
The effect of adding various moisture-absorbing materials to corn forage and its effect on dry matter, loss rate, and quantitative and qualitative parameters of corn silage

**Sirous Jalilian¹, Farshid Fatahnia², Mahdi Bahrami- yekdangi^{3*},
Mohammad Shamsolahi², Ali Mostafa-Tehrani³**

¹ Graduated MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

² Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

³ (Corresponding author) Faculty Member, Animal Sciences Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Karaj, Iran, Email: bahrami@asri.ir

⁴ Responsible for research and development of livestock companies

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received:

Revised:

Accepted:

Keywords:

Chemical composition

Corn silage

Moisture absorbent

Nutrient digestibility and

Short-chain fatty acid

Background and objectives: Corn silage, due to its high moisture content and low dry matter at harvest, is prone to excessive effluent production, impaired fermentation quality, and reduced digestibility. The inclusion of moisture-absorbing agents can reduce free water, improve anaerobic fermentation conditions, and prevent the proliferation of undesirable microorganisms, pH decline, and nutrient loss. These agents help stabilize fermentation processes, enhance the production of beneficial volatile fatty acids, and improve the chemical composition of the silage. Consequently, dry matter concentration increases, and the nutritional value and digestibility of the feed for ruminants are improved. This study aimed to evaluate the effects of different moisture-absorbing sources including dried alfalfa hay, wheat straw, ground corn grain, and dried sugar beet pulp on the chemical composition, short-chain fatty acids (SCFA) and ammonia-N concentrations, effluent production, and dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) digestibility in corn silage.

Materials and Methods: Experimental silages included: 1- control silage without any additive, 2- silage with 5% dried alfalfa hay, 3- 5% wheat straw, 4- 5% dried sugar beet pulp, 5- 5% ground corn grain, 6- 2.5% alfalfa hay + 2.5% wheat straw, 7- 2.5% alfalfa hay + 2.5% sugar beet pulp, 8- 2.5% alfalfa hay + 2.5% ground corn grain, 9- 2.5% wheat straw + 2.5% sugar beet pulp, 10- 2.5% wheat straw + 2.5% ground corn grain, and 11- 2.5% sugar beet pulp + 2.5% ground corn grain (based on DM). All silos were opened after 90 d ensiling and their characteristics were assessed

Results: Results showed that 5%AH silage had higher DM and crude protein (CP) content and lower starch contents compared to other silages ($P<0.01$). 5%CG silage had lower NDF and acid detergent fiber (ADF) and higher non-fiber carbohydrate (NFC) and starch contents than other dilages ($P<0.01$). pH of Con silage was lower than other experimental silages ($P<0.01$).

2.5%BP+2.5%CG silage had higher total volatile fatty acid (VFA), propionate and butyrate content compared to other silages ($P<0.01$). the highest concentration of acetate and lactate were observed in 5%WS and 5%AH silages, respectively ($P<0.01$). The lowest concentration of ammoni-N was observed in 5%BP and 2.5%AH+2.5%BP silages ($P<0.01$). Digestibility of DM and NDF were higher in 5%CG silage compared to other experimental silages ($P<0.01$). The lowest effluent was observed in 5%BP silage ($P<0.01$).

Conclusion: In conclusion, according to these results addition of 5% alfalfa hay or ground corn grain improved silage quality and its digestibility.

Cite this article: Jalilian,S., Fatahnia, F., Bahrami-yekdangi, M., Shamsolahi, M., Mostafa-Tehrani, A. (2026). The effect of adding various moisture-absorbing materials to corn forage and its effect on dry matter, loss rate, and quantitative and qualitative parameters of corn silage. *Journal of Ruminant Research*, 14(3),



© The Author(s)



Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر افزودن انواع مواد جاذب الرطوبت به علوفه ذرت و تأثیر آن بر ماده خشک، میزان اتلاف و فراسنجه‌های کمی و کیفی سیلاژ ذرت

