Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

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

Chemical composition and *in vitro* digestibility of ensiled onion aerial parts supplemented with waste dates, molasses, and urea

Saeedeh Shahdadi[1], Seyed Mehdi Ghoreishi[2&3*], Nemat Ziaei[4], Amir Mousaie[5]

[1] MSc. Graduated and [4]Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

[2] (Corresponding author) Assistant Professor, Department of Animal Sciences, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: smghoreishi@shirazu.ac.ir

[3] Assistant Professor, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

[4] Associated Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Shirvan Higher Education Complex, Shirvan, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:
Revised:
Accepted:

Keywords:
Aerobic Stability
Gas Production
Onion Aerial Parts
Silage Additives

ABSTRACT

Background and Objectives: Onion (*Allium cepa*) cultivation generates substantial by-products, with aerial parts (leaves and stems) often discarded after bulb harvesting. In Iran, annual onion production exceeds 3.15 million tons, yielding a lot of onion tops as agricultural waste. These residues, typically left in fields or occasionally grazed by sheep, possess untapped potential as livestock feed. However, their high moisture content and low water-soluble carbohydrate (WSC) levels present challenges for direct ensiling. This study evaluated the effects of urea, molasses, and waste date as silage additives on the nutritional quality, fermentation profile, and *in vitro* gas production of onion top silage.

Materials and Methods: Onion tops were collected from Jiroft farms, wilted for 24 hours to achieve about 30% dry matter (DM), and chopped into 1–2 cm pieces. The experimental treatments included: control (no additive), urea (2.5% and 5%), molasses (10% and 15%), and waste date (10% and 15%) on fresh weight basis. The prepared material was tightly packed into polyethylene bags, vacuum-sealed, and ensiled for 60 days. Post-ensiling analyses included chemical composition (DM, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), WSC, and ammonia nitrogen (NH_3-N)), pH, and aerobic stability. *In vitro* gas production method was assessed, with derived parameters including metabolizable energy (ME), net energy for lactation (NEl), organic matter digestibility (OMD), and short-chain fatty acids (SCFA).

Results: Results indicated that all additives increased DM content compared to control ($P< 0.05$). Molasses and urea enhanced OM, while waste date reduced it. Urea supplementation significantly raised CP levels, whereas molasses and waste date had no significant effect. NDF and ADF decreased notably with molasses ($P< 0.05$), while urea and waste date only reduced NDF. WSC content increased substantially with molasses and waste date, but

remained unaffected by urea. Fermentation quality varied significantly among treatments: pH was lowest in molasses-treated silage (3.87 at 15%) and highest with urea (8.12 at 5%). NH_3-N concentrations increased markedly with urea but decreased with molasses and waste date. Aerobic stability improved with molasses (48 h vs. 44 h in control). *In vitro* gas production analysis revealed that molasses (15%) enhanced cumulative gas production and OMD, while urea reduced the gas production rate. ME and NEl values were highest with molasses (8.88 MJ/kg DM and 5.13 MJ/kg DM, respectively).

Conclusion: In conclusion, molasses and waste date effectively improved the fermentation quality and nutritional value of onion top silage. Molasses demonstrated superior effects by increasing WSC, reducing pH, and enhancing aerobic stability, while waste date improved digestibility without compromising fermentation. Although urea increased CP content, its adverse effects on pH and NH_3-N limited its overall benefits. For optimal silage production from onion tops, the addition of molasses or waste date is recommended. These findings highlight the potential for sustainable utilization of agricultural by-products in ruminant diets, offering economic and environmental advantages through reduced feed costs and waste minimization.

Cite this article: Shahdadi, S., Ghoreishi, S.M., Ziaei, N., Mousaie, A. (2026). Chemical composition and *in vitro* digestibility of ensiled onion aerial parts supplemented with waste dates, molasses, and urea. *Journal of Ruminant Research*, 14(1),

© The Author(s)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

ترکیب شیمیایی و گوارش‌پذیری آزمایشگاهی اندام‌های هوایی پیاز سیلوشده با خرمای وازده، ملاس و اوره

سعیده شهدادی[۱]، سیدمهدی قریشی[۲و ۳*]، نعمت ضیایی[۴]، امیرموسایی[۵]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و [۵]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

[۲] (**نویسنده مسئول**) استادیار بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، رایانامه: smghoreishi@shirazu.ac.ir

[۳]استادیار بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۴]دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی شیروان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت:
تاریخ ویرایش:
تاریخ پذیرش:

واژه‌های کلیدی:
آزمون تولید گاز
افزودنی‌های سیلاژ
اندام‌های هوایی پیاز
پایداری هوازی

چکیده

سابقه و هدف: هنگام برداشت غده پیاز، اندام هوایی (بوته) آن به‌جز در برخی موارد که به‌وسیله گوسفندان چرا می‌شود معمولاً کاربرد چندانی نداشته و در زمین رها می‌شود. باتوجه به تولید سالانه بیش از سه‌میلیون و یک‌صد و پنجاه‌هزار تن پیاز در کشور و به‌دنبال آن تولید شایان توجهی بوته پیاز، به‌نظر می‌رسد درصورت فرآوری مناسب و به‌کارگیری آن در جیره دام، این فرآورده جانبی می‌تواند بخشی از نیاز دام را برآورده کند. به‌دلیل رطوبت بالا و به‌ویژه کربوهیدرات محلول در آب پایین، سیلوکردن آن با چالش‌هایی روبروست. از این رو این پژوهش باهدف اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی و گوارش‌پذیری سیلوی اندام هوایی پیاز فراوری‌شده با اوره، ملاس و خرمای غیرخوراکی (وازده)، به روش تولید گاز انجام شد.

مواد و روش‌ها: اندام‌های هوایی پیاز از مزارع شهرستان جیرفت، گردآوری و پس از پژمرده شدن، برای سیلوکردن به قطعات یک تا دو سانتی‌متری خرد شدند. بوته‌های خردشده پیاز پس از آمیختن با اوره (در دو سطح ۲/۵ و ۵ درصد)، ملاس و خرمای وازده بدون هسته (هر کدام در دو سطح ۱۰ و ۱۵ درصد)، درون کیسه‌های پلاستیکی سیلو شدند. کیسه‌ها پس از ۶۰ روز باز شدند و بی‌درنگ، pH سیلاژ اندازه‌گیری شد. ترکیبات شیمیایی شامل ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، غلظت کربوهیدرات‌های محلول و نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری گوارش‌پذیری آزمایشگاهی روش تولید گاز به‌کار رفت و فراسنجه‌های تخمیر شامل گوارش‌پذیری ماده آلی، انرژی قابل سوخت‌وساز، انرژی خالص شیردهی و اسیدهای کوتاه‌زنجیره هریک از تیمارها برآورد شدند.

یافته‌ها: ماده خشک با افزودن هر سه افزودنی نسبت به سیلوی بدون افزودنی افزایش و الیاف نامحلول در شوینده خنثی کاهش یافت. ماده آلی در سیلوهای دارای اوره و ملاس بیشتر و در سیلوهای دارای خرمای وازده نسبت به شاهد کمتر بود. پروتئین خام، تنها در سیلوهای دارای

اوره (۱۷/۰۹ درصد) از سیلوی شاهد (۸/۲۸ درصد) بیشتر بود و چربی خام، فقط بـا افـزودن خرمای وازده افزایش یافت (P<۰/۰۵). الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تحت تاثیر افزودن اوره و خرمای وازده قرار نگرفت (P>۰/۰۵)؛ ولی در سیلوهای دارای ملاس (۱۵/٤۰ درصد) از سیلوی شاهد (۲٤/۱۳ درصد) به‌گونه معنی‌داری بیشتر بود. افزودن خرمای وازده و ملاس به سیلو، افزایش کربوهیدرات‌های محلول و کاهش pH و نیتـروژن آمونیـاکی را در پـی داشـت (P<۰/۰۵). افزودن خرمای وازده و اوره تاثیر معنی‌داری بر پایـداری هـوازی نداشـت؛ ولـی پایداری هوازی در سیلوهای دارای ملاس (٤۸ ساعت) بیشتر از تیمار شاهد (٤٤ ساعت) بـود (P>۰/۰۵). یافته‌های آزمایش تولید گاز نشان داد که افزودن ملاس به سیلاژ باعـث افـزایش میزان گاز تولیدی نسبت به تیمار شاهد و افزودن اوره، باعث کاهش گاز تولیدی نسبت به تیمار شاهد شد (P<۰/۰۵) درحالی‌که افزودن خرمای وازده به سیلاژ بوته پیاز، تاثیر معنی‌داری براین فراسنجه نداشت. پتانسیل تولید گاز تنها با افزودن ۱۵ درصد ملاس به سیلو افـزایش یافـت و افزودن ملاس و خرمای وازده، ثابت نرخ تولید گاز را نسبت به تیمار شاهد افزایش و افزودن اوره این فراسنجه را کاهش داد (P<۰/۰۵). انرژی قابل سوخت‌وساز و درصد گوارش‌پذیری ماده آلی در سیلوهای دارای ملاس (به ترتیب ۸/۸۸ مگاژول بر کیلـوگرم و ٦۰/۰۹ درصـد) و خرمای وازده (به ترتیب ۸/۸۷ مگاژول بر کیلوگرم و ۵۰/۱۲ درصد) از سیلوی بدون افزودنی(به ترتیب ۸/۰۸ مگاژول بر کیلوگرم و ٥٤/۹۳ درصد) بیشتر بـود (P<۰/۰۵). اسـیدهای چـرب کوتاه زنجیره و انرژی خالص شیردهی تنها با افزودن ملاس (به ترتیب ۰/۹۹ میلی‌مول و ۵/۱۳ مگاژول بر کیلوگرم) از شاهد (به ترتیب ۰/۸۷ میلی‌مول و ٤/٤۷ مگاژول بر کیلوگرم) بیشتر بود (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: افزودن ملاس و خرمای وازده به سیلاژ اندام هوایی پیاز، با بهبود تخمیر، کاهش الیاف و افزایش گوارش‌پذیری، کیفیت تغذیه‌ای سیلاژ را افزایش داد؛ در حالی که افزودن اوره به تنهایی چنین تاثیری بر کیفیت سیلاژ نداشت؛ بنابراین، به‌کارگیری ملاس و خرمای وازده به‌عنوان راهکاری مؤثر در افزایش ارزش غذایی پسماند پیاز در تغذیه دام قابل توصیه است.

