



Effect of different levels of molasses and *Lactobacillus fermentum* on fermentation quality, aerobic stability and *in vitro* digestibility of Napier grass silage

Parvaneh Hashemi¹ | Leila Taherabadi² | Farokh Kafilzadeh³

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: hashemi.pa@razi.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: taherabadi.le@razi.ac.ir
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: Kafilzadeh@razi.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 27 October 2024
Received in revised form
29 May 2025
Accepted 1 June 2025
Published online 15 October 2025

Keywords:

Aerobic stability
Bacterial additive
Fermentation quality
Napier grass
Silage

ABSTRACT

Objective: Ensiling is one of the methods of preserving forage plants for livestock feeding. The use of carbohydrate sources in silage preparation can improve the quality of anaerobic fermentation by increasing the concentration of lactic acid. Aerobic stability of silage after exposure to air is one of the quality parameters of silages. Heterofermentative lactic acid bacteria are among the additives that have been used to improve the aerobic stability of silages. However, there is no information on the use of the *Lactobacillus fermentum* on the aerobic stability of Napier grass silage with or without the use of carbohydrate sources. Therefore, this research was conducted to study the effect of *Lactobacillus fermentum* 92069 and molasses on fermentation properties, aerobic stability and *in vitro* digestibility of Napier grass silage as a new forage source (introduced for the first time) in the country.

Methods: Napier grass was cultivated in the research farm of the Faculty of Agriculture, Razi University on May 2021. To prepare silage, the forage was harvested, chopped and treated with 0, 3 or 6 percent molasses with or without $0, 1 \times 10^6$ cfu or 2×10^6 cfu of *Lactobacillus Fermentum* 92069 per gram of fresh forage and then ensiled in laboratory silos with four replicates. After 90 days of ensiling, the chemical composition and fermentation products of the silages such as lactic acid, butyric acid, acetic acid, ammonia nitrogen and *in vitro* digestibility were determined. The fungal population of the silages including yeast and mold was also determined. During the aerobic fermentation process, aerobic stability of the silages and changes in pH and the population of fungal in the silages were also measured.

Results: Increasing the level of molasses was associated with an increase in dry matter and soluble carbohydrates in silage. The lowest pH values (3.90 to 3.97) with higher production of lactic acid concentration (47.9 to 53.3 g/kg dry matter) were observed in silages containing the high level of molasses with or without bacterial inoculant. The addition of *Lactobacillus fermentum* increased acetic acid production, but had no effect on the aerobic stability of the silage. There was no difference in the fungi population of silages among treatments. Dry matter and organic matter digestibility, as well as metabolizable energy, were higher in silages containing molasses with or without bacterial inoculants.

Conclusion: The results of the present study showed that Napier grass silage without additives was of good quality. However, the use of molasses resulted in improved anaerobic fermentation and digestibility. The aerobic stability of Napier grass silages in spite of an increase in acetic acid was not affected by the addition of the *Lactobacillus fermentum* up to 2×10^6 cfu/ g fresh forage.

Cite this article: Hashemi, P., Taherabadi, L., & Kafilzadeh, F. (2025). Effect of different levels of molasses and *Lactobacillus fermentum* on fermentation quality, aerobic stability and *in vitro* digestibility of Napier grass silage. *Journal of Animal Production*, 27 (3), 295-306. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.381226.623808>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.381226.623808>

Publisher: University of Tehran Press.



اثر سطوح مختلف ملاس و لاکتوباسیلوس فرمنتوم بر کیفیت تخمیر، پایداری هوازی و قابلیت هضم برون تنی سیلاژ علف نیپر

پروانه هاشمی^۱ | لیلا طاهرآبادی^۲ | فرخ کفیلزاده^۳

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: hashemi.pa@razi.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: taherabadi.le@razi.ac.ir
۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: Kafilzadeh@razi.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹

مقدمه: سیلو کردن یکی از روش‌های نگهداری گیاهان علوفه‌ای جهت تغذیه دام می‌باشد. استفاده از منابع کربوهیدراتی در تهیه سیلاژ می‌تواند از طریق افزایش غلظت اسید لاکتیک سبب بهبود کیفیت تخمیر بی هوازی گردد. میزان پایداری هوازی سیلاژ پس از قرار گرفتن در معرض هوا یکی از پارامترهای کیفی سیلاژ است. باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیرکننده ناهمگن به‌منظور افزایش پایداری هوازی در تهیه سیلاژ استفاده می‌شوند. با این وجود، هیچ اطلاعاتی در مورد استفاده باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم، به‌عنوان یک باکتری اسیدلاکتیک تخمیرکننده ناهمگن بر پایداری هوازی سیلاژ علف نیپر با یا بدون استفاده از منابع کربوهیدراتی در دست نیست.

هدف از مطالعه: این پژوهش به‌منظور بررسی اثر لاکتوباسیلوس فرمنتوم ۹۲۰۶۹ و ملاس بر خصوصیات تخمیر، پایداری هوازی و قابلیت هضم آزمایشگاهی سیلاژ علف نیپر به‌عنوان یک منبع علوفه جدید (معرفی شده برای اولین بار) در کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها: علف نیپر در اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کشت شد. جهت تهیه سیلاژ، علوفه برداشت‌شده پس از خرد شدن با نسبت‌های صفر، سه و شش درصد ملاس با یا بدون دوزهای صفر، 1×10^6 cfu و 2×10^6 cfu لاکتوباسیلوس فرمنتوم به‌ازای هر گرم وزن علوفه تازه تلقیح و سپس در سیلوهای آزمایشگاهی با چهار تکرار ذخیره شد. پس از ۹۰ روز سیلو کردن، ترکیب شیمیایی و محصولات تخمیر سیلاژها مانند اسید لاکتیک، اسید بوتیریک، اسید استیک، نیتروژن آمونیاکی و قابلیت هضم تعیین شد. جمعیت قارچی سیلاژها شامل مخمر و کپک نیز تعیین شد. طی فرایند تخمیر هوازی، پایداری هوازی، تغییرات pH و جمعیت قارچ نیز اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث: افزایش سطح ملاس با افزایش ماده خشک و کربوهیدرات‌های محلول سیلاژ همراه بود. کم‌ترین مقادیر pH (۳/۹۰ تا ۳/۹۷) با تولید بیش‌تر غلظت اسید لاکتیک (۴۷/۹ تا ۵۳/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک) در سیلاژهای تهیه‌شده با سطح بالای ملاس با یا بدون تلقیح‌کننده باکتریایی مشاهده شد. افزودن لاکتوباسیلوس فرمنتوم سبب افزایش تولید اسید استیک در سیلاژها شد اما، تأثیری در پایداری هوازی سیلاژها نداشت. قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی و همچنین، انرژی قابل متابولیسم سیلاژهای حاوی ملاس با یا بدون تلقیح‌کننده باکتریایی بالاتر بود.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سیلاژ علف نیپر بدون افزودنی‌ها از کیفیت مناسبی برخوردار بود. با این حال، استفاده از ملاس منجر به بهبود تخمیر بی‌هوازی و قابلیت هضم شد. پایداری هوازی سیلاژ علف نیپر با وجود افزایش اسید استیک با افزودن لاکتوباسیلوس فرمنتوم تا 2×10^6 cfu تحت تأثیر قرار نگرفت.

