از آزمایش در محیط نرم‌افزار آماری SAS با رویه GLM و با استفاده از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها (در سطح ۵ درصد) در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مدل آماری طرح به‌شکل زیر است.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

که در این مدل Y_{ij}، μ، T_i و e_{ij} به‌ترتیب مقدار هر مشاهده، میانگین کل آزمایش، اثر تیمار و خطای آزمایشی هستند.

نتایج و بحث

تأثیر افزودنی‌های باکتریایی بر ترکیب شیمیایی سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی در جدول ۱ گزارش شده است. نتایج آزمایش نشان دادند که افزودنی‌های باکتریایی سایلووان و سایلولاکت غیرآنزیمی تأثیر بسیار معنی‌داری بر pH تیمار سیلوشده داشتند و افزودنی سایلولاکت و سایلووان باعث کاهش pH نسبت به تیمار شاهد شد. با توجه به نتایج آزمایش، بیش‌ترین میزان ماده خشک مربوط به تیمار بوته گوجه‌فرنگی بدون افزودنی میکروبی بود. هیچ‌کدام از افزودنی‌های استفاده شده تأثیری بر میزان افزایش ماده خشک سیلاژها نداشتند، به‌جز افزودنی سایلووان که به‌مقدار جزئی ولی معنی‌دار باعث افزایش میزان ماده خشک نسبت به تیمار شاهد شد. از نظر میزان پروتئین خام بین سیلوهای تیمارشده با افزودنی‌های میکروبی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. سیلاژ تیمارشده با افزودنی سایلووان میزان پروتئین خام بیشتری نسبت به بقیه تیمارها و شاهد داشت. افزودنی‌های مورد استفاده در این آزمایش میزان چربی خام سیلاژها را تحت تأثیر قرار ندادند. بیشترین مقدار چربی خام مربوط به تیمار شاهد (۵/۳۱) و کمترین مقدار مربوط به تیمار سیلو شده با سایلووان (۳/۱۳) درصد بود. استفاده از افزودنی‌های سایلولاکت آنزیمی و سایلووان در سیلاژهای بوته گوجه‌فرنگی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی سیلاژ را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد و افزودنی سایلولاکت میزان الیاف نامحلول در شویندی اسیدی سیلاژ را نسبت به تیمار شاهد به‌میزان کم افزایش داد. عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 2021) مقادیر ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، لیگنین و خاکستر بوته گوجه‌فرنگی را به‌ترتیب ۲۳/۱، ۱۳/۲، ۳۸/۱، ۲۶/۱، ۱۲/۲ و ۲۱/۴٪ ماده خشک گزارش کرد. در آزمایش دیگر عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2015) میزان ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر بوته گوجه‌فرنگی را به‌ترتیب ۲۱/۷، ۱۳/۶ و ۱۸/۲۸٪ گزارش کردند. در آزمایش صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2012)، تأثیر افزودنی باکتریایی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بر سیلاژ ذرت تفاوت معنی‌داری در pH با تیمار شاهد نشان نداد ولی افزودنی باکتریایی بیوتال حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *پدیوکوکوس* در سیلاژ ذرت باعث افزایش میزان pH نسبت به تیمار شاهد شد. با افزودن دو نوع باکتری *P. pentosaceus 6.16* و *P. acidici 10.6* به سیلاژ یونجه پس از یک دوره ۲۸ روزه، اختلاف معنی‌داری در مقدار pH نسبت به تیمار شاهد وجود داشت (Silva *et al.*, 2016). فیلیا و همکاران (Filya *et al.*, 2006) با بررسی تأثیر افزودنی حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *پروپیونی باکتریوم* و مخلوط این دو افزودنی بر روی علوفه ذرت و سورگوم تفاوتی در مقدار pH تیمارهای موردمطالعه گزارش نکردند. گالو و همکاران (Gallo *et al.*, 2021) نیز با افزودن انواع باکتری‌های *لاکتوباسیل* به‌مدت ۳۰ و ۱۲۰ روز، گزارش کردند که pH سیلوها تحت تأثیر افزودنی میکروبی قرار نگرفت. مشایخی و قربانی (Mashaykhi & Ghorbani, 2005) تأثیر افزودنی باکتریایی را بر روی سیلاژ علوفه نی مورد بررسی قرار دادند که در این مطالعه افزودنی باکتریایی تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین خام سیلاژ علوفه نی نداشت. همچنین، در بررسی اثرات افزودنی باکتریایی بر سیلاژ ذرت گزارش شد که افزودنی باکتریایی تأثیری بر بهبود میزان ماده خشک و پروتئین خام سیلاژ نسبت به تیمار شاهد نداشت (Sadeghi *et al.*, 2012). بایتوک و همکاران (Baytok *et al.*, 2005) در مطالعه خود هیچ تأثیری از افزودنی‌های باکتریایی بر میزان پروتئین خام سیلاژ ذرت مشاهده نکردند. در آزمایش مشابه انجام شده توسط گالو و همکاران (Gallo *et al.*, 2021) افزودنی‌های باکتریایی بر روی سیلاژ علوفه ذرت تأثیری بر مقادیر خاکستر و چربی خام تیمارها نداشت. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2012) گزارش کردند که الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی تحت تأثیر افزودنی‌های باکتریایی قرار نگرفت که با نتایج این آزمایش مطابقت ندارد. در آزمایش دیگری توسط رنجیت و کانگ (Ranjit & Kung, 2000) افزودن *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به سیلاژ ذرت منجر به کاهش NDF آن نسبت به تیمار شاهد گزارش شد. افزودنی باکتریایی *لاکتوباسیلوس بوکنری* باعث افزایش عددی در میزان NDF نسبت به تیمار شاهد شد. دلیل این افزایش مصرف قندهای محلول است که باعث افزایش نسبت الیاف در سیلاژ می‌گردد (Mohammadzadeh *et al.*, 2014). در مطالعه زهیرودینی و همکاران (Zahiroddini *et al.*, 2004)، گزارش شد که در سیلاژ یونجه میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بر اثر افزودنی باکتریایی نسبت به تیمار شاهد کاهش عددی داشت. خوروش و همکاران و سیلوا و همکاران (Khorvash *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2016)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