استناد: شهدادی، سعیده؛ قریشی، سیدمهدی؛ ضیایی، نعمت؛ موسایی، امیر. (۱٤۰۵). ترکیب شـیمیایی و گـوارش‌پـذیری آزمایشـگاهی اندام‌های هوایی پیاز سیلوشده با خرمای وازده، ملاس و اوره. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱٤(۱)،

© نویسندگان
ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

تقاضای فزاینده برای پروتئین حیوانی به‌دلیل رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی، نیاز به تأمین پایدار خوراک دام را بیش از پیش برجسته کرده است. این چالش در مناطقی مانند ایران که بخش شایان توجهی از آن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، با محدودیت منابع آبی و کاهش تولید علوفه تشدید می‌شود. در چنین شرایطی بهره‌گیری از پسماندهای کشاورزی به‌عنوان منابع جایگزین خوراک دام، نه‌تنها می‌تواند هزینه‌های خوراک دام را کاهش دهد؛ بلکه با کاهش وابستگی به منابع خوراکی انسانی، کاهش آلودگی زیست‌محیطی ناشی از دفع ضایعات و کاهش فشار بر منابع طبیعی، به پایداری کشاورزی و دامپروری کمک می‌کند. (Naraghi Rad و همکاران، ۲۰۲۱؛ Rezanejad و همکاران، ۲۰۲۵؛ Salami و همکاران، ۲۰۱۹).

این منابع خوراکی غیرقابل مصرف برای انسان، در جریان تولید، فرآوری یا بسته‌بندی محصولات کشاورزی و صنایع غذایی به دست آمده و با بهره‌گیری از توانایی بی‌همتای شکمبه نشخوارکنندگان در تخمیر و تجزیه مواد الیافی، می‌توانند به پروتئین‌های قابل مصرف انسانی تبدیل شوند. هرچند این منابع جایگزین، به‌دلیل فراوانی و هزینه پایین می‌توانند بخشی از نیازهای تغذیه‌ای دام را بدون رقابت با منابع غذایی انسانی برآورده نمایند ولی به‌کارگیری آن‌ها با چالش‌هایی مانند رطوبت بالا، عدم امکان اندوخته‌سازی و دارابودن برخی از مواد ضدتغذیه‌ای روبروست (Rabee و همکاران، ۲۰۲۲؛ Salami و همکاران، ۲۰۱۹).

اندام هوایی پیاز یکی از فرآورده های جانبی است که باوجود تولید بالای آن در کشور، هم اکنون پس از برداشت به جز در مواردی که امکان چرای آن به‌وسیله گوسفندان وجود داشته باشد کاربرد چندانی نداشته و معمولاً در طبیعت رها می‌شود. در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، نزدیک سه‌میلیون و یک‌صد و پنجاه‌هزار تن پیاز در کشور تولید شده است. جنوب استان کرمان به‌ویژه شهرستان جیرفت، یکی از قطب‌های تولید محصولات زراعی مانند پیاز است که با تولید بیش از هشتصد و هشت هزار تن، بیش از یک چهارم تولید و سطح زیر کشت پیاز را در کشور دارا بوده و در رتبه نخست تولید پیاز کشور جای دارد (Ministry of Jihad-e-Agriculture، ۲۰۲۵) اگر وزن بوته پیاز را ۲۰ درصد وزن غده در نظر بگیریم، سالانه بیش از ۶۳۰ هزارتن در کشور و در منطقه جنوب کرمان بیش از ۱۶۱ هزار تن پسماند با ماده خشک نزدیک ۱۷ درصد تولید می‌شود. این فرآورده جانبی را در مناطقی مانند جیرفت که سطح زیر کشت گسترده‌ای دارد می‌توان با فرآوری مناسب مانند سیلوکردن، در جیره نشخوارکنندگان به‌کار برد.

برای تولید سیلاژ باکیفیت، رطوبت علوفه باید مناسب و کربوهیدرات‌های محلول در آب آن بسنده باشد تا با تولید اسیدهای آلی، به‌ویژه اسیدلاکتیک، pH سیلاژ کاهش یافته و به‌دنبال آن، از فساد میکروبی در علوفه جلوگیری شود (Mc Donald و همکاران، ۱۹۹۱). افزودن مواد دارای قند محلول، مانند ملاس و خرمای وازده به جیره با هدف افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب سیلاژ، یکی از راهکارهای معمول برای بهبود کیفیت سیلاژ است. با توجه به قند محلول پایین برخی از پسماندهای کشاورزی، برای بهبود کیفیت سیلاژِ این محصولات، افزودن خرمای دورریز (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰؛ Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳) و ملاس (Neghabi و همکاران، ۲۰۱۳) تا ۱۵ درصد نیز به این پسماندها گزارش شده است. از سوی دیگر اوره نیز با هدف بالابردن سطح پروتئین سیلاژ خوراک‌های کم‌پروتئین به سیلاژ ترکیبات گوناگون افزوده می‌شود

(Gürsoy و همکاران، ۲۰۲۳؛ Pongsub و همکاران، ۲۰۲۲).

اگرچه تغذیه غده پیاز وازده در نشخوارکنندگان بررسی شده (Shirvani و همکاران، ۲۰۲۱) ولی تاکنون پژوهشی درباره اندازه‌گیری ارزش غذایی اندام هوایی پیاز و بررسی گوارش‌پذیری آن انجام نشده است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بررسی ارزش غذایی سیلاژ اندام هوایی پیاز و تاثیر افزودن خرما، ملاس و اوره بر تجزیه پذیری و ترکیب شیمیایی آن بود.

مواد و روش‌ها

تیمارها، آماده‌سازی سیلوها و اندازه‌گیری‌های شیمیایی: اندام‌های هوایی پیاز از مزارع شهرستان جیرفت گردآوری و نمونه‌هایی از آن برای اندازه‌گیری ماده خشک و ترکیب شیمیایی برداشته شد. با توجه به رطوبت بالای بوته (۸۲ درصد)، برای رسیدن به ماده خشک مناسب برای سیلو، نخست بوته‌ها در محیط آزمایشگاه، به‌مدت یک روز پژمرده شدند تا به ماده خشک نزدیک ۳۰ درصد برسند. آنگاه بوته‌ها در اندازه‌های یک تا دو سانتی‌متری خردشده و پس از آمیخته شدن با افزودنی‌های گوناگون، درون کیسه‌های دولیتری پنج لایه پلی‌اتیلن به خوبی فشرده و سیلو شدند. برای بیرون راندن اکسیژن از درون کیسه‌ها، دستگاه پمپ خلا به‌کار رفت. تیمارهای آزمایشی با ۳تکرار شامل: ۱) بوته پیاز سیلوشده بدون مواد افزودنی (شاهد)، ۲) بوته پیاز سیلو شده با ۱۰ و ۳) ۱۵ درصد خرمای وازده (بدون هسته)، ٤) بوته پیاز سیلو شده با ۱۰ و ۵) ۱۵ درصد ملاس، ٦) بوته پیاز سیلوشده با ۲/۵ و ۷) ۵ درصد اوره (همگی بر پایه وزن تازه) بود که با بوته خشک‌شده پیاز مقایسه شد. سیلوها پس از ٦۰ روز باز شدند و و از هرتکرار نمونه‌هایی برای اندازه‌گیری بعدی برداشته شد. پس از تهیه عصاره از سیلاژ با آمیختن ۲۰ گرم نمونه سیلاژ و ۱۸۰ گرم آب و هم زدن به‌مدت ۳۰ ثانیه و صاف کردن آن با پارچه ململ دولایه، pH نمونه‌ها با pH متر (مدل Wagtech ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد (Adesogan و همکاران، ۲۰۰٤). ترکیب شیمیایی نمونه‌ها به روش انجمن شیمی‌دانان کشاورزی، (AOAC، ۲۰۰۰)، برای ماده خشک (آون، فن‌آزماگستر، ایران؛ روش ۹۲۵/٤۰)، خاکستر خام (کوره الکتریکی، فن‌آزماگستر، ایران؛ روش ۹٤۲/۰۵)، پروتئین خام (دستگاه کلدال، Behr، آلمان؛ روش ۹۵۵/۰٤) و عصاره اتری (دستگاه سوکسله، Behr، آلمان؛ روش ۹۲۰/۳۹) اندازه‌گیری شد. ماده آلی با کم کردن خاکستر از صد به دست آمد. برای اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱)، به کار رفت. برای اندازه‌گیری قندهای محلول، روش فنول-اسید سولفوریک (Dubois و همکاران، ۱۹٦۵) و برای اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی، روش فنل-هیپوکلریت (Broderick و Kang، ۱۹۸۰) استفاده شد. برای اندازه‌گیری پایداری هوازی، از هریک از سیلوها (۳تکرار در هر تیمار)، نمونه‌ای تازه به وزن نزدیک یک کیلوگرم درون سطل‌های یک‌بار مصرف ریخته و روی ظرف‌ها پارچه دولایه انداخته شد. با دماسنج الکلی، دمای مرکز سیلاژ هر یک ساعت یادداشت شد. پایداری هوازی مدت زمانی در نظر گرفته شد که دمای نمونه دو درجه از دمای پیرامون بیشتر شود (Aksu و همکاران، ۲۰۰٦).