کلیدواژه‌ها:

افزودنی باکتریایی
پایداری هوازی
سیلاژ
علف نیپر
کیفیت تخمیر

استناد: هاشمی، پروانه؛ طاهرآبادی، لیلا و کفیلزاده، فرخ (۱۴۰۴). اثر سطوح مختلف ملاس و لاکتوباسیلوس فرمنتوم بر کیفیت تخمیر، پایداری هوازی و قابلیت هضم برون تنی سیلاژ علف نیپر. نشریه تولیدات دامی، ۲۷ (۳)، ۳۰۶-۲۹۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.381226.623808>



۱. مقدمه

در سال‌های اخیر کمبود تولید علوفه به دلیل محدودیت فزاینده منابع آبی از یک سو و تخریب مراتع از سوی دیگر سبب مشکل توسعه صنعت دامپروری و حتی حفظ وضعیت موجود در تولیدات دامی کشور شده است. در این شرایط، ایجاد تنوع در منابع علوفه‌ای کشور از طریق انتخاب علوفه‌هایی با ارزش غذایی مطلوب جهت تغذیه دام که دارای پتانسیل بالای تولید ماده خشک نیز باشند، ضروری است.

علف نیپر به عنوان یک منبع علوفه‌ای، گیاهی چندساله و از خانواده گراس‌هاست (Negawo *et al.*, 2017). نتایج مطالعات درخصوص معرفی و کشت علف نیپر برای اولین بار در کشور نشان داد که عملکرد تولید سالانه این گیاه در پایان مرحله رویشی ۱۳۰ تن علوفه تر (ماده خشک ۲۵ تن در هکتار) با قابلیت هضم ماده خشک ۶۵ درصد می‌باشد (طاهرآبادی و کفیل‌زاده، ۱۴۰۲ آ و ب). علاوه بر عملکرد تولید بالا و ارزش غذایی مطلوب علف نیپر امکان رشد مجدد آن سبب شده است که این علوفه در تغذیه دام به صورت سبز، خشک شده و سیلو شده استفاده شود (Negawo *et al.*, 2017).

با این حال، ضمن بالابودن عملکرد تولید علف نیپر با افزایش سن، خشبی بودن ساقه و کاهش مصرف آن توسط دام سبب شده که این گیاه با رطوبت بالا مشابه سایر گیاهان علوفه‌ای در پایان مرحله رویشی به شیوه سیلو کردن نگهداری شود (Zi *et al.*, 2021). در سیلو کردن که تحت شرایط بی‌هوازی انجام می‌شود سطح کربوهیدرات‌های محلول علوفه قبل از سیلو کردن در کیفیت سیلاژ تولیدی بسیار مؤثر است. به طوری که، جهت بهبود تخمیر سیلاژ برخی از منابع علوفه‌ای از افزودنی‌های کربوهیدراتی استفاده می‌شود (McDonald *et al.*, 1991). درخصوص علف نیپر با غلظت نسبتاً پایین کربوهیدرات‌های محلول نشان داده شده است که افزودن منابع کربوهیدراتی در تهیه سیلاژ این علوفه از طریق فراهمی کربوهیدرات‌های سریع‌الهضم برای باکتری‌های اسیدلاکتیک سبب افزایش کیفیت تخمیر بی‌هوازی می‌گردد (Garcez *et al.*, 2021). با این حال، علاوه بر بهبود کیفیت تخمیر بی‌هوازی، افزایش کیفیت تخمیر هوازی سیلاژ مورد اهمیت می‌باشد. زیرا زمانی که سیلاژ در معرض هوا قرار می‌گیرد رشد میکروارگانیسم‌های مضر سبب کاهش ارزش غذایی سیلاژ می‌گردد. بدین منظور، جهت بهبود کیفیت تخمیر هوازی سیلاژ گیاهان از افزودنی‌های باکتریایی استفاده شده است (Silva *et al.*, 2018). باکتری‌های اسیدلاکتیک تخمیرکننده ناهمگن (Arriola *et al.*, 2021) برخلاف باکتری‌های اسیدلاکتیک تخمیرکننده همگن (Rooke & Kafilzadeh, 1994) که سبب بهبود کیفیت تخمیر بی‌هوازی سیلاژ می‌گردند، در پایداری هوازی سیلاژ مؤثر هستند. درخصوص پایداری هوازی سیلاژ علف نیپر با استفاده از باکتری‌های اسیدلاکتیک تخمیرکننده ناهمگن اطلاعات محدودی در دست می‌باشد. به طوری که درخصوص تأثیر استفاده گونه فرمنتوم از جنس لاکتوباسیلوس هیچ مطالعه‌ای وجود ندارد.

بنابراین، از آنجایی که مطالعه‌ای درخصوص بررسی کیفیت سیلاژ علف نیپر در کشور در دست نبود و همچنین، تأثیر هیچ سویه‌ای از باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم بر سیلاژ علف نیپر یافت نشد، مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر سطوح مختلف باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم ۹۲۰۶۹ و ملاس بر بهبود خصوصیات تخمیر، پایداری هوازی و قابلیت هضم برون‌تنی سیلاژ علف نیپر صورت گرفت.

۲. روش پژوهش

برای تهیه سیلاژ علف نیپر، علوفه کشت‌شده در اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰ از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی در پایان مرحله رویشی برداشت و با چاپر به قطعاتی به طول دو سانتی‌متر خرد شد. نمونه‌برداری ($n=4$) از علوفه قبل از سیلو کردن، به منظور انجام آنالیزهای شیمیایی و میکروبی صورت گرفت. علف نیپر خردشده جهت تهیه تیمارهای

آزمایشی، با هر یک از سطوح صفر (M0)، سه (M1) و شش (M2) درصد ملاس به‌ازای هر گرم علوفه تازه با و بدون دوزهای صفر (F0)، 1×10^6 cfu/g (F1) و 2×10^6 cfu/g (F2) از لاکتوباسیلوس فرمنتوم ۹۲۰۶۹ به‌ازای هر گرم علوفه تازه تلقیح شد. تیمارهای آزمایشی در چهار تکرار شامل علف نیپر: بدون ملاس و باکتری، بدون ملاس با 1×10^6 cfu/g باکتری، بدون ملاس با 2×10^6 cfu/g باکتری، با سه درصد ملاس و بدون باکتری، با سه درصد ملاس و باکتری، با 2×10^6 cfu/g باکتری، با شش درصد ملاس و بدون باکتری، با شش درصد ملاس و باکتری، با 2×10^6 cfu/g باکتری، با شش درصد ملاس و 2×10^6 cfu/g باکتری بود. علوفه‌های تلقیح‌شده در سیلوهای آزمایشگاهی (قطر ۱۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متر) ذخیره و پس از غیرقابل نفوذ شدن نسبت به هوا در دمای اتاق به‌مدت ۹۰ روز نگهداری شدند.