نیز در آزمایشات خود، کاهش در میزان ADF را بر اثر استفاده از افزودنی‌های باکتریایی گزارش نمودند.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی تیمارهای سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی (درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of ensiled tomato shoot (% DM)

ADF%	NDF%	ASH%	EE%	CP%	DM%	pH (mg/dl)	Item
22.39^{a}	55.31^{a}	21.44^{b}	4.44^{ab}	16.96	15.02^{a}	6.2^{a}	A
18.17^{cb}	49.59^{ab}	23.33^{ab}	5.31^{a}	15.69	11.16^{bc}	6^{ab}	B
20.26^{ab}	44.16^{b}	23.44^{a}	4.36^{ab}	19.96	10.2^{dc}	5.8^{b}	C
19.52^{b}	55.31^{a}	24.44^{a}	5.00^{a}	15.65	9.66^{d}	5.4^{c}	D
16.12^{c}	42.99^{b}	23.99^{a}	3.13^{b}	18.13	12.13^{b}	5.3^{c}	E
0.82	2.07	0.6	0.4	1.14	0.44	0.09	SEM
0.0035	0.0039	0.0448	0.0272	0.5438	<0.0001	0.0002	P-value

تیمار A: بوته تازه گوجه‌فرنگی بدون سیلاژشدن، تیمار B: شاهد (سیلاژ بدون افزودنی)، تیمار C: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلولاکت آنزیمی، تیمار D: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلولاکت غیر آنزیمی، تیمارE: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلووان، DM: ماده خشک، CP: پروتئین خام، EE: چربی خام، ASH: خاکستر خام، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، SEM: خطای استاندارد میانگین، P-value: سطح معنی‌داری

با توجه به داده‌های گزارش شده در جدول ۲، میزان کل اسیدهای چرب فرار در تیمارهای سیلوشده با افزودنی باکتریایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت اما تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. در آزمایش فیلیا و همکاران (Filya *et al.*, 2007)، تأثیر ۱۴ نوع افزودنی میکروبی بر روی سیلاژ یونجه مورد بررسی قرار گرفت، و گزارش شد که تمامی افزودنی‌ها سبب افزایش اسیدهای چرب فرار گردید. چاربل و همکاران (Charbel *et al.*, 2005) گزارش کردند که مقدار کل اسیدهای چرب فرار در سیلاژ تیمارشده با *لاکتوبایسلوس پلانتاروم* نسبت به تیمار شاهد در تمام مدت سیلوکردن به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. نتایج این آزمایش نشان می‌دهند که بین تیمارها در میزان کربوهیدرات‌های محلول اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. صادقی و همکارن (Sadeghi *et al.*, 2012) گزارش کردند که مقادیر کربوهیدرات‌های محلول و اسید لاکتیک در تیمارهای سیلوشده با افزودنی میکروبی حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند. همچنین بیان کردند که افزودنی باکتریایی بیوتال حاوی *پدیوکوکوس* باعث افزایش ازت آمونیاکی سیلاژ ذرت نسبت به تیمار شاهد گردید (P<۰/۰۵). دریهیوس و همکاران (Driehuis *et al.*, 2001) گزارش کردند که افزودنی باکتریایی بوکنری بر روی سیلاژ علوفه چاودار باعث کاهش میزان کربوهیدرات محلول نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین، در آزمایشی تأثیر افزودنی باکتریایی *لاکتوباسیلوس بوکنری* بر روی سیلاژ ذرت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که افزودنی باکتریایی *لاکتوباسیلوس بوکنری* در سطح بالاتر باعث کاهش در میزان کربوهیدرات محلول نسبت به تیمار شاهد شد اما در سطوح پایین‌تر تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد (Kung *et al.*, 2000). همان‌طور که در جدول ۲ گزارش شده است، میزان اسیدلاکتیک در تیمارهایی که افزودنی باکتریایی حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *بوخنری* دریافت کردند، افزایش یافت اما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. فیلیا (Filya, 2003) گزارش کرد که سیلاژهایی که ترکیب افزودنی باکتریایی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *بوکنری* دریافت کردند، میزان اسید لاکتیک بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. میزان نیتروژن آمونیاکی در تیمارهای سیلوشده با افزودنی باکتریایی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس بوخنری* کمتر از تیمار شاهد بود و تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده شد (P< ۰/۰۵). تیمار سیلوشده با افزودنی سیلولاکت غیرآنزیمی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. در مطالعه خداوردی و همکاران (Khodaverdi *et al.*, 2014)، تفاوت معنی‌داری در مقادیر pH و نیتروژن آمونیاکی بوته گوجه‌فرنگی خشک شده و سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی وجود نداشت. ژانگ و همکاران و گوموش و همکاران (Gümüş & Aktürk, 2020; Zhang *et al.*, 2021) گزارش کردند که افزودن باکتری‌های لاکتوباسیل همگن به سیلو تأثیری بر میزان ازت آمونیاکی سیلاژ ذرت و یونجه نداشت. فیلیا (Filya, 2003) گزارش کرد که میزان نیتروژن آمونیاکی در تیمارهای سیلوشده با افزودنی میکروبی حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *بوکنری* پایین‌تر از تیمار شاهد بود.