آزمون تولید گاز و برآورد پارامترهای تخمیر: برای اندازه‌گیری گوارش‌پذیری آزمایشگاهی نمونه‌ها، روش آزمون تولید گاز به‌کار رفت (Menke و Steingass، ۱۹۸۸). آزمایش در ۲ ران و هر ران با ۲ تکرار و مطابق مطالعه Malekloozadeh و همکاران (۲۰۲۳)، انجام شد. حجم گاز تولید با به‌کارگیری

ستون آب در ساعت‌های ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱٦، ۲۰، ۲٤ و ٤۸ ساعت اندازه‌گیری شد. برای تصحیح گاز تولیدی ناشی از فعالیت میکروب‌ها، ٤ شیشه دارای شیرابه شکمبه و بافر و بدون نمونه (بلانک) در بن‌ماری گذاشته شد. گاز تولیدی در هر شیشه، پس از کم کردن از میانگین گاز تولیدی شیشه‌های بلانک در همان ساعت، به صورت داده‌های تجمعی گزارش شد. داده‌های پایانی با مدل زیر برازش شدند (Blümmel و همکاران، ۲۰۰۳):

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

در این مدل، P، مقدار گاز تولیدی به میلی‌لیتر (به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) در زمان t (ساعت)، b، پتانسیل گاز تولیدی (میلی‌لیتر) و c ثابت نرخ تولید گاز است. انرژی قابل سوخت‌وساز[1]، انرژی خالص شیردهی[2] گوارش‌پذیری ماده آلی[3] (Menke و Steingass، ۱۹۸۸) و اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره[4] (Getachew و همکاران، ۲۰۰۲) به‌ترتیب از رابطه‌های زیر برآورد شد:

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 2.2 + 0.136\ GP_{24} + 0.057\ CP + 0.0029\ EE^2$$

$$NEL\ (MJ/kg\ DM) = -0.36 + 0.1149\ GP_{24} + 0.054\ CP + 0.139\ CF - 0.054\ Ash$$

$$OMD\ (\%) = 14.88 + 0.8893\ GP_{24} + 0.448\ CP + 0.651\ Ash$$

$$SCFA\ (mmol) = 0.0222\ GP_{24} - 0.00425$$

در این رابطه‌ها GP_{24}، تولید گاز تجمعی (ml/200 mg DM) در ۲٤ ساعت، CP، EE و Ash، به‌ترتیب، درصد پروتئین خام، عصاره اتری و خاکستر خام براساس ماده خشک است.

واکاوی آماری: داده‌های به‌دست‌آمده برپایه طرح کاملاً تصادفی، با برنامه آماری SAS (ویرایش ۹/٤، سال ۲۰۰۲) و با رویه GLM واکاوی شدند. مقایسه میانگین‌ها با روش میانگین کمترین مربعات (LSMEANS) و با آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد. برای داده‌های مربوط به تولید گاز، اثر تیمار و اثر ران در مدل آماری بررسی شد و داده‌های نهایی پس از تایید عدم معنی‌داری اثر ران، برای هرتیمار، بدون تفکیک ران گزارش شدند

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی: به‌دلیل بالا بودن رطوبت بوته پیاز، سیلوکردن آن به‌صورت تازه و بدون پژمرده کردن منجر به رشد کپک و خراب شدن سیلو شد. ازاین‌رو بوته‌های پیاز پس از پژمرده شدن به‌مدت یک روز و رسیدن به ماده خشک نزدیک ۳۰ درصد سیلو شدند. ترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ نشان داده‌شده است. به‌کارگیری هر سه افزودنی در این آزمایش، سبب افزایش ماده خشک سیلاژ پیاز نسبت به شاهد شد (P<۰/۰۵). همسو با یافته‌های ما، در بیشتر پژوهش‌ها، افزایش ماده خشک سیلاژ با افزودن خرمای وازده (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰؛ Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳) و ملاس (Ayoubi Far و همکاران، ۲۰۲۱؛ Luo و همکاران، ۲۰۲۱) گزارش‌شده است.

افزایش ماده خشک سیلاژ می‌تواند به‌دلیل ماده خشک بالای خرمای وازده (۹۲/۵ درصد) و ملاس (۷۵ درصد) نسبت به بوته پیاز سیلوشده بدون افزودنی (۲٦/۸ درصد) باشد. همچنین افزودن ملاس می‌تواند باعث بهبود کیفیت تخمیر سیلاژ شده و اتلاف ماده آلی آن را کاهش دهد (Mc Donald و همکاران، ۱۹۹۱). کپک و کلستریدیا، میکروب‌های ناپسندی هستند که ممکن است با تخریب هوازی باعث از دست رفتن مواد غذایی و تجزیه ماده خشک سیلاژ شوند. اسیدی شدن سریع و کاهش pH به زیر ۵، در پیشگیری از رشد این میکروب‌ها حیاتی است (Luo و همکاران، ۲۰۲۱). هرچند در پژوهش کنونی

[1] Metabolizable energy (ME)
[2] Net energy for lactation (NEL)
[3] Organic matter digestibility (OMD)
[4] Short chain fatty acids (SCFA)

جمعیت میکروبی اندازه‌گیری نشد اما کاهش pH به زیر ۴/۵ (جدول ۲) نشان‌دهنده بهبود تخمیر در سیلاژهای دارای ملاس و نیز سیلوهای دارای خرمای وازده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی بوته پیاز و سیلاژ آن به همراه سطوح گوناگون خرمای دورریز، ملاس و اوره (٪)

Table 1. Chemical composition of onion aerial parts and its silage with different level of waste date, molasses and urea (%)

تیمار Treatment	ماده خشک Dry matter	ماده آلی Organic matter	پروتئین خام Crude protein	عصاره اتری Ether extract	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	خاکستر Ash
شاهد Control	26.82^{f}	83.50^{d}	8.28^{b}	2.30^{b}	32.93^{ab}	24.13^{ab}	16.50^{c}
خرمای ۱۰٪ Date 10%	35.42^{c}	82.03^{e}	8.22^{b}	3.41^{a}	29.63^{c}	23.50^{b}	17.97^{b}
خرمای ۱۵٪ Date 15%	37.01^{b}	80.79^{ef}	9.11^{b}	3.67^{a}	29.94^{c}	22.91^{b}	19.20^{ab}
ملاس ۱۰٪ Molasses 10%	38.30^{ab}	84.90^{c}	8.74^{b}	2.39^{b}	21.93^{d}	18.33^{c}	15.10^{d}
ملاس ۱۵٪ Molasses 15%	39.57^{a}	85.13^{bc}	9.62^{b}	2.63^{b}	19.90^{d}	15.40^{d}	14.87^{ed}
اوره ۲/۵٪ Urea 2.5%	29.49^{e}	86.43^{ab}	15.23^{a}	2.32^{b}	30.80^{bc}	24.18^{ab}	13.57^{ef}
اوره ۵٪ Urea 5%	31.28^{d}	86.67^{a}	17.09^{a}	2.38^{b}	29.83^{c}	23.31^{b}	13.33^{f}
بوته پیاز Onion aerial parts	17.57^{g}	80.27^{f}	8.45^{b}	1.80^{c}	34.20^{a}	26.01^{a}	19.73^{a}
SEM	0.52	0.44	0.14	0.16	0.81	0.82	0.44
P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Average with the same superscripts in each column have no significantly difference (P>0.05). میانگین‌های با بندواژه‌های یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارندخطای استاندارد میانگین.

SEM: Standard Error of the Mean.

با افزودن اوره به سیلاژ در برخی پژوهش‌ها، افزایش ماده خشک (Valizadeh و همکاران، ۲۰۱۵؛ Pongsub و همکاران، ۲۰۲۲) و در برخی کاهش ماده خشک سیلاژ گزارش شد (Kaewpila و همکاران، ۲۰۲۰). اوره، pH سیلاژ را افزایش داده و از اتلاف ماده آلی و تخمیر بالا جلوگیری می‌کند (Kung و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین، دلیل احتمالی افزایش ماده خشک با افزودن اوره به سیلاژ، کمک آن به جلوگیری از فعالیت میکروب‌های ناپسندی بیان شده است که باعث افت مواد مغذی سیلو می‌شوند (Pongsub و همکاران، ۲۰۲۲).

میانگین ماده آلی در بوته سیلوشده پیاز در تیمارهای دارای مواد افزودنی اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد داشت (P<۰/۰۵). سیلاژ بوته پیاز دارای خرمای وازده، ماده آلی کمتر و خاکستر خام بیشتری نسبت به شاهد داشت درحالی‌که افزودن ملاس و اوره باعث افزایش ماده آلی و کاهش خاکستر خام سیلاژ بوته پیاز شد (P<۰/۰۵). در دیگر پژوهش‌ها نیز افزایش ماده آلی و کاهش خاکستر با افزودن ملاس (Ayoubi Far و همکاران، ۲۰۲۱) و اوره (Valizadeh و همکاران، ۲۰۱۵) گزارش‌شده است. در برخی پژوهش‌ها با افزودن ملاس (Neghabi

و همکـاران، ۲۰۱۳؛ Aksu و همکـاران، ۲۰۰۶) و اوره (Kaewpila و همکاران، ۲۰۲۰؛ Pongsub و همکـاران، ۲۰۲۲) به سیلاژ تغییـر معنـی‌داری در مـاده آلـی دیـده نشد. کاهش ماده آلی که بـا افـزودن خرمـای وازده بـه سیلاژ بوته پیاز نسـبت بـه سـیلاژ شـاهد در پـژوهش کنـونی دیـده شـد، در پـژوهش Naghdi و همکـاران (۲۰۲۰)، بـا افـزودن ۱۵درصـد خرمـای ضـایعاتی بـه سیلاژ تفاله پونه نیز گزارش شد. آن‌ها بیان کردنـد کـه کاهش در ماده آلی می‌تواند به‌دلیل تجزیه مـواد سـیلاژ در فرایند تخمیر و تبدیل مواد آلـی بـه دی‌اکسـیدکربن باشد. با توجه به اینکه پژوهشی روی سیلاژ بوتـه پیـاز گزارش نشده است؛ دلیل تفاوت‌هـای دیـده‌شـده میـان یافته‌های این پژوهش با پژوهش‌های انجـام‌شـده روی سیلاژ دیگر علوفه‌ها و بقایـای محصـولات کشـاورزی می‌تواند ناشی از تفاوت نوع گیـاه و ترکیـب شـیمیایی آن باشد.