ماده خشک نمونه‌های علوفه‌ها قبل از سیلو کردن و نمونه‌های سیلاژها پس از باز کردن سیلوها با قراردادن آن‌ها در آون دارای جریان هوا به‌مدت ۴۸ ساعت و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (AOAC, 2005). مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین نمونه‌ها با استفاده از محلول‌های شوینده (Van Soest *et al.*, 1991) و پروتئین خام با روش میکروکجلدال (AOAC, 2005) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین pH، بعد از عصاره‌گیری از نمونه‌ها بلافاصله pH اندازه‌گیری شد (Amado *et al.*, 2012). عصاره موردنظر جهت تعیین نیتروژن آمونیاکی (Broderick, 1987)، کربوهیدرات‌های محلول در آب (Dubois *et al.*, 1956) و اسیدلاکتیک (Barker & Sumerson, 1941) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CARY100، Varian، استرالیا) مورد استفاده قرار گرفت. غلظت اسید استیک، اسید پروپیونیک و اسید بوتیریک با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی مدل Agilent, 6890N، آمریکا (ستون موئین DB-FFAP 123-3232، طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۳۲۰ میکرومتر، ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر) اندازه‌گیری شد (Stewart & Duncan, 1985). برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار از استاندارد داخلی ۲- اتیل بوتیریک اسید استفاده شد.

جهت تعیین جمعیت میکروبی سیلاژها و نمونه‌های علوفه قبل از سیلو کردن، رقت‌های 10^{-1} تا 10^{-10} از عصاره‌های موردنظر با سه تکرار تهیه شد. شمارش جمعیت مخمر و کپک به‌ترتیب یک و پنج روز پس از کشت در محیط PDA (سیب زمینی-دکستروز-آگار؛ مرک، آلمان) و پس از انکوبه کردن نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد (Rabie *et al.*, 1997). جمعیت‌های میکروبی با واحد کلنی فرمینگ به‌ازای هر گرم علوفه تازه (cfu/g FM) گزارش شد.

به‌منظور تعیین پایداری هوازی سیلاژها در دمای ۲۰ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد، ۶۰۰ گرم از هر نمونه سیلاژ در ظروف پلاستیکی قرار داده شد و درب آن با پارچه پنیرسازی دولایه پوشانده شد. دمای نمونه‌های سیلاژ هر پنج ساعت یک‌بار به‌مدت هشت روز به‌وسیله دماسنج قرائت شد. پایداری هوازی سیلاژها تا زمان رسیدن دمای آن‌ها به دو درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای محیط ثبت شد (Ranjit & Kung, 2000). pH در طول مدت قرارگرفتن سیلاژها در معرض هوا به‌همراه جمعیت مخمر و کپک سیلاژها در روزهای صفر، چهار و هشت مطابق روش‌های توضیح داده‌شده در قبل اندازه‌گیری شد.

آزمایش قابلیت هضم به‌روش برون‌تنی شامل مرحله هضم بی‌هوازی و مرحله هضم پیسین اسیدی انجام شد (Tilley & Terry, 1963). برای انجام آزمایش شیرابه شکمبه از گوسفندان نر فیستوله‌گذاری شده نژاد سنجابی قبل از خوارک‌دهی وعده صبح تهیه شد. بافر مک‌دوگال نیز در این آزمایش استفاده شد (McDougall, 1948). انرژی قابل متابولیسم از طریق قابلیت هضم و با استفاده از رابطه (۱) برآورد شد (Minson, 1984).

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 0.157 \text{ DOMD} + 0.059 \text{ CP} - 1.073 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این رابطه، ME، انرژی قابل متابولیسم؛ DOMD، درصد ماده آلی قابل هضم در ماده خشک و CP، درصد پروتئین خام است.

داده‌های مربوط به ترکیبات شیمیایی، محصولات تخمیر، جمعیت میکروبی و پایداری هوازی و قابلیت هضم سیلاژها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ مطابق مدل (۱) با آزمایش فاکتوریل ۳×۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه خطی GLM تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. داده‌های مربوط به روند تخمیر هوازی سیلاژها مطابق مدل (۲) با آزمایش فاکتوریل ۳×۳ تکرار شونده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk} \quad \text{مدل (۱)}$$

در این مدل، Y_{ijk} ، مشاهده مربوط به صفت (متغیر وابسته)؛ μ ، اثر میانگین کل؛ A_i ، اثر سطح i ام فاکتور A ؛ B_j ، اثر سطح j ام فاکتور B ؛ AB_{ij} ، اثر برهم‌کنش دو فاکتور A و B و e_{ijk} ، اثر خطای آزمایشی هستند.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + T_k + AB_{ij} + TA_{ik} + TB_{jk} + TAB_{ijk} + e_{ijk} \quad \text{مدل (۲)}$$

در این مدل، Y_{ijk} ، مشاهده مربوط به صفت (متغیر وابسته)؛ μ ، اثر میانگین کل؛ A_i ، اثر سطح i ام فاکتور A ؛ B_j ، اثر سطح j ام فاکتور B ؛ T_k ، اثر زمان؛ AB_{ij} ، برهم‌کنش دو فاکتور A و B ؛ TA_{ik} ، اثر برهم‌کنش دو فاکتور A و T ؛ TB_{jk} ، اثر برهم‌کنش دو فاکتور B و T ؛ TAB_{ijk} ، اثر برهم‌کنش سه فاکتور A ، B و T و e_{ijk} ، خطای آزمایشی هستند.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

ترکیبات شیمیایی علف نیپر قبل از سیلوکردن در جدول (۱) گزارش شده است. اثر استفاده از ملاس بر همه ترکیبات شیمیایی سیلاژ به‌جز ماده آلی و اثر افزودن باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و کربوهیدرات محلول سیلاژها معنی‌دار بود. اثرات متقابل استفاده از سطوح مختلف ملاس و لاکتوباسیلوس فرمنتوم ۹۲۰۶۹ بر درصد ماده خشک، اجزاء دیواره سلولی و کربوهیدرات‌های محلول سیلاژ علف نیپر معنی‌دار بود (جدول ۲). درصد ماده خشک و کربوهیدرات‌های محلول سیلاژهای حاوی ملاس با یا بدون تلقیح‌کننده باکتری بالاتر از سیلاژ کنترل و سیلاژ حاوی تلقیح‌کننده باکتری به تنهایی بود ($P < 0.05$). غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژ کنترل نسبت به سایر سیلاژها بالاتر بود ($P < 0.05$).