جدول ۲- تأثیر افزودنی باکتریایی بر تخمیر سیلوی بوته گوجه‌فرنگی

Table 2. The effect of bacterial additive on fermentation parameters of ensiled tomato shoot

Items				
Lactic acid اسید لاکتیک (mg/dl)	Ammonia nitrogen نیتروژن آمونیاکی (mg/dl)	Water-soluble carbohydrate کربوهیدرات محلول (mmol/l)	Volatile fatty acids اسیدهای چرب فرار (mmol/l)	
0.47	2.11^{a}	1.27	25	A
0.65	0.533^{b}	1.21	27	B
0.68	2.01^{a}	1.24	26.5	C
0.69	0.59^{b}	1.32	25.5	D
0.07	0.36	0.06	0.79	SEM
0.257	0.022	0.703	0.33	P-value

تیمار A: شاهد (سیلاژ بدون افزودنی)، تیمار B: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سیلولاکت آنزیمی، تیمار C: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سیلولاکت غیر آنزیمی، تیمار D: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سیلووان، SEM: خطای استاندارد میانگین، P-value: سطح معنی‌داری

نتایج تولید گاز حاصل از تخمیر در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت انکوباسیون و نیز فراسنجه‌های تولید گاز (a و c) سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی در جدول ۳ گزارش شده‌اند. افزودنی‌های باکتریایی سایلووان و سایلولاکت آنزیمی حاوی

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

ترکیبات *لاکتوباسیلوس پلانتروم* و *لاکتوباسیلوس بوخنری* در ساعات اولیه آزمایش اختلافات معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند. افزودنی سایلولاکت غیر آنزیمی در تمام ساعات به‌جزء ساعات ۲، ۴۸ و ۷۲ میزان گاز تولیدی کمتری نسبت به تیمار شاهد داشت. در ساعات نهایی انکوباسیون، بین تیمارهای سیلوشده با سایلولاکت آنریمی و سایلوولان با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری گزارش شد ($P < ۰/۰۵$). بیشترین میزان گاز تولیدی در ساعات اولیه (۲ تا ۱۲) مربوط به تیمار افزودنی سایلووان بود ولی در ساعات آخر انکوباسیون مربوط به تیمار سایلولاکت آنزیمی بود. دلیل این افزایش تولید گاز را می‌توان به بالابودن کربوهیدرات‌ها نسبت به تیمار شاهد بیان کرد. میزان تولید گاز بوته خام گوجه‌فرنگی در ۱۲ ساعت اولیه انکوباسیون بالاتر از تیمارهای سیلوشده بود و در ساعات نهایی انکوباسیون میزان تولید گاز کمتری نسبت به تیمارهای سیلوشده داشت. در کل، تیمارهای فرآوری‌شده با افزودنی باکتریایی میزان گاز تولیدی را افزایش دادند. در آزمایش فیلیا و همکاران (Filya *et al.*, 2007) از ۱۴ نوع افزودنی باکتریایی استفاده شده در سیلاژ یونجه، دو نوع افزودنی تولید گاز مشابهی با تیمار شاهد داشتند و بقیه افزودنی‌ها گاز کمتری تولید کردند. حق‌پرور و همکاران (Haghparvarr *et al.*, 2012) تأثیر افزودنی باکتریایی *ال–پلانتروم* به سیلاژ ذرت، افزایش حجم گاز تولیدی را در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد در شرایط آزمایشگاهی تا ۹۶ ساعت، گزارش کردند. افزودنی‌های استفاده‌شده در سیلاژها نسبت به تیمار شاهد پتانسیل تولید گاز (b) را افزایش و نرخ تخمیر (c) را کاهش دادند.