افزودن خرمای وازده به سیلاژ بوتـه پیـاز، عصـاره اتـری سـیلاژ را نسـبت بـه سـیلاژ شـاهد افـزایش داد (P<۰/۰۵)؛ درحالی‌که اوره و مـلاس تـأثیری بـر ایـن صفت نداشتند (P>۰/۰۵). سیلوکردن بوتـه پیـاز (بـا و بدون افزودنی)، درصد عصاره اتری را نسبت بـه بوتـه سیلونشـده افـزایش داد. بـا افـزودن خرمـای وازده بـه سـیلاژ بـرگ و سـاقه مـوز (Ghodusi و همکـاران، ۲۰۱۹) درصـد عصـاره اتـری دارای خرمـا از گیـاه سیلونشده بیشتر بود. Naghdi و همکـاران (۲۰۲۰)، بـا افزودن سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵درصد خرمـای وازده بـه سیلاژ تفاله پونه، افزایش چربی خام را نسبت به گـروه شاهد، تنهـا در سـیلاژ دارای ۱۵درصـد خرمـای وازده گزارش کردنـد. آن‌هـا دلیـل ایـن افـزایش را بـالابودن چربی خرمای هسته‌دار دانستند. هم‌سو با یافته‌هـای مـا در برخـی مطالعـات، افـزودن مـلاس (Pongsub و همکـاران،۲۰۲۲) و اوره (Kaewpila و همکـاران، ۲۰۲۰) تأثیری بر عصاره اتری سیلاژ نسـبت بـه شـاهد نداشت. افزودن ملاس و اوره به کـاه نـی (Valizadeh و همکاران، ۲۰۱۵) چربی سـیلاژ را نسـبت بـه سـیلاژ شاهد افزایش داد که با یافته‌های ما هم‌خوانی نداشـت. افزایش چربی با سیلوکردن ممکن است بـه‌دلیـل تغییـر در نسبت دیگر ترکیبات مانند کـاهش دیـواره سـلولی باشد (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰).

با سیلوکردن بوته پیـاز، پـروتئین خـام آن تغییـری نکـرد (P>۰/۰۵). افـزودن اوره بـه سـیلاژ بوتـه پیـاز، به‌گونه معنـی‌داری پـروتئین خـام را نسـبت بـه تیمـار شاهد افزایش داد ولـی افـزودن خرمـا و مـلاس تـأثیر معنی‌داری بر میـزان پـروتئین خـام نداشـت. اوره یـک منبـع اقتصـادی نیتـروژن‌دار بـرای افـزایش پـروتئین محصولاتی است کـه پـروتئین کمـی دارنـد (Kung و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش پـروتئین سـیلاژ بـا افـزودن اوره، به‌دلیل وجـود ترکیبـات نیترونـی در اوره، دور از انتظار نبود و در بیشتر پژوهش‌ها گـزارش‌شـده اسـت. اوره همچنین سـنتز پـروتئین را افـزایش داده و باعـث صرفه‌جویی[1] پروتئین حقیقی سیلاژ می‌شود به‌گونـه‌ای که در سیلاژ دارای اوره، پـروتئین حقیقـی و اسـیدآمینه بیشتری نسبت به سیلاژ بدون اوره دیده شـد (Kung و همکاران، ۲۰۰۳).

اثر افزودن ملاس به سیلاژ بـر درصـد پـروتئین در پژوهش‌های گوناگون یکسان نبوده و نتایج ناهمسویی گزارش‌شده است. افزودن مـلاس بـه سـیلو در برخـی پـژوهش‌هـا، افـزایش پـروتئین (Aksu و همکـاران، ۲۰۰۶؛ Ke و همکـاران، ۲۰۲۳؛ Zhao و همکـاران، ۲۰۱۹) و در برخـی کـاهش پـروتئین (Ayoubi Far و همکاران، ۲۰۲۱) را به‌دنبال داشـته و در برخـی دیگـر، تأثیر معنـی‌داری دیـده‌نشـده اسـت (Luo و همکـاران، ۲۰۲۱؛Xie و همکاران، ۲۰۲۱). دلیل افـزایش پـروتئین در برخی از پژوهش‌ها با افزودن ملاس، ممکـن اسـت به افزایش کربوهیدرات محلول مربـوط باشـد. افـزودن

[1] Sparing effect

منابع کربوهیدرات محلول می‌تواند با فراهم کردن قند بسنده برای میکروب‌های سیلو و افزایش سرعت رشد آن‌ها، باعث کاهش pH و اسیدی شدن سیلو شود. با اسیدی شدن سیلو، تجزیه پروتئین‌های سیلو به‌وسیله آنزیم‌های گیاهی و به‌دنبال آن اتلاف پروتئین کاهش یافته و در نهایت منجر به حفظ پروتئین‌های سیلو می‌شود (Ke و همکاران، ۲۰۲۳). در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده با افزودن خرمای وازده تا سطح ۱۵ درصد، تغییر معنی‌داری در میزان پروتئین خام سیلاژ در مقایسه با سیلاژ شاهد دیده نشد (Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳؛ Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰؛Taheri و همکاران، ۲۰۱۸). همسو با یافته‌های ما، درصد پروتئین برگ و ساقه درخت موز پس از سیلوکردن به همراه ۱۵ درصد خرمای غیرخوراکی، تغییری نکرد (Ghodusi و همکاران، ۲۰۱۹).

درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در سیلوی شاهد نسبت به بوته پیاز سیلو نشده تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌کارگیری هر سه ماده افزودنی خرما، ملاس در هر دو سطح و اوره، تنها در سطح ۵ درصد، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی سیلاژ بوته پیاز را نسبت به سیلوی شاهد، کاهش داد؛ درحالی‌که الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تنها با افزودن ملاس، کاهش یافت ($P<0/05$). کمترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۱۹/۹ درصد) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۱۵/٤ درصد) در بوته سیلوشده با ۱۵ درصد ملاس دیده شد. کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی با افزودن ملاس (Luo و همکاران، ۲۰۲۱؛ Ke و همکاران، ۲۰۲۳) اوره (Gursoy و همکاران، ۲۰۲۳؛ Pongsub و همکاران، ۲۰۲۲) و خرمای وازده (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰) در دیگر پژوهش‌ها نیز گزارش‌شده است.

یکی از دلایل کاهش الیاف با افزودن اوره و ملاس به سیلاژ، نبود بخش الیافی در این دو افزودنی بیان‌شده است که می‌تواند باعث رقیق‌شدن (کاهش) الیاف سیلاژ شود (Gursoy و همکاران،۲۰۲۳). همچنین، کاهش الیاف سیلاژ با افزودن ملاس، می‌تواند به دلیل هیدرولیز آنزیمی و اسیدی بخش گوارش‌پذیرتر دیواره سلولی مانند همی‌سلولز باشد (Chen و همکاران، ۲۰۱٦؛ Henderson و همکاران، ۱۹۹۳). نشان داده شده است که در گامه ثبات سیلو، هنگامی که پس از رشد میکروب های تولیدکننده اسید لاکتیک، pH سیلو پایین آمده و فعالیت بیولوژیکی بسیار کمی رخ می دهد، همی‌سلولز می‌تواند تجزیه شده و قند تولید کند. در شرایط کمبود کربوهیدرات‌های محلول در آب، میکروب های تولیدکننده اسید لاکتیک ممکن است با تخمیر قندهای حاصل از تجزیه همی سلولز، باعث کاهش بیشترِ pH شوند (Bolsen و همکاران، ۱۹۹٦). کاهش همی سلولز در طول سیلوکردن یکسان نبوده و به مرحله رشد و ماده خشک گیاه بستگی دارد؛ به‌گونه‌ای که تا ٤۰ درصد همی سلولز ممکن است تجزیه شود (Henderson و همکاران، ۱۹۹۳) از سوی دیگر، آمونیاک حاصل از تجزیه اوره در سیلاژ نیز می تواند با سازوکار آمونولیز (تجزیه به کمک آمونیاک، همانند هیدرولیز که به کمک آب انجام می‌شود) باعث شکستن پیوندهای استری درون زنجیره‌های همی‌سلولز یا پیوندهای استری بین کربوهیدرات‌ها و لیگنین شده و و باعث محلول شدن همی‌سلولز شود. فزون بر این میل ترکیبی بالای آمونیاک با آب باعث انبساط دیواره سلولی و تخریب الیاف می‌شود (Carvalho و همکاران، ۲۰۱۸؛ dos Santos و همکاران، ۲۰۲۱) این فرآیندها در نهایت می توانند منجر به افزایش گوارش پذیری سیلاژ شوند. در پژوهش کنونی، باتوجه به کاهش معنی‌دار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و عدم تغییر مقدار الیاف

نامحلول در شوینده اسیدی با افزودن خرما و اوره (در سطح ۵ درصد)، این‌گونه می‌توان استنباط کرد که ممکن است بخش عمده این کاهش ناشی از تجزیه همی‌سلولز بوده است (Chen و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین، کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلویی که به آن خرمای وازده افزوده شد نسبت به سیلوی شاهد می‌تواند تا اندازه‌ای همانند ملاس، به بهبود شرایط تخمیر (کمتر بودن pH و نیتروژن آمونیاکی) مربوط باشد. در پژوهش کنونی افزودن خرمای وازده تأثیر معنی‌داری بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نداشت که این یافته در دیگر پژوهش‌ها (Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳؛ Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰؛ Taheri و همکاران، ۲۰۱۸) نیز گزارش شد.