سیروس جلیلیان^۱، فرشید فتاح نیا^۲، مهدی بهرامی یکدانگی^{۳*}، محمد شمس‌اللهی^۲، علی مصطفی‌طهرانی^۳

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

^۲ دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

^۳ (نویسنده مسئول) عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،

رایانامه: bahrami@asri.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: سیلاژ ذرت به دلیل رطوبت بالا در زمان برداشت، مستعد تولید پساب، افت کیفیت تخمیر و کاهش قابلیت هضم است. افزودن مواد جاذب الرطوبت با کاهش آب آزاد، شرایط تخمیر بی‌هوازی را بهبود داده و از رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب، افت pH و اتلاف مواد مغذی جلوگیری می‌کند. این مواد با تثبیت فرآورده‌های تخمیری، تولید اسیدهای چرب فرار مفید را افزایش و ترکیب شیمیایی سیلاژ را پایدارتر و ارزش تغذیه‌ای بالاتر را می‌برند. با توجه به در دسترس بودن، هزینه، و ارزش تغذیه‌ای انواع مواد جاذب الرطوبت، مطالعات معدودی تأثیر همزمان انواع جاذب الرطوبت‌ها در کنار هم را بررسی کرده است، لذا هدف از این مطالعه، بررسی اثر منابع مختلف جاذب الرطوبت شامل علوفه خشک یونجه، کاه گندم، دانه ذرت آسیاب‌شده و تفال خشک چغندر قند بر ترکیب شیمیایی، غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و نیتروژن آمونیاکی، تولید پساب و گوارش‌پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی علوفه ذرت سیلو شده بود.
تاریخ دریافت:	
تاریخ ویرایش:	
تاریخ پذیرش:	
واژه‌های کلیدی:	مواد و روش‌ها: تیمارهای آزمایشی شامل سیلاژ ذرت ۱- بدون جاذب الرطوبت و افزودنی (شاهد)، ۲- حاوی پنج درصد یونجه خشک، ۳- حاوی پنج درصد کاه گندم، ۴- حاوی پنج درصد تفال خشک چغندر قند، ۵- حاوی پنج درصد دانه ذرت آسیاب‌شده، ۶- ترکیب ۲/۵ درصد یونجه خشک و ۲/۵ درصد کاه گندم، ۷- ترکیب ۲/۵ درصد یونجه خشک و ۲/۵ درصد تفال چغندر قند، ۸- ترکیب ۲/۵ درصد یونجه خشک و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب‌شده، ۹- ترکیب ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد تفال چغندر قند، ۱۰- ترکیب ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب‌شده، ۱۱- ترکیب ۲/۵ درصد تفال چغندر قند و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب‌شده بودند. در سیلاژها پس از ۹۰ روز باز و ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها بررسی شد.
اسید چرب کوتاه زنجیر	یافته‌ها: نتایج نشان داد که سیلاژ حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه در مقایسه با سایر سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت دارای محتوای ماده خشک و پروتئین خام بیشتر و نشاسته کمتر بود ($P < 0/01$). سیلاژ حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب‌شده در مقایسه با سایر

سیلاژهای حاوی جاذب الرطوبت دارای الیاف شوینده خنثی و اسیدی کمتر و کربوهیدرات غیرالیافی و نشاسته بیشتر بود ($P < 0/01$). pH سیلاژ شاهد در مقایسه با سایر سیلاژهای آزمایشی پایین تر بود ($P < 0/01$). سیلاژ حاوی ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر سیلاژها دارای غلظت کل اسیدهای چرب فرار، پروپیونات و بوتیرات بالاتری بود ($P < 0/01$). بالاترین غلظت استات و لاکتات به ترتیب در سیلاژ حاوی ۵ درصد کاه گندم و سیلاژ حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه مشاهده شد ($P < 0/01$). کمترین غلظت نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ حاوی ۵ درصد تفاله خشک چغندر قند و سیلاژ حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک یونجه و ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند دیده شد ($P < 0/01$). گوارش پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی در سیلاژ حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر سیلاژها بیشتر بود ($P < 0/01$). کمترین میزان پساب در سیلاژ حاوی ۵ درصد تفاله خشک چغندر قند مشاهده شد ($P < 0/01$). سیلاژ شاهد در مقایسه با سایر سیلاژها دارای نقطه فلیگ بالاتری بود ($P < 0/01$).