یکی از فاکتورهای مهم در تهیه سیلاژ گیاهان غلظت کربوهیدرات‌های محلول علوفه قبل از سیلوکردن می‌باشد. غلظت کربوهیدرات‌های محلول علاوه بر نوع گیاه به عوامل دیگری مانند مرحله فیزیولوژیک و زمان برداشت مرتبط است و در صورت پایین‌بودن غلظت آن می‌توان از منابع کربوهیدراتی جهت تهیه سیلاژ این گیاهان استفاده نمود (McDonald et al., 1991). در مطالعه حاضر غلظت کربوهیدرات‌های محلول علف نیپر تقریباً در کم‌ترین میزان لازم برای تهیه سیلاژ با تخمیر مطلوب قرار داشت (Li et al., 2021) و افزودن ملاس با سطوح سه و شش درصد به علوفه نیپر سبب افزایش ماده خشک و کربوهیدرات‌های محلول سیلاژها شد. همسو با نتایج این مطالعه، تأثیر مثبت استفاده از ملاس به‌عنوان یک افزودنی تحریک‌کننده تخمیر در تهیه سیلاژ گیاهان با کربوهیدرات‌های محلول پایین بر حفظ و بهبود مواد مغذی سیلاژ گزارش شده است (Zhang et al., 2022; Li et al., 2021). این منبع کربوهیدراتی می‌تواند ضمن فراهم‌آوردن انرژی لازم برای تکثیر باکتری‌های اسیدلاکتیک و جلوگیری از تجزیه مواد مغذی سیلاژ به‌وسیله میکروارگانیسم‌های نامطلوب سبب افزایش ماده خشک و کربوهیدرات‌های محلول سیلاژ گردد (Suong et al., 2022). همچنین، گزارش شده است که کاهش اسیدیته سیلاژ می‌تواند از طریق تأثیر بر پیوندهای شیمیایی اجزای دیواره سلولی

سبب کاهش این ترکیبات در سیلاژ گردد (Santos et al., 2016). بنابراین، کاهش سهم ترکیبات اجزای دیواره سلولی سیلاژ در مطالعه حاضر می‌تواند متأثر از این عوامل باشد.

در خصوص تأثیر افزودن باکتری لاکتوباسیوس فرمنتوم با یا بدون منابع کربوهیدراتی بر کیفیت سیلاژ علف نیپر اطلاعاتی در دست نیست. اما، عدم تغییر در درصد ماده خشک سیلاژ ذرت تهیه‌شده با لاکتوباسیلوس فرمنتوم مشاهده شده است (طاهرآبادی و کفیل‌زاده، ۱۴۰۰). نتایج متفاوتی بر میزان ماده خشک و ترکیبات شیمیایی سیلاژ گیاهان تهیه‌شده با باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیرکننده ناهمگن گزارش شده است که این تفاوت‌ها می‌تواند علاوه بر نوع علوفه و ترکیب شیمیایی آن قبل از سیلوکردن به ویژگی‌های باکتری مورد استفاده نیز مرتبط باشد (Arriola et al., 2021). با این حال، به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر افزایش بیش‌تر ماده خشک در سیلاژهای علف نیپر تحت تأثیر سطح منبع کربوهیدراتی ملاس قرار گرفته است.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی و جمعیت میکروبی علف نیپر قبل از سیلوکردن (n=۴)

فراسنجه	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد
ماده خشک (گرم در کیلوگرم)	۲۲۷ $\pm$ ۵/۴
ترکیب شیمیایی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۷۳۴ $\pm$ ۸/۹
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۴۰۸ $\pm$ ۱۰/۶
لیگنین	۶۹ $\pm$ ۳/۹
پروتئین خام	۹۴ $\pm$ ۴/۸
کربوهیدرات‌های محلول در آب	۶۲ $\pm$ ۱/۱
جمعیت میکروبی (log cfu/g of FM)	
مخمّر	۲/۶ $\pm$ ۰/۲۱
کپک	۳/۱ $\pm$ ۰/۱۷

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی سیلاژ علف نیپر تلقیح شده با سطوح مختلف ملاس (M) و لاکتوباسیلوس فرمنتوم (F) (گرم در کیلوگرم ماده خشک)

تیمارها ^۱														
پارامترها	M0			M1			M2			SEM	P-value			
	F2	F1	F0	F2	F1	F0	F2	F1	F0		M×F	F	M	
ماده خشک (گرم در کیلوگرم)	۲۱۲ ^e	۲۱۶ ^e	۲۰۸ ^e	۲۴۲ ^{bcd}	۲۴۰ ^{cd}	۲۳۶ ^d	۲۵۴ ^{abc}	۲۵۷ ^{ab}	۲۶۱ ^a	۴/۸۴	۰/۰۰۴	۰/۸۸۲	۰/۰۰۵	
کیب شیمیایی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)														
ماده آلی	۸۷۰	۸۶۵	۸۷۲	۸۶۳	۸۵۶	۸۵۹	۸۶۲	۸۶۷	۸۷۰	۶/۷۶	۰/۸۹۴	۰/۲۶۹	۰/۷۴۲	
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۶۸۳ ^{abc}	۷۰۰ ^{ab}	۷۱۳ ^a	۶۶۹ ^{bc}	۶۷۸ ^{bc}	۶۶۸ ^{bc}	۶۶۱ ^c	۶۷۰ ^{bc}	۶۵۸ ^c	۱۱/۲۰	۰/۰۳۲	۰/۴۰۷	۰/۰۰۱	
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۳۴۸ ^b	۳۹۰ ^a	۳۹۸ ^a	۳۲۵ ^b	۳۳۳ ^b	۳۴۰ ^b	۳۲۷ ^b	۳۲۵ ^b	۳۳۴ ^b	۷/۱۶	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱	
لیگنین	۶۱ ^{abc}	۶۳ ^{ab}	۶۸ ^{ab}	۵۷ ^{bc}	۵۶ ^{bc}	۵۴ ^{bc}	۵۸ ^{bc}	۵۵ ^{bc}	۵۴ ^c	۲/۷۰	۰/۰۱۴	۰/۶۵۷	۰/۰۰۱	
پروتئین خام	۸۳	۸۰	۸۱	۸۵	۸۱	۸۴	۸۵	۸۷	۸۷	۲/۴۳	۰/۳۴۰	۰/۵۲۹	۰/۰۳۷	
کربوهیدرات‌های محلول در آب	۱۹/۱ ^d	۱۵/۳ ^{de}	۱۴/۵ ^e	۳۰/۷ ^c	۲۹/۰ ^c	۳۲/۹ ^c	۵۵/۷ ^a	۴۱/۵ ^b	۳۸/۱ ^{bc}	۱/۲۶	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱	

a-e: تفاوت میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۱. M0، M1 و M2 به ترتیب سطح صفر، سه و شش درصد ملاس؛ F0، F1 و F2 به ترتیب دوزهای صفر، ۱×۱۰^۶ cfu و ۲×۱۰^۶ cfu لاکتوباسیلوس فرمنتوم به‌ازای هر گرم علوفه تازه.