برای داشتن یک سیلاژ مناسب میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب گیاه پیش از سیلوکردن، باید بیش از ۵ درصد برپایه ماده خشک باشد (Weinberg، ۲۰۰۸). در آزمایش ما، میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب بوته پیاز، کم‌تر از این میزان بود (۲/۱ درصد، جدول ۲). ازاین رو برای بهبود فرآیند تخمیر در سیلوی بوته پیاز و تولید اسیدهای آلی بسنده و به‌دنبال آن کاهش مناسب pH، باید منبع مناسبی از کربوهیدرات‌های محلول در آب به آن افزوده شود (Mc Donald و همکاران، ۱۹۹۱). همچنان‌که کمتر بودن میزان pH در سیلوهای دارای ملاس و خرمای وازده نسبت به سیلاژ بدون افزودنی، تائید کننده این امر است.

جدول ۲- پروفایل تخمیری و پایداری هوازی سیلاژ پیاز دارای سطوح گوناگون خرمای دورریز، ملاس و اوره

Table 2. Fermentation profile and aerobic stability of onion aerial parts silage with different level of waste date, molasses and urea

تیمار Treatment	pH	کربوهیدرات‌های محلول در آب WSC (DM%)	نیتروژن آمونیاکی Ammonia nitrogen (mmol)	پایداری هوازی Aerobic Stability (h)
شاهد Control	4.64^{b}	0.56^{d}	5.57^{b}	44^{bc}
خرمای ۱۰٪ Date 10%	4.31^{c}	1.61^{c}	4.49^{cd}	42^{c}
خرمای ۱۵٪ Date 15%	4.19^{cd}	1.63^{c}	3.72^{d}	45^{abc}
ملاس ۱۰٪ Molasses 10%	4.06^{de}	2.73^{b}	4.85^{bc}	48^{a}
ملاس ۱۵٪ Molasses 15%	3.87^{e}	4.71^{a}	4.16^{cd}	48^{a}
اوره ۲/۵٪ Urea 2.5%	7.96^{a}	0.36^{d}	20.06^{a}	46^{ab}
اوره ۵٪ Urea 5%	8.12^{a}	0.27^{d}	20.20^{a}	47^{ab}
بوته پیاز Onion aerial parts	-	2.10^{c}	-	-
SEM	0.06	0.17	0.24	1.15
P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

میانگین‌های با بندواژه‌های یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین.

Average with the same superscripts in each column have no significantly difference (P>0.05).
SEM: Standard Error of the Mean.
WSC: Water-soluble carbohydrate.

میـزان pH و نیتـروژن آمونیـاکی در همـه تیمارهـا نسبت بـه شـاهد تفـاوت معنـی‌داری داشـتند. افـزودن مـلاس و خرمـا سـبب کـاهش و افـزودن اوره سـبب افزایش pH و نیتروژن آمونیاکی سـیلاژ بوتـه پیـاز شـد (P<۰/۰۵). بیشترین میزان pH در بوته پیاز سـیلو شـده بـا پـنج درصـد اوره (۸/۱۲) و کمتـرین میـزان pH در بوته سیلو شده با ۱۵ درصد ملاس (۳/۸۷) دیـده شـد. با افزودن ٤ درصد اوره به گیاه نـی، pH برابـر بـا ۸/۲۷ (Valizadeh و همکاران، ۲۰۱۵) بـود. بـا افـزودن ۱/۱ درصـد اوره بـه نپیـر گـراس، pH برابـر بـا ۷/۸ (Kaewpila و همکـاران، ۲۰۲۰) گـزارش شـد و نیتروژن آمونیاکی نیز در هردو مطالعه افزایش یافت که با یافته‌های پـژوهش کنـونی هـم‌خـوانی داشـت. اوره هنگام فرایند سیلوشدن به‌وسـیله آنـزیم‌هـای اوره‌آز بـه آمونیاک هیدرولیز می‌شـود. افـزایش میـزان نیتـروژن و pH در تیمارهای دارای اوره می‌توانـد بـه دلیـل تولیـد آمونیـاک در فراینـد سیلوشـدن باشـد. اوره بـا تولیـد آمونیاک، به‌دلیل ظرفیت بافری بالای آمونیـاک، از افـت pH جلـوگیری مـی‌کنـد (Gürsoy و همکـاران، ۲۰۲۳؛ Kung و همکاران، ۲۰۰۳).

تجزیه پـروتئین در طـول تخمیـر سـیلاژ، یکـی از مشکلات شایع است که بیشتر، بـه‌وسـیله پروتئازهـای گیاهی انجام می‌شود. کاهش pH سیلاژ به‌گونه مـؤثری از تجزیه پروتئین جلوگیری می‌کنـد چراکـه pH بهینـه برای تجزیه پروتئین نزدیک ٦ است و بـا کـاهش pH، پروتئازهای گیاهی نافعال می‌شوند. سرعت کاهش pH در سـیلاژ، فـاکتور اصـلی مـؤثر بـر کیفیـت تخمیـر و فعالیت میکروبی است. افزودن خرمای وازده و مـلاس با فراهم کردن میزان کربوهیـدرات محلـول لازم بـرای رشـد میکـروب‌هـا، تولیـد اسـیدلاکتیک را افـزایش می‌دهد. به‌دنبال افزایش اسیدلاکتیک، pH سیلو کـاهش مـی‌یابـد. کمتـر بـودن pH در سـیلاژ دارای خرمـا و مـلاس، مـی‌توانـد بـه‌دلیـل بیشـتر بـودن غلظـت کربوهیـدرات‌هـای محلـول در آب باشـد (Ke و همکـاران، ۲۰۲۳) و در پـی کـاهش pH، فعالیـت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین کاهش‌یافتـه و نیتـروژن آمونیاکی حاصل از آن کاهش می‌یابد.

پایداری هوازی: پایداری هوازی تحـت تـأثیر افـزودن خرمای وازده و اوره قـرار نگرفـت (P>۰/۰۵) ولـی بـا افزودن ملاس نسبت بـه گـروه شـاهد افـزایش یافـت (P<۰/۰۵). پایداری هوازی برای نگهداری مواد مغـذی سیلو و حداقل کردن تجمع سموم قارچی مهـم اسـت. فساد سیلاژ در برابر هوا پس از باز شدن کـه بیشـتر در لایه‌های بالایی سیلو رخ می‌دهد، مربوط به قـارچ‌هـا و مخمرها است. مخمرها نخستین میکروارگانیسـم‌هـایی هستند که با مصرف لاکتات در تخریب سیلاژ دخالـت دارنـد (Sousa -Alves و همکـاران، ۲۰۲۰) و محیطـی مناسب را برای رشـد دیگـر میکـروب‌هـای درگیـر در تخریـب هـوازی سـیلو فـراهم مـی‌کننـد (Santos و همکاران، ۲۰۲۰).

بیشتر بودن پایداری هوازی در سیلاژ دارای ملاس به اثـر آن بـر جلـوگیری از رشـد مخمـر و بـالا بـودن غلظـت اسـید اسـتیک نسـبت داده شـده اسـت (Ke و همکـاران،۲۰۲۳؛ Hashemzadeh-Cigari و همکـاران، ۲۰۱٤). اسـیدهای چـرب کوتـاه‌زنجیـره تولیدشـده بـه‌وسـیله بـاکتری‌هـای سـیلاژ (اسـید اسـتیک و پروپیونیک)، از رشد مخمر و قارچ جلـوگیری کـرده و پایداری هوازی سیلاژ را افزایش می‌دهند. در آزمـایش کنونی افزایش پایداری هوازی با افزودن ملاس ممکـن است به‌دلیـل افـزایش اسـیدهای چـرب کوتـاه‌زنجیـره باشد هرچند اندازه‌گیری آن انجام نشد.

اگرچه برپایه پژوهش‌های پیشین انتظـار مـی‌رفـت که افزودن اوره به دلیل تولید آمونیاک و ایجاد محیطـی قلیـایی، پایـداری هـوازی سـیلاژ را از راه مهـار رشـد مخمرها افزایش دهد (Santos و همکاران، ۲۰۲۰)؛ امـا

در پژوهش کنونی افزودن اوره در سطوح ۲/۵ و ۵ درصد تأثیر معناداری بر این فراسنجه نداشت. به نظر می‌رسد دلیل این امر، pH بسیار بالای (نزدیک ۸) تیمارهای دارای اوره باشد. هرچند آمونیاک برای مخمرها سمی است (Sousa-Alves و همکاران، ۲۰۲۰)، ولی pH قلیایی بالا می‌تواند شرایط را برای رشد و فعالیت دیگر میکروارگانیسم‌های فاسدکننده هوازی، به ویژه کپک‌ها، فراهم کند (Ogunade و همکاران، ۲۰۱۸). از سوی دیگر، کمبود کربوهیدرات‌های محلول در آب در بوته پیاز (جدول ۲)، ممکن است از تولید بسنده اسیدهای چرب کوتاه زنجیره مانند اسید استیک، به عنوان ترکیبات کلیدی مهارکننده مخمر جلوگیری کند. هرچه میزان قندهای محلول در سیلاژ بیشتر باشد، نقش اوره در بهبود پایداری هوازی پررنگ‌تر می‌شود. اوره در این حالت به‌عنوان یک عامل محافظتی عمل می‌کند که از تخریب قندها به‌وسیله میکروارگانیسم‌های هوازی جلوگیری کرده و کیفیت تغذیه‌ای سیلاژ را حفظ می‌نماید (Araújo و همکاران، ۲۰۲۳).

تولید گاز

فراسنجه‌های برآورد شده تولید گاز و تولید گاز تجمعی در ساعات ۲٤ و ٤۸ در جدول ۳ آمده است. بیشترین گاز تولیدی در سیلاژ دارای ملاس و تیمار بوته پیاز و کم‌ترین گاز تولیدی در سیلاژ دارای اوره دیده شد (شکل ۱). تولید گاز ساعت ٤۸ و پتانسیل تولید گاز، تنها در سیلاژ دارای ۱۵درصد ملاس، از سیلاژ بدون افزودنی، بیش‌تر بود. کاهش گاز تولیدی با سیلوکردن بوته پیاز در مطالعه کنونی، در دیگر پژوهش‌ها نیز گزارش‌شده و دلیل این افت تولید گاز، کاهش کربوهیدرات‌های محلول در آب پس از سیلوکردن بیان‌شده است (Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳؛ Zhao و همکاران، ۲۰۱۹). همچنان‌که در پژوهش کنونی، پس از سیلوکردن بوته پیاز، کربوهیدرات‌های محلولِ آن کاهش یافت (۲/۱ و ۰/۵٦ درصد به ترتیب برای بوته پیاز و سیلاژ بوته پیاز؛ جدول ۲).