جدول ۳- تأثیر افزودنی باکتریایی بر تولید گاز سیلاژهای بوته گوجه‌فرنگی (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک)
Table 3. The effect of bacterial additive on the gas production of ensiled tomato shoot (ml g^{-1} DM)

P-value	SEM	تیمارهای آزمایشی Treatments					ساعت انکوباسیون Incubation time
		E	D	C	B	A	
0.417	2.11	55.1	53.9	52.7	49.5	52.0	2
0.0001	2.10	101.4^{a}	93.9^{c}	101.3^{b}	101.0^{a}	112.4^{a}	4
0.0001	2.38	131.3^{b}	120.4^{c}	130.9^{b}	129.9^{b}	145.9^{a}	6
0.0001	2.51	155.1^{b}	143.0^{c}	154.1^{b}	152.4^{b}	170.7^{a}	8
0.0001	2.15	187.9^{a}	172.3^{b}	187.3^{a}	185.1^{a}	192.0^{a}	12
0.0016	2.83	221.3^{b}	216.7^{cb}	230.5^{a}	223.0^{ab}	211.2^{c}	24
<0.0001	2.34	255.1^{a}	244.7^{b}	255.4^{a}	237.1^{b}	228.0^{d}	48
<0.0001	3.37	270.0^{a}	263.0^{a}	271.9^{a}	251.7^{b}	241.1^{c}	72
<0.0001	2.51	259.5^{ab}	254.1^{b}	261.9^{a}	242.4^{c}	227.6^{d}	A
<0.0001	0.0026	0.0989^{c}	0.0864^{d}	0.1011^{c}	0.1223^{b}	0.1773^{a}	C

تیمار A: بوته تازه گوجه‌فرنگی بدون سیلاژشدن، تیمار B: شاهد (سیلوی بدون افزودنی)، تیمار C: سیلوی بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلولاکت آنزیمی، تیمار D: سیلوی بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلو لاکت غیر آنزیمی، تیمارE: سیلوی بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلووان، A: پتانسیل تولید گاز، C: نرخ تخمیر، SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، P-value: سطح معنی‌داری

نتایج داده‌های حاصل از فراسنجه‌های تخمینی تولید گاز در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، میزان انرژی ویژه شیردهی، ماده آلی قابل هضم و اسیدهای چرب زنجیره کوتاه تحت تأثیر اعمال فرآوری و افزودنی باکتریایی قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری بین سیلوهای تیمارشده با افزودنی‌های باکتریایی وجود داشت. با توجه به این‌که این موارد تخمینی تحت تأثیر میزان تولید گاز در ۲۴ ساعت و همچنین ترکیب شیمیایی خوراک قرار دارند، این تفاوت بین تیمارها قابل توجیه است. ناصریان و همکاران (Naserian *et al.*, 2018) میزان ناپدیدشدن ماده خشک آزمایشگاهی، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیره بوته گوجه‌فرنگی برداشت شده از سطح مزرعه را به‌ترتیب ۴۶/۲۶ درصد، ۷۵/۱۷ درصد و ۰/۷۰۸ میلی‌مول گزارش کردند.

جدول ۴- تأثیر افزودنی باکتریایی بر فراسنجه‌های تخمینی تولید گاز سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی
Table 4. The effect of bacterial additive on gas production parameters of ensiled tomato shoot

اسیدهای چرب زنجیر کوتاه Short-chain fatty acids (mmol 0.2 g^{-1} DM)	ماده آلی قابل هضم Digestible organic matter (%)	انرژی ویژه شیردهی Net energy of lactation (MJ kg^{-1} DM)	انرژی قابل متابولیسم Metabolizable energy (MJ/Kg DM)	تیمارها Treatments
0.92^{c}	11.10^{a}	5.61^{c}	7.16	A
0.97^{ab}	9.15^{c}	5.88^{ab}	9.23	B
1.01^{a}	8.02^{d}	5.99^{a}	9.48	C
0.95^{cb}	7.37^{e}	5.72^{cb}	9.05	D
0.96^{cb}	9.39^{b}	5.68^{c}	9.50	E
0.013	0.068	0.062	.78	SEM
0.0049	< 0.0001	0.0017	0.2213	P-value

تیمار A: بوته تازه گوجه‌فرنگی بدون سیلاژشدن، تیمار B: شاهد (سیلاژ بدون افزودنی)، تیمار C: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلولاکت آنزیمی، تیمار D: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلولاکت غیر آنزیمی، تیمار E: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلووان

میانگین داده‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک در شکمبه و کل دستگاه گوارش در جدول ۵ گزارش شده است. میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک بوته گوجه‌فرنگی بدون افزودنی در شکمبه با ۷۵/۱۲ درصد بیشترین مقدار را در بین تیمارها داشت. تیمار سیلوشده با افزودنی سیلووان اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد و افزودنی سیلولاکت باعث کاهش میزان تجزیه‌پذیری سیلاژ نسبت به تیمار شاهد شد. کمترین میزان تجزیه‌پذیری مربوط به تیمار سیلوشده با افزودنی سیلولاکت غیرآنزیمی با ۶۴/۶ درصد بود. میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک بوته گوجه‌فرنگی در کل دستگاه گوارش بیشترین مقدار را داشت و تیمارهای سیلوشده با افزودنی‌های باکتریایی اختلافات معنی‌داری با تیمار شاهد در میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک در کل دستگاه گوارش نشان ندادند. فیلیا (Filya, 2003) گزارش کرد که استفاده از افزودنی *ال–بوکنری* و ترکیب با افزودنی *ال–پلانتاروم* تأثیری بر روی قابلیت هضم مؤثر درون شبکه‌ای ماده خشک سیلاژ ذرت و سورگوم نداشت. همچنین فیلیا و همکاران (Filya *et al.*, 2006) در مطالعه دیگر بیان کردند که افزودنی باکتریایی تخمیرکننده همگن بر سیلاژ گندم هیچ