نتایج فرآورده‌های تخمیر سیلاژ نشان داد اثر افزودن ملاس بر pH و اسیدلاکتیک و اثر افزودن لاکتوباسیلوس فرمنتوم بر غلظت اسید استیک معنی‌دار بود. اثر متقابل معنی‌دار لاکتوباسیلوس فرمنتوم و ملاس بر pH و اسید لاکتیک مشاهده شد (P<۰/۰۵؛ جدول ۳). اثر هم‌زمان لاکتوباسیلوس فرمنتوم و ملاس بر غلظت اسید استیک، بوتیریک و پریپونیک، نیتروژن آمونیاکی و جمعیت قارچ سیلاژ معنی‌دار نبود. کم‌ترین میزان pH در سیلاژهای حاوی سطوح بالاتر ملاس با یا بدون

تلقیح‌کننده باکتریایی در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد. کاهش pH در این سیلاژها با بیش‌ترین تولید اسید لاکتیک همراه بود. غلظت اسید استیک در سیلاژهای حاوی لاکتوباسیلوس فرمنتوم به تنهایی مشاهده شد. اثر افزودن ملاس بر تولید فرآورده‌های تخمیر و جمعیت میکروبی سیلاژ تأثیر نداشت.

شاخص‌های اصلی تعیین فرایند تخمیر ایده‌آل سیلاژ شامل میزان pH، غلظت اسیدهای آلی، نیتروژن آمونیاکی و تنوع جمعیت میکروبی می‌باشد. در کاهش pH سیلاژ میزان اسیدلاکتیک و دیگر اسیدهای آلی نقش دارند. در مطالعه حاضر pH سیلاژ کنترل تقریباً در دامنه مقدار لازم برای سیلاژهای با کیفیت مناسب ($pH < 4.2$) قرار داشت. با این‌وجود، افزودن ملاس سبب کاهش بیش‌تر pH سیلاژهای علف نیپر شد که این نتایج همسو با سایر گزارشات بود (Zhang et al., 2022; Yokota et al., 2000). با توجه به تولید بیش‌تر اسید لاکتیک این سیلاژها در مطالعه حاضر این امکان وجود دارد که افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول سیلاژ از طریق افزودن ملاس بستری را برای تولید اسید لاکتیک طی تخمیر به‌وسیله باکتری‌های اسید لاکتیک و ایجاد تخمیر لاکتیکی بیش‌تر فراهم آورده است (Zhang et al., 2022). مطابق با نتایج مطالعه حاضر درخصوص افزایش غلظت اسید استیک در سیلاژهای حاوی لاکتوباسیلوس فرمنتوم به تنهایی، افزایش تولید اسید استیک در سیلاژهای تهیه‌شده با باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیرکننده ناهمگن گزارش شده است (Guan et al., 2020; Jalč et al., 2009). اسیدهای آلی سیلاژ مانند اسیداستیک با خاصیت ضد قارچی می‌تواند سبب کاهش جمعیت قارچ‌های سیلاژ گردد (Silva et al., 2018). با این‌وجود، در این مطالعه تأثیری بر جمعیت میکروبی سیلاژ مشاهده نشد. در واقع، نتایج ما نشان داد که افزایش سطح ملاس سبب تخمیر لاکتیکی و ایجاد شرایط اسیدی‌تری سیلاژ علف نیپر شد.

جدول ۳. pH، محصولات تخمیر، جمعیت میکروبی و پایداری هوازی سیلاژ علف نیپر تلقیح‌شده با سطوح مختلف ملاس (M) و لاکتوباسیلوس فرمنتوم (F)

تیمارها ^۱												
P-value				M2			M1			M0		
M×F	F	M	SEM	F2	F1	F0	F2	F1	F0	F2	F1	F0
<۰/۰۰۱	۰/۸۰۴	<۰/۰۰۱	۰/۰۵	۳/۹۰ ^d	۳/۹۵ ^d	۳/۹۷ ^d	۴/۲۱ ^{bc}	۴/۱۸ ^c	۴/۱۵ ^c	۴/۳۸ ^{ab}	۴/۴۰ ^a	۴/۳۱ ^{abc}
pH												
محصولات تخمیر (گرم در کیلوگرم ماده خشک)												
<۰/۰۰۱	۰/۵۲۵	<۰/۰۰۱	۱/۷۵	۵۳/۳ ^a	۵۱/۵ ^a	۴۷/۹ ^{ab}	۳۸/۳ ^c	۳۹/۰ ^c	۴۳/۵ ^{bc}	۳۴/۱ ^d	۳۳/۳ ^{cd}	۳۷/۸ ^d
اسید لاکتیک												
۰/۱۹۶	۰/۰۱۸	۰/۶۵۶	۱/۰۳	۱۴/۳ ^{ab}	۱۳/۴ ^{ab}	۱۳/۲ ^{ab}	۱۴/۱ ^{ab}	۱۴/۷ ^{ab}	۱۱/۹ ^b	۱۵/۵ ^a	۱۵/۳ ^{ab}	۱۲/۱ ^{ab}
اسید استیک												
۰/۱۹۶	۰/۴۳۵	۰/۰۱۰	۰/۰۷	۰/۴۷ ^{ab}	۰/۵۷ ^{ab}	۰/۶۱ ^{ab}	۰/۴۵ ^b	۰/۵۵ ^{ab}	۰/۵۳ ^{ab}	۰/۷۰ ^{ab}	۰/۷۳ ^a	۰/۶۷ ^{ab}
اسید پروپیونیک												
۰/۷۹۷	۰/۷۷۷	۰/۳۱۲	۰/۲۷	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۱/۶	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۱/۷	۲/۰
اسید بوتیریک												
۰/۴۷۴	۰/۸۰۴	۰/۱۵۹	۰/۰۷	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۷۶	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۹۸	۰/۸۷
نیتروژن آمونیاکی												
جمعیت میکروبی (log cfu/g FM)												
۰/۳۳۷	۰/۱۶۷	۰/۶۶۱	۰/۰۹	۲/۳۷	۲/۴۰	۲/۳۸	۲/۳۲	۲/۵۲	۲/۴۷	۲/۲۵	۲/۲۸	۲/۵۷
مخمر												
۰/۰۶۲	۰/۰۵۵	۰/۷۶۶	۰/۰۶	۱/۶۲	۱/۸۲	۱/۸۵	۱/۷۹	۱/۷۱	۱/۷۳	۱/۶۹	۱/۷۶	۱/۹۶
کپک												
۰/۴۸۸	۰/۰۷۰	۰/۹۱۰	۳/۴۴	۱۷۱	۱۷۰	۱۶۸	۱۷۳	۱۷۴	۱۶۴	۱۷۳	۱۷۱	۱۶۶
پایداری هوازی (ساعت)												

a-e تفاوت میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در هر ردیف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۱. M0، M1 و M2: به‌ترتیب سطح صفر، سه و شش درصد ملاس؛ F1 و F2: به‌ترتیب دوزهای صفر، ۱×۱۰^۶ و ۲×۱۰^۶ لاکتوباسیلوس فرمنتوم به‌ازای هر گرم علوفه تازه.