افزودن ملاس در سطح ۱۵ درصد، به‌گونه معنی‌داری تولید گاز تجمعی در ٤۸ ساعت، پتانسیل تولید گاز و نرخ تولید گاز را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. این افزایش را می‌توان به نقش ملاس به عنوان یک منبع سرشار از کربوهیدرات‌های محلول در آب نسبت داد (Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳؛ Zhao و همکاران، ۲۰۱۹). افزودن ملاس غلظت قندهای محلول را به‌گونه چشمگیری افزایش داد (جدول ۲). این کربوهیدرات‌های دردسترس، بی‌درنگ به‌وسیله جمعیت میکروبی شکمبه استفاده شده و منجر به افزایش نرخ تخمیر و حجم کلی گاز تولیدی می‌شوند. فزون بر این، ملاس با بهبود کیفیت تخمیر سیلاژ (کاهش pH و نیتروژن آمونیاکی) و کاهش فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، قابلیت دسترسی کلی ماده آلی را برای میکروب‌های شکمبه افزایش داده و تولید گاز را افزایش می‌دهد (Gursoy و همکاران، ۲۰۲۳؛ Neghabi و همکاران، ۲۰۱۳).

افزودن ۱/۵ (Xie و همکاران، ۲۰۲۱) و ۵ درصد ملاس (Hashemzadeh-Cigari و همکاران، ۲۰۱٤) به سیلاژ یونجه و افزودن ۱۰درصد ملاس به سیلاژ گیاه کامل نی (Valizadeh و همکاران، ۲۰۱۵) تأثیری بر گاز تولیدی در مقایسه با تیمار شاهد نداشت. در پژوهش Xie و همکاران (۲۰۲۱) با افزودن ملاس به سیلاژ یونجه، نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی افزایش یافت. در آزمایش دیگری، افزودن ملاس به سیلاژ یونجه، باعث افزایش بخش گوارش‌ناپذیر پروتئین (بخش C) در سیلاژ یونجه شد (Hashemzadeh-Cigari و همکاران، ۲۰۱٤). آن‌ها برپایه یافته‌های Hashemzadeh-Cigari و همکاران (۲۰۱٤)، این‌گونه نتیجه‌گیری کردند که میزان بالای

کربوهیدرات محلول در آب در سیلاژ دارای ملاس باعث تشدید واکنش میلارد می‌شود (Xie و همکاران، ۲۰۲۱). نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی دربرگیرنده پروتئین‌های متصل به لیگنین یا تانن و محصولات میلارد است و به‌وسیله باکتری‌های شکمبه تجزیه نمی‌شود. از این‌رو افزایش نیافتن تولید گاز در سیلوهای دارای ملاس، ممکن است تا اندازه‌ای به‌دلیل تولید فرآورده‌های میلاردِ پایدار در برابر تخمیر میکروبی باشد.

جدول ۳- فراسنجه‌های تولید گاز و تولید گاز تجمعی ساعت ۲۴ و ۴۸ بوته پیاز و سیلاژ آن با سطوح گوناگون خرمای دورریز، ملاس و اوره

Table 3. Gas production parameters and cumulative gas production at 24 and 48 hours from onion aerial parts and its silage with different level of waste date, molasses and urea

تیمار Treatment	پتانسیل تولید گاز b (ml)	ثابت نرخ تولید گاز c (h^{-1})	انرژی قابل سوخت‌وساز ME (MJ/kg)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر SCFA (mmol/200 mg DM)	درصد گوارش‌پذیری ماده آلی OMD (%)	انرژی خالص شیردهی NEL (MJ/kg)	تولید گاز ۲۴ ساعت GP24 (ml/200 mg DM)	تولید گاز ۴۸ ساعت GP48 (ml/200 mg DM)
شاهد Control	42.00^{cd}	0.153^{d}	8.08^{c}	0.87^{bcd}	54.93^{c}	4.47^{cd}	39.67^{cd}	42.97^{bc}
خرمای ۱۰٪ Date 10%	40.76^{d}	0.176^{bc}	8.63^{ab}	0.93^{ab}	60.58^{a}	4.75^{bc}	42.42^{abc}	45.07^{ab}
خرمای ۱۵٪ Date 15%	43.34^{abcd}	0.194^{a}	8.87^{a}	0.88^{bc}	59.12^{ab}	4.97^{ab}	40.24^{bcd}	42.82^{bc}
ملاس ۱۰٪ Molasses 10%	44.71^{abc}	0.190^{ab}	8.67^{ab}	0.96^{a}	58.75^{ab}	4.97^{ab}	43.84^{ab}	46.07^{ab}
ملاس ۱۵٪ Molasses 15%	45.9^{ab}	0.189^{ab}	8.88^{a}	0.99^{a}	60.09^{ab}	5.13^{a}	44.92^{a}	47.92^{a}
اوره ۲/۵٪ Urea 2.5%	40.71^{d}	0.099^{e}	8.09^{c}	0.81^{d}	55.31^{c}	4.20^{d}	36.82^{ed}	38.59^{d}
اوره ۵٪ Urea 5%	42.28^{bcd}	0.112^{e}	8.36^{bc}	0.84^{cd}	57.22^{bc}	4.36^{cd}	35.92^{e}	38.27^{d}
بوته پیاز Onion aerial parts	46.66^{a}	0.168^{dc}	8.86^{ab}	1.002^{a}	60.28^{ab}	5.04^{ab}	45.37^{a}	47.07^{a}
SEM	1.24	0.005	0.14	0.02	0.96	0.12	1.29	1.56
P-value	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	< 0.01	< 0.01

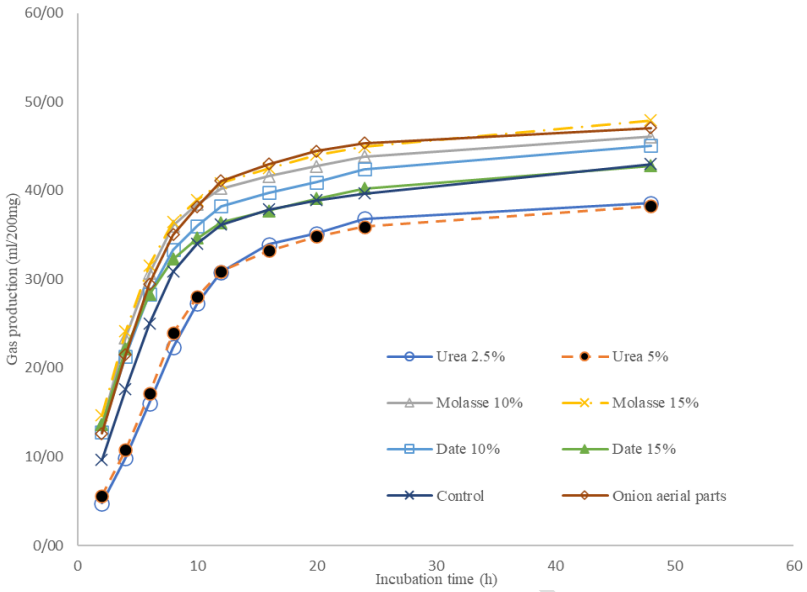
میانگین‌های با بندواژه‌های یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین.

Average with the same superscripts in each column have no significantly difference (P>0.05).
SEM: Standard Error of the Mean.
ME: Metabolizable energy, SCFA: Short-chain fatty acids, OMD: Organic matter digestibility, NEL: Net energy for lactation.

در پژوهش کنونی، افزودن خرمای وازده به سیلو، درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی را کاهش داد ولی تأثیر معنی‌داری بر گاز تولیدی و درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به سیلوی شاهد نداشت. کاهش دیواره سلولی بدون تأثیر بر دیواره سلولی بدون همی‌سلولز با افزودن خرمای وازده، در دیگر پژوهش‌ها نیز گزارش شد (Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰؛ Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳). از این‌رو به‌نظر می‌رسد افزودن خرمای وازده باعث کاهش همی‌سلولز سیلاژ شده ولی میزان لیگنین و سلولز (دیواره سلولی بدون همی‌سلولز) کاهش نیافته است. همی‌سلولز معمولاً سریع‌تر از سلولز تخمیر

می‌شود و ثابت ماندن لیگنین، به‌عنوان مانع فیزیکی و شیمیایی گوارش، می‌تواند از دسترسی میکروب‌ها به همی‌سلولز و سلولز جلوگیری کند. در نهایت کاهش دیواره سلولی بدون کاهش دیواره سلولی بدون همی‌سلولز ممکن است تأثیر کمی بر تخمیرپذیری کلی داشته باشد. در حالیکه افزودن ملاس هم دیواره سلولی و هم دیواره سلولی بدون همی‌سلولز را کاهش داد (جدول ۱).



شکل ۱- تولید گاز در تیمارهای آزمایشی در ساعت‌های گوناگون

Figure 1-Gas production of experimental treatments in different hours

از سوی دیگر، تفاوت در ترکیب شیمیایی خرما و ملاس نیز می‌تواند دلیل متفاوت بودن تأثیر این دو افزودنی بر تولید گاز باشند. بخش عمده قند ملاس از ساکارز (بیش از ۹۰ درصد قند) و بخش اندکی از گلوکز و فروکتوز تشکیل‌شده است (Palmonari و همکاران، ۲۰۲۰) در حالی‌که از کل کربوهیدرات‌های خرما، بیشترین بخش قند آن را گلوکز و فروکتوز و بخش اندکی از آن را سوکروز تشکیل می‌دهد (Al-Farsi و همکاران، ۲۰۰۸). ممکن است سرعت تخمیر و میزان گاز تولیدی آن‌ها یکسان نباشد. فزون بر این اگرچه کربوهیدرات‌ها در خرما سهم بالایی دارند اما بخشی از کربوهیدرات‌های خرما از الیاف تشکیل‌شده (Al-Farsi و همکاران، ۲۰۰۸) ولی ملاس با وجود قند فراوان (٦٢ درصد ماده خشک)، الیاف بسیار ناچیزی دارد (Palmonari و همکاران، ۲۰۲۰).