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

تأثیری در قابلیت هضم ماده خشک سیلاژ نداشت. در آزمایش سیلاژ ارزن گزارش شد که قابلیت هضم ماده خشک در تیمار افزودنی باکتریایی بسیار پایین بود. نشان داده شد که افزودنی باکتریایی بر روی تجزیه‌پذیری اثر خیلی کمی داشت و یا هیچ تأثیری بر روی تجزیه‌پذیری نداشت (Aksu *et al.*, 2006). صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2012) گزارش کردند که افزودنی‌های باکتریایی حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *پدیوکوکوس* در سیلاژ ذرت باعث کاهش قابلیت تجزیه‌پذیری ماده خشک نسبت به تیمار شاهد شد و دلیل کاهش در تجزیه‌پذیری را به فعالیت بالاتر افزودنی باکتریایی در pH پایین نسبت به جمعیت اپی‌فایتیک موجود در تیمار شاهد نسبت دادند. بشارتی و همکاران (Besharati *et al.*, 2019) در آزمایشی گزارش کردند که کمترین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک مربوط به تیمار سیلوشده با افزودنی باکتریایی به‌تنهایی و ترکیب با ملاس بود و علت کمتر بودن میزان قابلیت هضم در صورت افزودنی باکتریایی را افزایش جمعیت باکتری‌ها و پروتئین میکروبی گزارش کردند که موجب بروز خطا در محاسبه می‌شود. حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2019) در نتایج آزمایشات خود گزارش کردند که افزودنی میکروبی بایواسابیل مایز بر روی سیلاژ ذرت نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش قابلیت تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ شد.

جدول ۵- قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده خشک و پروتئین خام شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارش سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با روش هولدن
Table 5. Ruminal and total digestive tract disappearance of dry matter and crude protein of ensiled tomato shoot by Holden's method

ماده خشک	تیمارهای آزمایشی Treatments					SEM	P-value
	A	B	C	D	E		
ناپدیدشدن شکمبه‌ای	75.1^{a}	71.5^{b}	66.7^{c}	64.6^{c}	71.9^{b}	0.85	<0.0001
ناپدیدشدن کل دستگاه گوارش	92.1^{a}	86.7^{b}	86.1^{b}	86.6^{b}	83.7^{b}	1.38	0.0095
پروتئین خام							
ناپدیدشدن شکمبه‌ای	48.2^{b}	62.2^{a}	63.0^{a}	53.8^{b}	63.6^{a}	1.96	0.0008
ناپدیدشدن کل دستگاه گوارش	83.9	83.9	81.7	76.1	82.5	5.37	0.5138

تیمار A: بوته تازه گوجه‌فرنگی بدون سیلاژشدن، تیمار B: شاهد (سیلاژ بدون افزودنی)، تیمار C: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلولاکت آنزیمی، تیمار D: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلولاکت غیر آنزیمی، تیمار E: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سایلووان، SEM: خطای استاندارد، P-value: سطح معنی‌داری

میانگین داده‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام سیلاژهای عمل‌آوری شده بوته گوجه‌فرنگی در شکمبه و کل دستگاه گوارش در جدول ۵ ارائه شده است. بیشترین میزان تجزیه پروتئین خام در شکمبه مربوط به تیمار افزودنی سایلولاکت آنزیمی و سایلووان بود و تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند. تیمار شاهد و افزودنی سایلولاکت بیشترین میزان تجزیه پروتئین را در کل دستگاه گوارش داشتند و در کل، تیمارهایی که افزودنی دریافت کرده بودند تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند. حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2019) گزارش کردند که افزودنی میکروبی بایواستابیل مایز میزان ناپدیدشدن پروتین خام را در شکمبه نسبت به تیمار شاهد افزایش داد اما در کل دستگاه گوارش تیمار حاوی افزودنی نسبت به تیمار شاهد کاهش ولی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. امتیاز ارزشیابی ظاهری سیلاژهای عمل‌آوری شده بوته گوجه‌فرنگی در جدول ۶ ارائه شده است و با توجه به نتایج گزارش‌شده، سیلاژهای بوته گوجه‌فرنگی تحت تأثیر افزودنی‌های باکتریایی قرار گرفتند ($p < ۰/۰۵$). با توجه به نتایج بدست آمده در خصوص امتیاز ارزشیابی ظاهری بوته گوجه‌فرنگی سیلاژشده، افزودن سه مکمل باکتریایی سیلولاکت، سیلولاکت آنزیمی و همچنین سیلووان موجب بهبود و افزایش نمره ارزشیابی بوته گوجه‌فرنگی شده است.