اثر ملاس یا لاکتوباسیلوس فرمنتوم به‌تنهایی بر ساعات پایداری هوازی سیلاژ معنی‌دار نبود. هم‌چنین، اثر متقابل استفاده از تلقیح‌کننده باکتریایی و ملاس بر پایداری هوازی سیلاژ علف نیپر مشاهده نشد (جدول ۳). در طول روند تخمیر هوازی، اثر زمان یا لاکتوباسیلوس فرمنتوم به تنهایی بر pH و جمعیت قارچ سیلاژها معنی‌دار بود و اثر ملاس نیز بر pH و جمعیت کپک

معنی‌دار بود (جدول ۴). اثرات متقابل تلقیح‌کننده باکتریایی و ملاس در زمان بر pH و جمعیت کپک مشاهده شد ($P < 0.05$). مطالعات نقش باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیرکننده ناهمگن را در افزایش پایداری هوازی سیلاژ از طریق محصولات حاصل از تخمیر مانند اسید استیک گزارش کرده‌اند (طاهرآبادی و کفیل‌زاده، ۱۴۰۰؛ Guan et al., 2018; Silva et al., 2020). در مطالعه حاضر باوجود اثر معنی‌دار لاکتو باسیلوس فرمنتوم بر تولید اسید استیک سیلاژهای علف نیپر، تفاوتی در پایداری هوازی سیلاژها مشاهده نشد. در طی روند تخمیر هوازی جمعیت مخمر و کپک در همه تیمارها افزایش نشان داد که این تغییرات نیز با افزایش pH سیلاژها همراه بود. پس از قرارگرفتن سیلاژ در معرض هوا، میکروارگانیسم‌های هوازی و مقاوم به اسید (مانند مخمرهای جذب‌کننده لاکتات و کپک) مواد بالقوه سمی تولید می‌کنند و از این طریق منجر به فساد هوازی و کاهش ارزش غذایی سیلاژ می‌شوند (Guan et al., 2020). اسیدهای آلی موجود در سیلاژ مانند اسید لاکتیک، اسید استیک و اسید پروپیونیک از جمله مواد ضد میکروبی و ضدقارچی هستند که به‌طور طبیعی توسط باکتری‌های اسیدلاکتیک تولید می‌شوند (Arriola et al., 2021). این اسیدهای آلی در شرایط هوازی باعث مهار رشد مخمرهای تجزیه‌کننده لاکتات و سایر میکروارگانیسم‌های مضر می‌شوند که از این طریق از افزایش pH سیلاژ و فساد آن جلوگیری می‌کنند (McDonald et al., 1991). زیرا در صورت افزایش pH سیلاژ، شرایط برای رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب هوازی مساعد می‌گردد (Silva et al., 2018). در سیلاژهای علف نیپر مطالعه حاضر، تغییرات کم‌تر pH و جمعیت کم قارچ‌ها پس از قرارگرفتن در معرض هوا در سیلاژهای تلقیح‌شده با لاکتو باسیلوس فرمنتوم در مقایسه با سایر سیلاژها می‌تواند ناشی از غلظت بالاتر اسیداستیک در این سیلاژها باشد.

اثر معنی‌دار ملاس و اثر غیر معنی‌دار لاکتو باسیلوس فرمنتوم بر قابلیت هضم و انرژی قابل‌متابولیسم سیلاژها مشاهده شد (جدول ۵). اثر متقابل استفاده از باکتری و ملاس بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی و انرژی قابل‌متابولیسم سیلاژ علف نیپر معنی‌دار بود. قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی تمامی سیلاژها به‌ترتیب ۶۶۱-۷۲۹ و ۷۲۹-۷۷۹ گرم در کیلوگرم بود و در سیلاژهای تهیه‌شده با سطح بالاتر ملاس افزایش قابلیت هضم و انرژی قابل‌متابولیسم مشاهده شد ($P < 0.05$).

نتایج متفاوتی از تأثیر استفاده از ملاس و تلقیح‌کننده‌های باکتریایی بر قابلیت هضم سیلاژ علوفه‌های مختلف در شرایط درون‌تنی و برون‌تنی گزارش شده است (Rooke & Kafizadeh, 1991; Li et al., 2014; Arriola et al., 2021). درخصوص اثر افزودن باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیرکننده ناهمگن برخی مطالعات عدم تغییر قابلیت هضم ماده خشک (Arriola et al., 2021) و برخی افزایش (Weinberg et al., 2007) قابلیت هضم ماده خشک را گزارش کرده‌اند. با این حال، همسو با نتایج Arriola et al. (2021) عدم تغییر در قابلیت هضم ماده خشک سیلاژ علف نیپر در مطالعه حاضر می‌تواند متأثر از دوز و یا سویه باکتری مورد استفاده باشد که احتمالاً نتوانسته از طریق اثر متقابل با میکروارگانیسم‌های شکمبه و/یا ممانعت از فعالیت‌های آنان سبب بهبود قابلیت هضم سیلاژ گردد (Weinberg et al., 2003). تأثیر مثبت ملاس در قابلیت هضم سیلاژ علف نیپر مطالعه حاضر موافق با نتایج گزارشی بود که نشان داد استفاده از ملاس ضمن بهبود کیفیت سیلاژ سبب افزایش قابلیت هضم برون‌تنی ماده خشک سیلاژ شد (Li et al., 2014). در واقع، احتمال می‌رود استفاده از منابع کربوهیدراتی در تهیه سیلاژ از طریق ایجاد شرایط اسیدی‌تر و تأثیر بر پیوندهای شیمیایی امکان افزایش قابلیت هضم سیلاژ را فراهم آورد. بنابراین، با توجه به برآورد انرژی قابل‌متابولیسم و میزان ماده آلی قابل هضم سیلاژهای علف نیپر در این مطالعه به‌نظر می‌رسد تأثیر مثبت ملاس بر قابلیت هضم ماده آلی سبب افزایش انرژی قابل‌متابولیسم در این سیلاژها شده است.

جدول ۴. تغییرات pH و جمعیت میکروبی سیلاژ علف نیپر تلقیح‌شده با سطوح مختلف ملاس (M) و لاکتوباسیلوس فرمنتوم (F) بعد از قرار گرفتن در معرض هوا