در مطالعات انجام‌شده روی خرمای وازده در کشور، میزان دیواره سلولی آن از ۲۳ تا ۳۲ درصد گزارش‌شده است (Ghodusi و همکاران، ۲۰۱۹؛ Naghdi و همکاران، ۲۰۲۰). ازاین‌رو به‌دلیل وجود الیاف و نیز بودن ترکیبات بازدارنده تخمیر مانند ترکیبات پلی‌فنولی در خرما، ممکن است تیمارهای دارای خرما، تخمیر آهسته‌تری داشته باشند و گاز کمتری تولید کنند. پلی‌فنول‌ها و تانن‌های موجود در خرما ممکن است با تشکیل پیوند با پروتئین‌ها و آنزیم‌های میکروبی و مهار فعالیت باکتری‌های شکمبه، تخمیر را کند کرده و میزان گاز تولیدی کاهش یابد (Rabee و همکاران، ۲۰۲۲).

فراسنجه‌های برآوردشده تولید گاز (انرژی قابل سوخت‌وساز، اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره، درصد گوارش‌پذیری ماده آلی و انرژی خالص شیردهی) با

سیلوکردن بوته پیاز کاهش و این فراسنجه‌ها با افزودن ملاس به سیلو نسبت به سیلوی شاهد افزایش یافتند ولی در سیلاژ دارای اوره، تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار سیلوی شاهد دیده نشد. افزودن خرمای وازده به‌جز اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره، دیگر فراسنجه‌ها را افزایش داد (P<۰/۰۵). در پژوهشی، کاهش انرژی قابل متابولسم و گوارش‌پذیری ماده آلی پس از سیلوکردن پونه کوهی و افزایش این فراسنجه‌ها با افزودن ۱۰ و ۱۵درصد خرمای وازده، گزارش شد که مشابه چنین روندی در پژوهش کنونی، با افزودن ملاس و خرمای وازده به سیلاژ بوته پیاز دیده شد. دلیل کاهش این فراسنجه‌ها پس از سیلوکردن، به کاهش میزان قند محلول در فرایند سیلوکردن و افزایش آن‌ها در سیلاژ دارای خرما نسبت به سیلوی شاهد، به افزایش قند محلول ناشی از افزودن خرما نسبت داده شد (Eshaghi Maskoni و همکاران، ۲۰۲۳). فزون بر افزایش قند محلول، کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی که در پژوهش کنونی با افزودن ملاس و خرمای وازده دیده شد (جدول ۱) نیز می‌تواند دلیل افزایش این فراسنجه‌ها باشد (Gursoy و همکاران، ۲۰۲۳). دلیل دیگر، بهبود کیفیت سیلو با افزودن ملاس و خرمای وازده است. ملاس و خرمای وازده با فراهم‌کردن کربوهیدرات‌های تندتخمیر، رشد باکتری‌های سودمند سیلو (باکتری‌های تولیدکننده لاکتیک اسید) را تحریک کرده و از تخمیرهای ناپسند مانند تولید بوتیریک اسید جلوگیری می‌کنند (Zhao و همکاران، ۲۰۱۹). در نتیجه، افت ماده خشک سیلو کاهش‌یافته و سیلوی با کیفیت بالاتر و گوارش‌پذیری بهتری به‌دست خواهد آمد. افزایش گوارش‌پذیری سیلاژ با افزودن ملاس که در دیگر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Ke و همکاران، ۲۰۲۳؛ Luo و همکاران، ۲۰۲۱) نشان‌دهنده آن است که ملاس یک افزودنی مؤثر برای بهبود قابلیت تخمیر و ارزش انرژی‌زایی سیلاژ اندام هوایی پیاز است.

ناهمسو با یافته‌های ما، در برخی پژوهش‌ها، افزودن ملاس به سیلاژ یونجه، انرژی قابل سوخت‌وساز و گوارش‌پذیری ماده آلی را افزایش نداد که در این پژوهش‌ها قند محلول نیز با افزودن ملاس به سیلاژ یونجه افزایش نیافت (Hashemzadeh-Cigari و همکاران، ۲۰۱٤؛ Xie و همکاران، ۲۰۲۱). در مقابل، در پژوهش Ayoubi Far و همکاران (۲۰۲۱)، افزودن ملاس به سیلاژ کنگر، انرژی قابل سوخت‌وساز و گوارش‌پذیری ماده آلی را نسبت به سیلوی بدون ملاس افزایش داد که با یافته‌های ما هم‌خوانی داشت.

تولید گاز در سیلوهای دارای اوره، در ساعت ۲٤ و ٤۸ نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. پتانسیل تولید گاز و فراسنجه‌های برآورد شده تولید گاز، تحت تأثیر افزودن اوره به سیلاژ بوته پیاز قرار نگرفتند ولی ثابت نرخ تولید گاز با افزودن اوره، نسبت به سیلوی بدون افزودنی کاهش یافت (P<۰/۰۵). در برخی پژوهش‌ها (Kaewpila و همکاران، ۲۰۲۰) افزودن اوره به سیلاژ در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر نرخ تولید گاز نداشت ولی پتانسیل تولید گاز را نسبت به سیلوی شاهد افزایش داد. دلیل افزایش پتانسیل تولید گاز در این پژوهش‌ها ایجاد محیط قلیایی در اثر تجزیه اوره به آمونیاک و تسهیل تخمیر الیاف و کاهش آن، بیان شد چراکه با کاهش الیاف و لیگنین، دسترسی به کربوهیدرات‌های قابل تخمیر بیشتر شده و پتانسیل تولید گاز افزایش می‌یابد. همچنین با افزودن اوره، فراهمی بیشترِ نیتروژن آمونیاکی که برای سنتز پروتئین میکروبی ضروری است می‌تواند فعالیت میکروبی و پتانسیل تولید گاز را افزایش دهد.

در پژوهش کنونی به‌کارگیری سطوح بالای اوره (۲/۵ و ۵ درصد)، افزایش قابل‌توجه pH سیلو را تا نزدیک ۸ به‌دنبال داشت که این pH بالا، ممکن است با تغییر تعادل میکروبی (کاهش فعالیت برخی از جمعیت‌های میکروبی) باعث کاهش نرخ تولید گاز شود (Santos و همکاران، ۲۰۲۰). از سوی دیگر کمبود منابع کربوهیدرات تندتخمیر در بوته پیاز (به‌عنوان منبع انرژی برای بهره‌گیری میکروب‌ها از نیتروژنِ حاصل از تجزیه اوره)، می‌تواند عامل محدودکننده رشد میکروب‌ها و تولید گاز باشد. فزون براین، گزارش‌شده است که در سامانه تولید گاز، نزدیک ٤٠ درصد از کل گاز تولیدی ناشی از تخمیر سوبسترا است و بقیه از بافرها تولید می‌شود. کاهش تولید گاز در هنگام تخمیر ترکیبات نیتروژنی، بیشتر به‌دلیل تولید آمونیاک است. آمونیاک اسیدهای چرب فرار را خنثی کرده و تولید گاز از بافر را کاهش می‌دهد (Heidari و همکاران، ۲۰۲۲).

به‌طورکلی اگرچه اوره برای افزایش پروتئین‌سازی با فراهم نمودن نیتروژن سودمند است اما در مقادیر بالا با افزایش pH می‌تواند بر ترکیب جمعیتی میکروب‌ها اثر گذاشته و نرخ تخمیر را کاهش دهد. همچنین با توجه به اینکه پتانسیل تولید گاز، بیشتر به میزان مواد تخمیرپذیر به‌ویژه قندهای محلول بستگی دارد (Gursoy و همکاران، ۲۰۲۳) عدم تأثیر اوره بر این محتوا (جدول ۲)، با وجود کاهش دیواره سلولی در سیلاژ دارای ۵ درصد اوره (جدول ۱)، باعث شد تا افزودن اوره تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل تولید گاز نداشته باشد.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این پژوهش نشان داد به‌کارگیری مواد افزودنی در آماده‌سازی سیلاژ اندام‌های هوایی پیاز می‌تواند به‌گونه معنی‌داری بر کیفیت تخمیر، پایداری هوازی و ارزش غذایی سیلاژ تأثیر بگذارد. افزودن ملاس (به‌ویژه در سطح ۱۵ درصد) باعث کاهش معنی‌دار pH، افزایش کربوهیدرات محلول در آب، کاهش نیتروژن آمونیاکی و بهبود پایداری هوازی شد. همچنین، افزودن ملاس و خرمای وازده به سیلو، منجر به کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و افزایش گوارش‌پذیری ماده آلی، انرژی قابل سوخت‌وساز و انرژی خالص شیردهی شد. در مقابل، افزودن اوره باعث افزایشpH و نیتروژن آمونیاکی شد و تأثیر مثبتی بر فراسنجه‌های تخمیر و گوارش‌پذیری نداشت؛ بنابراین، افزودن ملاس و خرمای وازده، سیلوکردن بوته پیاز را بهبود می‌بخشد. این یافته‌ها می‌توانند در بهره‌برداری از پسماندهای کشاورزی پیاز به‌عنوان خوراک دام سودمند باشند.

منابع

Adesogan, A.T., Krueger, N., Salawu, M. B., Dean, D.B., & Staples, C. R. (2004). The influence of treatment with dual purpose bacterial inoculants or soluble carbohydrates on the fermentation and aerobic stability of bermudagrass. *Journal of Dairy Science*, 87:3407-3416.

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*, 61:29-33.