جدول ۶- ارزشیابی ظاهری سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی
Table 6. Physical examination and the silage quality class of ensiled tomato shoot

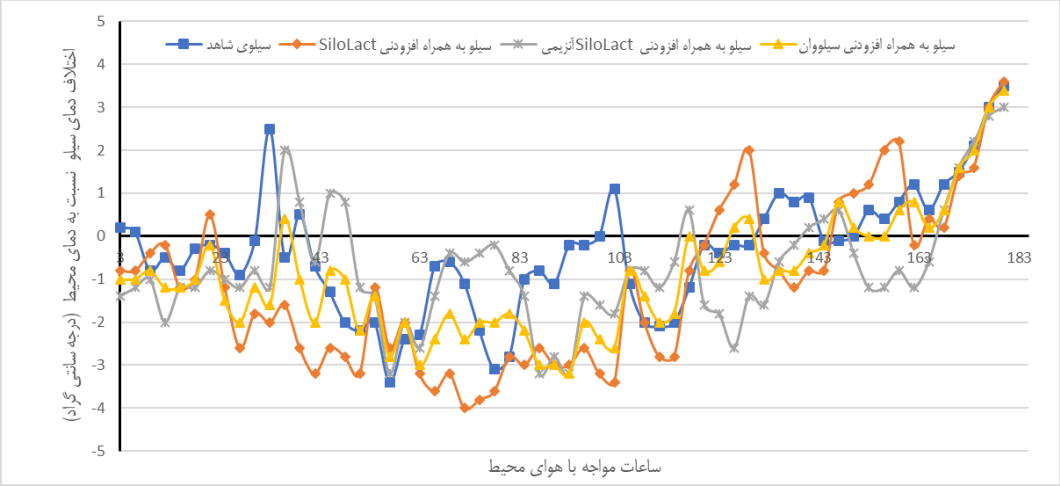
تیمار	بو (۱۴ امتیاز) Odor (14 score)	ساختار (۴ امتیاز) Structure (4 score)	رنگ (۲ امتیاز) Color (2 score)	نمره کل (۲۰ امتیاز) Sum (20 score)	کلاس کیفی Quality class
A	7.3^{b}	2.0^{b}	2.0	11.3^{b}	قابل قبول Medium
B	8.6^{a}	4.0^{a}	2.0	14.6^{a}	خوب Good
C	9.0^{a}	3.3^{a}	1.6	14.0^{a}	خوب Good
D	7.6^{b}	3.6^{a}	2.0	13.3^{a}	قابل قبول Medium
SEM	0.224	0.182	0.129	0.388	
P-value	0.010	0.001	0.441	0.007	

تیمار A: شاهد (سیلاژ بدون افزودنی)، تیمار B: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سیلولاکت آنزیمی، تیمار C: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سیلولاکت غیرآنزیمی، تیمار D: سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با افزودنی سیلووان، SEM: خطای استاندارد میانگین، P-value: سطح معنی‌داری

نتایج حاصل از آزمایش پایداری هوازی در شکل ۱ گزارش شده‌اند که در آن اختلاف دمای سیلاژ با دمای محیط بعد از مواجهه با هوا گزارش شده است. با توجه نتایج، عمل‌آوری سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با سه نوع افزودنی باکتریایی موجب بهبود پایداری هوازی شد که با نتایج گزارش‌شده توسط سایر محققین هم‌خوانی دارد. دریهیوس و همکاران (Driehuis *et al.*, 2001) طی سه آزمایش متفاوت افزودنی *لاکتوباسیلوس بوچری* را به‌تنهایی و همراه با *ال‌پلانتروم* مورد مطالعه قرار دادند که در تمامی آزمایشات، *لاکتوباسیلوس بوچری* سبب بهبود پایداری هوازی گردید و این پاسخ مثب با افزایش دز مصرف تا ۴۸۰ ساعت پس از قرارگیری سیلاژ در مجاورت هوا ادامه یافت. در آزمایش فیلیا (Filya, 2003) نیز اثر *لاکتوباسیلوس بوچری* به‌تنهایی و در ترکیب با *ال‌پلانتروم* بر روی سیلاژ علوفه گندم، سورگوم و ذرت مورد بررسی قرار

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

گرفت و گزارش شد که در تمامی تیمارها باعث بهبود پایداری هوازی گردید.



شکل ۱- تأثیر عمل‌آوری سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی با سه نوع افزودنی باکتریایی بر پایداری هوازی سیلاژ
Figure 1. The effect of treating tomato plant silage with three types of bacterial additives on the aerobic stability of silage

نتیجه‌گیری

به‌دلیل تولید حجم بالایی از ضایعات بوته گوجه‌فرنگی، می‌توان از این محصول فرعی در تغذیه دام استفاده نمود. استفاده از افزودنی باکتریایی سایلووان که حاوی *لاکتوباسیلوس بوخنری* و *انتروکوکوس فاسیوم* است، باعث افزایش ماده خشک، پروتئین خام و همچنین باعث کاهش pH، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده، استفاده از یک منبع کربوهیدرات قابل استفاده برای جمعیت باکتریایی مفید و افزودنی‌های میکروبی در سیلاژ بوته گوجه‌فرنگی به‌دلیل کمبود کربوهیدرات محلول این گیاه جهت استفاده بهتر در تغذیه دام ضروری به‌نظر می‌رسد.