پارامترها	تیمارها ^۱		زمان (روز)			SEM	میانگین	P-value				
	F	M	صفر	۴	۸			M	F	T	M×F	M×F×T
pH	۰	۰	۴/۳۱ ^{abc}	۴/۸۳ ^a	۶/۸۸	۰/۱۷	۵/۳۴ ^a	۰/۰۲۸	۰/۰۱۱	<۰/۰۰۱	۰/۷۵۲	۰/۰۰۶
	۱		۴/۴۰ ^a	۴/۵۸ ^b	۶/۰۳		۵/۰۱ ^{ab}					
	۲		۴/۳۸ ^{ab}	۴/۴۱ ^c	۵/۹۶		۴/۹۱ ^b					
	۰	۱	۴/۱۵ ^c	۴/۴۷ ^{bc}	۶/۶۷		۵/۰۹ ^a					
	۱		۴/۱۸ ^c	۴/۳۰ ^c	۶/۵۹		۵/۰۲ ^a					
	۲		۴/۲۱ ^{bc}	۴/۵۳ ^{bc}	۶/۱۰		۴/۹۴ ^b					
	۰	۲	۳/۹۷ ^d	۴/۱۱ ^d	۷/۰۱		۵/۰۳ ^a					
	۱		۳/۹۵ ^d	۴/۰۴ ^d	۶/۱۷		۴/۷۲ ^b					
	۲		۳/۹۰ ^d	۴/۱۳ ^d	۶/۰۴		۴/۹۶ ^b					
جمعیت میکروبی (log cfu/g FM)												
مخمّر	۰	۰	۲/۵۷	۳/۹۳ ^a	۶/۹۱ ^a	۰/۱۰	۴/۴۶ ^a	۰/۴۳۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۵۵	۰/۴۱۶
	۱		۲/۲۸	۳/۲۹ ^b	۶/۳۰ ^b		۳/۹۵ ^c					
	۲		۲/۲۵	۳/۳۷ ^b	۶/۳۸ ^b		۴/۰۱ ^c					
	۰	۱	۲/۴۷	۳/۸۸ ^a	۶/۷۹ ^{ab}		۴/۳۷ ^a					
	۱		۲/۵۲	۳/۳۴ ^b	۶/۴۴ ^{ab}		۴/۱۰ ^{bc}					
	۲		۲/۳۲	۳/۵۱ ^b	۶/۴۱ ^b		۴/۰۷ ^{bc}					
	۰	۲	۲/۳۸	۳/۹۰ ^a	۶/۵۹ ^{ab}		۴/۲۸ ^{ab}					
	۱		۲/۴۰	۳/۶۴ ^{ab}	۶/۷۱ ^{ab}		۴/۲۴ ^{ab}					
	۲		۲/۳۷	۳/۴۵ ^b	۶/۶۰ ^{ab}		۴/۱۳ ^{bc}					
کپک	۰	۰	۱/۹۶	۳/۹ ^a	۸/۱۰ ^a	۰/۱۱	۴/۶۵ ^a	</۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۳۸
	۱		۱/۷۶	۱/۹۵ ^{cd}	۵/۸۱ ^{de}		۳/۱۷ ^c					
	۲		۱/۶۹	۲/۵۵ ^c	۵/۳۹ ^e		۳/۲۰ ^c					
	۰	۱	۱/۷۳	۱/۸۰ ^{cd}	۶/۲۲ ^{cd}		۳/۲۵ ^c					
	۱		۱/۷۱	۲/۰۰ ^c	۷/۵۳ ^{ab}		۳/۷۴ ^b					
	۲		۱/۷۹	۳/۳۰ ^b	۶/۶۱ ^b		۳/۸۹ ^b					
	۰	۲	۱/۸۵	۳/۱۸ ^b	۶/۹۰ ^{bc}		۳/۹۷ ^b					
	۱		۱/۸۲	۲/۵۰ ^c	۶/۴۴ ^c		۳/۵۸ ^c					
	۲		۱/۶۲	۳/۴۱ ^b	۷/۱۱ ^b		۴/۰۴ ^b					

a-e: تفاوت میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در هر بخش از ستون معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۱. M1، M2: به ترتیب سطح صفر، سه و شش درصد ملاس؛ F0، F1 و F2: به ترتیب دوزهای صفر، 1×10^6 cfu و 2×10^6 لاکتوباسیلوس فرمنتوم به‌ازای هر گرم علف تازه.

جدول ۵. قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم سیلاژ علف نیپر تلقیح‌شده با سطوح مختلف ملاس (M) و لاکتوباسیلوس فرمنتوم (F)

پارامترها	تیمارها ^۱												
	M2			M1			M0			SEM	P-value		
	F2	F1	F0	F2	F1	F0	F2	F1	F0		M×F	F	M
ماده خشک (گرم در کیلوگرم)	۶۷۹ ^{cd}	۷۱۳ ^{ab}	۶۹۷ ^{ab}	۶۷۹ ^{cd}	۶۷۴ ^{cd}	۶۷۰ ^{cd}	۶۶۹ ^{cd}	۶۷۵ ^{cd}	۶۶۱ ^d	۸/۳۵	<۰/۰۰۱	۰/۱۴۳	<۰/۰۰۱
ماده آلی (گرم در کیلوگرم)	۷۷۹ ^a	۷۸۳ ^a	۷۶۹ ^{ab}	۷۴۳ ^c	۷۳۵ ^c	۷۴۶ ^c	۷۳۴ ^c	۷۳۷ ^c	۷۲۹ ^c	۷/۶۰	<۰/۰۰۱	۰/۸۲۱	<۰/۰۰۱
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)	۹/۹ ^a	۱۰/۰ ^a	۹/۹ ^{ab}	۹/۶ ^{bc}	۹/۳ ^c	۹/۴ ^c	۹/۴ ^c	۹/۴ ^c	۹/۳ ^c	۰/۱۰۲	<۰/۰۰۱	۰/۴۵۰	<۰/۰۰۱

a-d: تفاوت میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در هر ردیف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۱. M1، M2: به ترتیب سطح صفر، سه و شش درصد ملاس؛ F0، F1 و F2: به ترتیب دوزهای صفر، 1×10^6 cfu و 2×10^6 لاکتوباسیلوس فرمنتوم به‌ازای هر گرم علف تازه.

۵. نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد، اگرچه سیلاژ علف نیپر تهیه شده بدون استفاده از افزودنی کیفیت مناسبی برخوردار بود، اما استفاده از ملاس منجر به بهبود کیفیت تخمیر بی‌هوازی و افزایش قابلیت هضم سیلاژها شد. درحالی‌که، افزودن باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم ۹۲۰۶۹ تا 2×10^6 cfu بهبودی در پایداری هوازی سیلاژ علف نیپر نشان نداد.

۶. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

۷. مشارکت نویسندگان

پروانه هاشمی: تهیه و آماده سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله؛
لیلا طاهرآبادی: نظارت بر پژوهش، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، بررسی و کنترل نتایج، مطالعه و بازبینی مقاله؛
فرخ کفیل‌زاده: طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- طاهرآبادی، لیلا و کفیل‌زاده، فرخ (۱۴۰۲). ارزش غذایی علف نیپر در مراحل مختلف رشد. *تولیدات دامی*، ۲۵(۱)، ۸۳-۹۱.
<https://doi.org/10.22059/jap.2023.350164.623711>
طاهرآبادی، لیلا و کفیل‌زاده، فرخ (۱۴۰۲). اثر فواصل برداشت در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و ارزش غذایی علف نیپر. *تولیدات دامی*، ۲۵(۲)، ۱۶۹-۱۸۱.
<https://doi.org/10.22059/jap.2023.355929.623735>
طاهرآبادی، لیلا و کفیل‌زاده، فرخ (۱۴۰۰). اثر لاکتوباسیلوس فرمنتوم جداشده از ماست بر کیفیت تخمیر و پایداری هوازی سیلاژ ذرت با رطوبت بالا. *تولیدات دامی*، ۲۳(۳)، ۳۸۷-۳۹۴.
<https://doi.org/10.22059/jap.2021.318579.623593>