Al-Farsi, M.A., & Lee, C.Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10): 877-887.

Araújo, M.L.G.M.L., Santos, E.M., De Carvalho, G.G.P., Pina, D.d.S., De Oliveira, J.S., Tosto, M.S.L., Zanine, A. d. M. (2023). Ensiling sorghum with urea, aerobic exposure and effects on intake, digestibility, ingestive behaviour and blood parameters of feedlot lambs. *Animals*, 13(12), 2005.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (15th edition). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.

Ayoubi Far, M., Gharehbash, A.M., Bayat, J., & Farivar, F. (2021). Effect of different additives on chemical composition, fermentation parameters, digestibility and gas production of *Gundelia tournefortii* silage. *Journal of Ruminant Research*, 9(3): 1-24. (In Persian).

Blümmel, M., Karsli, A., & Russell, J. (2003). Influence of diet on growth yields of rumen micro-organisms in vitro and in vivo: influence on growth yield of variable carbon fluxes to fermentation products. *British Journal of Nutrition*, 90(3), 625-634.

Bolsen, K., Ashbell, G., & Weinberg, Z. (1996). Silage fermentation and silage additives-Review. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 9(5): 483-494.

Broderick, G., & Kang, J. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*, 63(1): 64-75.

Carvalho, G.G.P., Freitas, P.M.D., Santos, E.M., Araújo, G.G. L., Oliveira, J.S., Pires, A.J.V., & Araujo, M.L.G.M.L. (2018). Effect of pearl millet silage ammoniated with urea on lamb production and metabolic performance. *Grass and forage science*, 73(3): 685-693.

Chen, L., Guo, G., Yuan, X., Zhang, J., Li, J., & Shao, T. (2016). Effects of applying molasses, lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and *in vitro* gas production of total mixed ration silage prepared with oat–common vetch intercrop on the Tibetan Plateau. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(5):1678-1685.

dos Santos, A.P.M., Santos, E.M., de Oliveira, J.S., de Carvalho, G.G.P., de Araújo, G.G. L., Zanine, A.M., & Alves, J. P. (2021). Effect of urea on gas and effluent losses, microbial populations, aerobic stability and chemical compositivo of corn (*Zea mays* L.) silage. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 53(1):309-319.

DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebes, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.

Eshaghi Maskoni, M.M., Dayani, O., Khezri, A., & Dadvar, P. (2023). Survey of chemical composition, ruminal degradability and *in vitro* gas production of Mentha pulegium pulp silage with different levels of waste date. *Journal of Ruminant Research*, (2):19-36. (In Persian).

Getachew, G., Makkar, H. & 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*, 139:341-352.

Getachew, G., Blümmel, M., Makkar, H. & Becker, K. (1998). *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 72:261-281.

Ghodusi, M., Dayani, O., Khezri, A., Sharifi Hosseini, M.M., & Tahmasbi, R. (2019). Digestibility, protozoa population and ruminal fermentation parameters in sheep fed leaf and stem of banana tree silage with inedible date. *Animal Sciences Journal*, 32(122): 159-172. (In Persian).

Gursoy, E., Sezmiş, G., & Kaya, A. (2023). Effect of urea and molasses supplementation on *in vitro* digestibility, feed quality of mixed forage silages. *Czech Journal of Animal Science*, 68: 266-276.

Hashemzadeh-Cigari, F., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Ghasemi, E., Taghizadeh, A., Kargar, S., & Yang, W.Z. (2014). Interactive effects of molasses by homofermentative and heterofermentative inoculants on fermentation quality, nitrogen fractionation, nutritive value and aerobic stability of wilted alfalfa (*Medicago sativa* L) silage. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *98*(2): 290-299.

Heidari, M., Ghorbani, G.R., Hashemzadeh, F., Ghasemi, E., Panahi, A., & Rafiee, H. (2022). Feed intake, rumen fermentation and performance of dairy cows fed diets formulated at two starch concentrations with either conventional urea or slow-release urea. *Animal Feed Science and Technology*, 290: 115366.

Henderson, N. (1993). Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45(1): 35-56.

Kaewpila, C., Khota, W., Gunun, P., Kesorn, P., & Cherdthong, A. (2020). Strategic addition of different additives to improve silage fermentation, aerobic stability and *in vitro* digestibility of napier grasses at late maturity stage. *Agriculture*, 10:262.

Ke, W., Wang, Y., Rinne, M., de Oliveira Franco, M., Li, F., Lin, Y., & Zhang, G. (2023). Effects of lactic acid bacteria and molasses on the fermentation quality, *in vitro* dry matter digestibility, and microbial community of Korshinsk peashrub (*Caragana korshinskii* Kom.) silages harvested at two growth stages. *Grass and Forage Science*, 1-13.

Kung Jr, L., Stokes, M.R., & Lin, C. (2003). Silage additives. *Silage Science and Technology*, 42: 305-360.

Luo, R., Zhang, Y., Wang, F., Liu, K., Huang, G., Zheng, N., & Wang, J. (2021). Effects of sugar cane molasses addition on the fermentation quality, microbial community, and tastes of alfalfa silage. *Animals*, 11(2): 355.

Malekloozadeh, S., Ghoreishi, S.M, Shakeri, P., & Mazhari, M. (2023). Effect of *Lactobacillus plantarum* on the chemical composition, fermentation characteristics, aerobic stability, and *in vitro* digestibility of corn silage in different periods of harvesting. *Journal of Ruminant Research*, 11(2): 69-90. (In Persian).

McDonald, P., Henderson, A., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage*. 2nd Edition, Chalcombe publications. 340p

Menke, K.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.

Ministry of Jihad-e-Agriculture. (2025). *Agricultural statistics book of the crop year 2023-2024*. *Vol.1*. Information and Communication Technology Center, Ministry of Jihad-e-Agriculture. Iran. In:https://dpe.maj.ir/uploads/21/2025/Jul/26/AJ1-1402-1403.pdf (In Persian).

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

Naraghi Rad, Z., Ghoreishi, S.M., & Kargar, S. (2021). Chemical composition and *in vitro* digestibility of pomegranate byproducts in ruminant diet. *Journal of Animal Environment*, 13(2): 67-74. (In Persian).

Neghabi, N., Jalilvand, G., Elahi, M.Y., & Shojaeian, K. (2013). Effect of different levels of yeast (*Saccaromyses cerveasia*) and molasses on the nutritive value of *Atriplex lentiformis* silage. *Journal of Ruminant Research,* 1(3): 31-50. (In Persian).

Ogunade, I.M., Martinez-Tuppia, C., Queiroz, O.C.M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Adesogan, A.T. (2018). Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), 4034-4059.

Palmonari, A., Cavallini, D., Sniffen, C. J., Fernandes, L., Holder, P., Fagioli, L., & Mammi, L. (2020). Short communication: Characterization of molasses chemical composition. *Journal of Dairy Science*, 103(7): 6244-6249.

Pongsub, S., Suntara, C., Khota, W., Boontiam, W., & Cherdthong, A. (2022). The chemical composition, fermentation end-product of silage, and aerobic stability of cassava pulp fermented with *Lactobacillus casei* TH14 and additives. *Veterinary Sciences*, 9(11): 617.

Rabee, A.E., Kewan, K.Z., El Shaer, H.M., Lamara, M., & Sabra, E.A. (2022). Effect of olive and date palm by-products on rumen methanogenic community in Barki sheep. *AIMS Microbiol*, *8*(1): 26-41.

Rezanejad, F., Ghoreishi, S.M., Kargar, S., Abarghuei, M.J., & Kahyani, A. (2025). Camelina straw as an eco-friendly forage alternative for finishing lambs: impacts on performance, rumen function and behavior. *Veterinary and Animal Science*, 29:100500.

Salami, S.A., Luciano, G., O'Grady, M.N., Biondi, L., Newbold, C.J., Kerry, J.P., & Priolo, A. (2019). Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 37-55.

Santos, A.P.M.d., Santos, E.M., Araújo, G.G.L.d., Oliveira, J.S.d., Zanine, A.d.M., Pinho, R.M.A., & Pereira, D.M. (2020). Effect of inoculation with preactivated *Lactobacillus buchneri* and urea on fermentative profile, aerobic stability and nutritive value in corn silage. *Agriculture,* 10(8): 335.

Sousa-Alves, W., Rigueira, J.-P.S., Almeida-Moura, M.M., de-Jesus, D.L., Monção, F.P., R Rocha-Júnior, V., & da-Silva, M.F. (2020). Fermentative characteristics and nutritional value of sugarcane silage added with two types of urea. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias,* 33(3): 182-194.

Shirvani, Z., Dayani, O. and Hajalizadeh, Z. (2021). Investigating the effects of wasted onion on dry matter intake, nutrient digestibility, and ruminal fermentation and blood parameters in sheep. *Animal Sciences Journal*. 34: 15-28. (In Persian).

Valizadeh, R., Mahmoodi Abyane, M., & Salahi, A. (2015). Chemical composition, rumen degradability and fermentation characteristics of fresh *Pragmates australis* ensiled with different additives. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 7:120 -128. (In Persian).

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

Weinberg, Z.G. (2008). Preservation of forage crops by solid-state lactic acid fermentation-ensiling. pp. 443-467. In A. Pandey, C. R. Soccol, & C. Larroche (eds.), *Current Developments in Solid-state Fermentation*. New York, NY: Springer New York.

Xie, Y., Bao, J., Li, W., Sun, Z., Gao, R., Wu, Z., & Yu, Z. (2021). Effects of applying lactic acid bacteria and molasses on the fermentation quality, protein fractions and *in vitro* digestibility of baled alfalfa silage. *Agronomy,* 11(1): 91.

Zhao, J., Dong, Z., Li, J., Chen, L., Bai, Y., Jia, Y., & Shao, T. (2019). Effects of lactic acid bacteria and molasses on fermentation dynamics, structural and nonstructural carbohydrate composition and in vitro ruminal fermentation of rice straw silage. Asian-Australas Journal of Animal Science, 32(6): 783-791.