References

Abbasi, A., Fazaeli, H., Zahedifar, M., & Mirhadi, S. A. (2015). Tables of chemical compounds of Iranian feed and poultry sources. *National Institute of Animal Science Research.* [In Persian]

Aksu, T., Baytok, E., Karslı, M. A., & Muruz, H. (2006). Effects of formic acid, molasses and inoculant additives on corn silage composition, organic matter digestibility and microbial protein synthesis in sheep. *Small Ruminant Research*, *61*(1), 29-33. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.12.013

AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.

Azizi, A., Sharifi, A., Azarfar, A., Aminifard, Z., & Hashemi, M. (2021). Moringa peregrina in ruminant nutrition: effects on rumen fermentation, digestion and microbial enzymes activity in vitro. *Journal of Livestock Science and Technology*, *9*(1), 31-39. https://www.magiran.com/paper/2312224

Baytok, E., Aksu, T., Karsli, M. A., & Muruz, H. (2005). The Effects of Formic Acid, Molasses and Inoculant as Silage Additives on Corn Silage Composition and Ruminal Fermentation Characteristics in Sheep. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, *29*, 469-474.

Besharati, M., Shafipour, N., Nemati, Z., & karimi, A. (2019). Effect of Supplementation of Alfalfa Silage with Lactobacillus Buchneri Additive, Orange Pulp and Molasses on Dry Matter, Crude Protein and Organic Matter Degradability by Nylon Bags. *Research on Animal Production*, *10*(23), 45-52. https://doi.org/10.29252/rap.10.23.45 [in persian]

Borshchevskaya, L. N., Gordeeva, T. L., Kalinina, A. N., & Sineokii, S. P. (2016). Spectrophotometric determination of lactic acid. *Journal of Analytical Chemistry*, *71*(8), 755-758. https://doi.org/10.1134/S1061934816080037

Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated Simultaneous Determination of Ammonia and Total Amino Acids in Ruminal Fluid and In Vitro Media1. *Journal of Dairy Science*, *63*(1), 64-75. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8

Charbel, R., Arif, M., & Leroy, P. (2005). Effects of inoculation of high dry matter alfalfa silage on ensiling characteristics, ruminal nutrient degradability and dairy cow performance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *85*(5), 743-750. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2034

Dehghani, M., Sharifi Hosseini, M. M., Dayani, O., & Madahyan, A. (2020). Effect of Bacterial Inoculation and Levels of High-Moisture Maize Silage Particle Size on Consumption, Digestibility, Rumen

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]
[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

Parameters and Feed Intake Behavior in Sheep. *Research on Animal Production*, *11*(27), 35-45. https://doi.org/10.29252/rap.11.27.35 [In Persian]

Driehuis, F., Oude Elferink, S. J. W. H., & Van Wikselaar, P. G. (2001). Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with Lactobacillus buchneri, with or without homofermentative lactic acid bacteria. *Grass and Forage Science*, *56*(4), 330-343. https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00282.x

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, *28*, 350-356.

Eliş, S., & Özyazıcı, M. A. (2019). Determination of The Silage Quality Characteristics of Different Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) Cultivars. *Applied Ecology and Environmental Research*.

Eslampeivand, A., Taghizadeh, A., Safamehr, A., Palangi, V., Paya, H., Shirmohammadi, S., Ahmadzadeh-Gavahan, L., Yousefi-Tabrizi, R., Adib-Basamanj, F., Maragheh, R. N., & Abachi, S. (2022). Nutritive value assessment of orange pulp ensiled with urea using gas production and nylon bag techniques. *Biomass Conversion and Biorefinery*. https://doi.org/10.1007/s13399-022-03053-4

Fedorah, P. M., & Hrudey, S. E. (1983). A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environmental Technology*, *4*(10), 425-432.

Filya, I. (2003). The Effect of Lactobacillus buchneri and Lactobacillus plantarum on the Fermentation, Aerobic Stability, and Ruminal Degradability of Low Dry Matter Corn and Sorghum Silages. *Journal of Dairy Science*, *86*(11), 3575-3581. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73963-0

Filya, I., Muck, R. E., & Contreras-Govea, F. E. (2007). Inoculant Effects on Alfalfa Silage: Fermentation Products and Nutritive Value. *Journal of Dairy Science*, *90*(11), 5108-5114. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2006-877

Filya, I., Sucu, E., & Karabulut, A. (2006). The effect of Lactobacillus buchneri on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. *Journal of Applied Microbiology*, *101*(6), 1216-1223.

Gallo, A., Fancello, F., Ghilardelli, F., Zara, S., Froldi, F., & Spanghero, M. (2021). Effects of several lactic acid bacteria inoculants on fermentation and mycotoxins in corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, *277*, 114962. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114962

Getachew, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2002). Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. *The Journal of Agricultural Science*, *139*(3), 341-352. https://doi.org/10.1017/S0021859602002393

Gümüş, H., & Aktürk, B. (2020). Effects of lactic acid bacteria inoculant on quality, fermentation profile and nutritive value of alfalfa silage at different ensiling period. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *67*(3), 281-287. https://doi.org/10.33988/auvfd.624047

Haghparvarr, Shojaiank, Rowghanie, Parsaeis, & Yousef, E. (2012). The effects of Lactobacillus plantarum on chemical composition, rumen degradability, *in vitro* gas production and energy content of whole-plant corn ensiled at different stages of maturity. *Iranian Journal of Veterinary Research*, *13*(1), 8-15. https://www.magiran.com/paper/1000951