References

- Amado, I. R., Fuciños, C., Fajardo, P., Guerra, N. P., & Pastrana, L. (2012). Evaluation of two bacteriocin-producing probiotic lactic acid bacteria as inoculants for controlling *Listeria monocytogenes* in grass and maize silages. *Animal Feed Science and Technology*, 175(3-4), 137-149.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.05.006>
Association of Official Analytical Chemists, A. O. A. C. (2005). Official method of Analysis (18th ed). Washington, DC: Association of Officiating Analytical Chemists, method 935.14 and 992.24. [Scientific Research]
Arriola, K. G., Oliveira, A. S., Jiang, Y., Kim, D., Silva, H. M., Kim, S. C., ... & Adesogan, A. T. (2021). Meta-analysis of effects of inoculation with *Lactobacillus buchneri*, with or without other bacteria, on silage fermentation, aerobic stability, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7653-7670. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19647>
Barker, S. B., & Summerson, W. H. (1941). The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Biological Chemistry*, 138 (2), 535-554. [Google Scholar]

- Broderick, G. A. (1987). Determination of protein degradation rates using a rumen in vitro system containing inhibitors of microbial nitrogen metabolism. *British Journal of Nutrition*, 58(3), 463-475. [Google Scholar]
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356. [Google Scholar]
- Garcez Neto, A. F., dos Santos, T. M., da Silva, J., & Fernandes, S. R. (2021). Effect of whey permeate and *Lactobacillus buchneri* on biomass conservation, chemical characteristics and aerobic stability of elephant grass silage. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 879-893. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01035-z>
- Guan, H., Shuai, Y., Ran, Q., Yan, Y., Wang, X., Li, D., ... & Zhang, X. (2020). The microbiome and metabolome of Napier grass silages prepared with screened lactic acid bacteria during ensiling and aerobic exposure. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114673. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114673>
- Jalč, D., Lauková, A., Simonová, M., Váradyová, Z., & Homolka, P. (2009). The use of bacterial inoculants for grass silage: their effects on nutrient composition and fermentation parameters in grass silages. *Czech Journal of Animal Science*, 54(2), 84-91. [Google Scholar]
- Li, M., Zi, X., Zhou, H., Hou, G., & Cai, Y. (2014). Effects of sucrose, glucose, molasses and cellulase on fermentation quality and in vitro gas production of king grass silage. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.06.016>
- Li, M., Zi, X., Zhou, H., Lv, R., Tang, J., & Cai, Y. (2021). Effect of lactic acid bacteria, molasses, and their combination on the fermentation quality and bacterial community of cassava foliage silage. *Animal Science Journal*, 92(1), e13635. <https://doi.org/10.1111/asi.13635>
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (pp. 340-pp). [Google Scholar]
- McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical journal*, 43(1), 99. [Google Scholar]
- Minson, D. J. (1984). Digestibility and voluntary intake by sheep of five Digitaria species. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 24 (127), 494-500. [Google Scholar]
- Negawo, A. T., Teshome, A., Kumar, A., Hanson, J., & Jones, C. S. (2017). Opportunities for Napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. *Agronomy*, 7(2), 28.
- Rabie, C. J., Lübben, A., Marais, G. J., & Van Vuuren, H. J. (1997). Enumeration of fungi in barley. *International Journal of Food Microbiology*, 35(2), 117-127. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(96\)01210-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(96)01210-X)
- Ranjit, N. K., & Kung Jr, L. I. M. I. N. (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](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74912-5)
- Rooke, J. A., & Kafizadeh, F. (1994). The effect upon fermentation and nutritive value of silages produced after treatment by three different inoculants of lactic acid bacteria applied alone or in combination. *Grass and Forage Science*, 49(3), 324-333. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb02007.x>
- Rooke, J. A., & Kafizadeh, F. (1991). The voluntary intake and digestibility by sheep of grass silages treated with different silage inoculants. *Proceedings of the British Society of Animal Production* (1972), 1991, 82-82. <https://doi.org/10.1017/S0308229600020328>
- Santos, A. O., Ávila, C. L. S., Pinto, J. C., Carvalho, B. F., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2016). Fermentative profile and bacterial diversity of corn silages inoculated with new tropical lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 120(2), 266-279. <https://doi.org/10.1111/jam.12980>
- Silva, L. D., Pereira, O. G., Silva, T. C., Leandro, E. S., Paula, R. A., Santos, S. A., ... & Valadares Filho, S. C. (2018). Effects of *Lactobacillus buchneri* isolated from tropical maize silage on fermentation and aerobic stability of maize and sugarcane silages. *Grass and Forage Science*, 73(3), 660-670. <https://doi.org/10.1111/gfs.12360>
- Stewart, C.S., and Duncan, S.H. (1985). The effect of avoparcin on cellulolytic bacteria of the ovine rumen. *Microbiology*, 131(3), 427-435. <https://doi.org/10.1099/00221287-131-3-427>
- Suong, N. T. M., Paengkoum, S., Purba, R. A. P., & Paengkoum, P. (2022). Optimizing anthocyanin-rich black cane (*Saccharum sinensis* Robx.) silage for ruminants using molasses and iron sulphate: A sustainable alternative. *Fermentation*, 8(6), 248. <https://doi.org/10.3390/fermentation8060248>

- Tilley, J. M. A., & Terry, D. R. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, 18(2), 104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Taherabadi, L., & Kafilzadeh, F. (2021). Effect of *Lactobacillus fermentum* isolated from yogurt on fermentation quality and aerobic stability of high moisture corn silage. *Animal Production*, 23(3), 387-394. (In Persian). <https://doi:10.22059/jap.2021.318579.623593>
- Taherabadi, L., & Kafilzadeh, F. (2023). Effect of harvesting interval in different stages of growth on yield and nutritive value of Napier grass. *Animal Production*, 25(2), 169-181. (In Persian). <https://doi:10.22059/jap.2023.355929.623735>
- Taherabadi, L., & Kafilzadeh, F. (2023). Nutritive value of Napier grass at different growth stages. *Animal Production*, 25(1), 83-91. (In Persian). <https://doi:10.22059/jap.2023.350164.623711>
- Van Soest, P. V., 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/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Weinberg, Z. G., Shatz, O., Chen, Y., Yosef, E., Nikbahat, M., Ben-Ghedalia, D., & Miron, J. (2007). Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. *Journal of dairy science*, 90(10), 4754-4762. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0176>
- Weinberg, Z. G., Muck, R. E., & Weimer, P. J. (2003). The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. *Journal of Applied Microbiology*, 94(6), 1066-1071. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01942.x>
- Yokota, H., Fujii, Y., & Ohshima, M. (1998). Nutritional quality of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage supplemented with molasses and rice bran by goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 11(6), 697-701. <https://doi.org/10.5713/ajas.1998.697>
- Zhang, L., Li, X., Wang, S., Zhao, J., Dong, Z., Zhao, Q., ... & Shao, T. (2022). Effect of Sorbic Acid, ethanol, Molasses, previously fermented juice and combined additives on ensiling characteristics and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) silage. *Fermentation*, 8(10), 528. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100528>
- Zi, X., Li, M., Yu, D., Tang, J., Zhou, H., & Chen, Y. (2021). Natural fermentation quality and bacterial community of 12 *Pennisetum sinense* varieties in Southern China. *Frontiers in Microbiology*, 12, 627820. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.627820>