Holden, L. A. (1999). Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, *82*(8), 1791-1794. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3

Hosseini, S. M., Mesgaran, M. D., Vakili, A. R., Naserian, A. A., & Khafipour, E. (2019). Altering undigested neutral detergent fiber through additives applied in corn, whole barley crop, and alfalfa silages, and its effect on performance of lactating Holstein dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *32*(3), 375-386. https://doi.org/10.5713/ajas.18.0314

Kamali, H. (2009). *Determination of Nutritional Value of Tomato Plant with Different Ratios of Molasses and its Use in Feeding of Puppies.* 4th Regional Conference of New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran. [In Persian]

Khodaverdi, R., Naserian, A. A., & Valizadeh, R. (2014). *De-termination of chemical composition and gas produc-tion of dried or ensiled tomato shoot.* 6th Iranian Congress on Animal Sciences, Tabriz, Iran. [In Persian]

Khorvash, M., Colombatto, D., Beauchemin, K. A., Ghorbani, G. R., & Samei, A. (2006). Use of absorbants and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Canadian Journal of Animal Science*, *86*(1), 97-107. https://doi.org/10.4141/a05-029

Kung, L., Robinson, J. R., Ranjit, N. K., Chen, J. H., Golt, C. M., & Pesek, J. D. (2000). Microbial Populations, Fermentation End-Products, and Aerobic Stability of Corn Silage Treated with Ammonia or a Propionic Acid-Based Preservative1. *Journal of Dairy Science*, *83*(7), 1479-1486. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75020-X

Markham, R. (1942). A steam distillation apparatus suitable for micro-Kjeldahl analysis. *Biochemical Journal*, *36*(10-12), 790-791. https://doi.org/10.1042/bj0360790

Mashaykhi, M. R., & Ghorbani, G. R. (2005). ariation of chemical composition and digestibility of common reed forage during growth stage and characteristices of reed forage ensilage. *Pajouhesh and Sazandegi*, *68*, 93-98.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]

McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*, *43*(1), 99-109.

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

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, *93*(1), 217-222. https://doi.org/10.1017/S0021859600086305

Mohammadzadeh, H., Khorvash, M., & Gr, G. (2014). Effects of bacterial inoculant containing homo and heterolactic lactobacillus on fermentation ofcorn silage and performances of Holstein dairy cattle. *Journal of Animal Science Research*, *24*(1), 35-45. https://www.magiran.com/paper/1286574

Naserian, A., Khodaverdi, R., Valizadeh, R., & Tahmasbi, A. (2018). Determining Chemical Composition and Nutritional Value of Tomato Shoot Silage Supplemented with Different levels of Beet Pulp by Using Nylon Bag and in vitro Gas Production Method. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *10*(2), 153-162. https://doi.org/10.22067/ijasr.v10i2.38678 [In Persian]

Nishino, N., Wada, H., Yoshida, M., & Shiota, H. (2004). Microbial Counts, Fermentation Products, and Aerobic Stability of Whole Crop Corn and a Total Mixed Ration Ensiled With and Without Inoculation of Lactobacillus casei or Lactobacillus buchneri. *Journal of Dairy Science*, *87*(8), 2563-2570. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73381-0

Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, *92*(2), 499-503. https://doi.org/10.1017/S0021859600063048

Ranjit, N. K., & Kung, L., Jr. (2000). The effect of Lactobacillus buchneri, Lactobacillus plantarum, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, *83*(3), 526-535. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74912-5

Sadeghi, K., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Forouzmand, M. A., Boroumand, M., & Hashemzadeh-Cigari, F. (2012). Effects of homo-fermentative bacterial inoculants on fermentation characteristics and nutritive value of low dry matter corn silage. *Iranian Journal of Veterinary Research*, *13*(4), 303-309. https://doi.org/10.22099/ijvr.2012.610

Salem, H. B. (2010). Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39.

Silva, V. P., Pereira, O. G., Leandro, E. S., Da Silva, T. C., Ribeiro, K. G., Mantovani, H. C., & Santos, S. A. (2016). Effects of lactic acid bacteria with bacteriocinogenic potential on the fermentation profile and chemical composition of alfalfa silage in tropical conditions. *Journal of Dairy Science*, *99*(3), 1895-1902. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2015-9792

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3583-3597. https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Ventura, M. R., Pieltain, M. C., & Castanon, J. I. R. (2009). Evaluation of tomato crop by-products as feed for goats. *Animal Feed Science and Technology*, *154*(3), 271-275. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.004

Zahiroddini, H., Baah, J., Absalom, W., & McAllister, T. A. (2004). Effect of an inoculant and hydrolytic enzymes on fermentation and nutritive value of whole crop barley silage. *Animal Feed Science and Technology*, *117*(3), 317-330. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.08.013

Zhang, Q., Guo, X., Zheng, M., Chen, D., & Chen, X. (2021). Altering microbial communities: A possible way of lactic acid bacteria inoculants changing smell of silage. *Animal Feed Science and Technology*, *279*, 114998. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114998

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-03]

[DOI: 10.61882/rap.2024.1461]