نتیجه گیری: با توجه به نتایج، افزودن ۵ درصد علوفه خشک یونجه یا ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر ترکیبات جاذب الرطوبت بر ویژگی های کیفی و گوارش پذیری سیلاژ ذرت اثر بهتری داشت.

استناد: جلیلیان، سیروس؛ فتاح نیا، فرشید؛ بهرامی یکدانگی، مهدی؛ شمس‌اللهی، محمد؛ مصطفی طهرانی، علی. (۱۴۰۵). تأثیر افزودن انواع مواد جاذب الرطوبت به علوفه ذرت و تأثیر آن بر ماده خشک، میزان اتلاف و فراسنجه‌های کمی و کیفی سیلاژ ذرت. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۴ (۳).



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



مقدمه

از مهم‌ترین ویژگی‌های گیاهان برای سیلو کردن می‌توان به غلظت مناسب کربوهیدرات‌های قابل تخمیر مانند نشاسته و قندهای ساده، ظرفیت بافری پایین و میزان ماده خشک بین ۲۵ تا ۳۵ درصد اشاره کرد (Borreani و همکاران، ۲۰۱۸). کربوهیدرات‌های قابل تخمیر در شرایط بی‌هوازی به وسیله میکروارگانیسم‌ها تخمیر شده و اسیدهای چرب فرار را تولید می‌کنند که نه تنها می‌توانند به وسیله حیوان مصرف کننده به عنوان منبع انرژی استفاده شوند بلکه باعث حفظ کیفیت و افزایش زمان نگهداری علوفه سیلو شده می‌شوند. علوفه‌ذرت از مهم‌ترین علوفه‌ها برای تهیه سیلو در دنیا (da Silva و همکاران، ۲۰۲۲) و ایران (Valizadeh و همکاران، ۲۰۰۷) می‌باشد. از دیگر ویژگی‌های منابع علوفه‌ای برای سیلو کردن مقدار ماده خشک یا رطوبت آن در زمان برداشت می‌باشد که نه تنها بر مقدار پساب و اتلاف مواد مغذی بلکه بر کیفیت محصول نهایی اثر دارد (Yi و همکاران، ۲۰۲۳). برای مثال، بالاتر بودن مقدار رطوبت علوفه در زمان سیلوکردن احتمال کپک زدن محصول نهایی را افزایش و کیفیت آن را کاهش می‌دهد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۷).

ذرت در ایران معمولاً به‌عنوان محصول دوم و پس از برداشت گندم و جو کاشت می‌شود و مراحل نهایی بلوغ و برداشت آن با زمان آماده‌سازی و کاشت دوباره گندم و جو همزمان می‌باشد و از این رو فرصت کافی برای تکمیل مراحل نهایی بلوغ در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد و علوفه برداشت شده حاوی ماده خشک پایین و رطوبت بالایی می‌باشد. بنابراین، بخش عمده علوفه‌ذرت برداشت شده برای تهیه سیلو به‌طور متوسط حاوی حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد (میانگین ۲۳ درصد) ماده خشک می‌باشد که از مقادیر توصیه شده برای تهیه سیلاژ با کیفیت مناسب (حدود ۳۰ درصد)

پایین‌تر می‌باشد (Atrian، ۱۳۸۸). زمان ناکافی برای تکمیل مراحل فیزیولوژیکی بلوغ و مقدار پایین ماده خشک، کیفیت سیلاژ تهیه شده را کاهش می‌دهد (Ranjbar و همکاران، ۲۰۰۷). سطح رطوبت بالای علوفه برای تهیه سیلو، باعث تحریک رشد باکتری‌های کلستری‌دوم، افزایش تولید اسید بوتیریک و کاهش کیفیت محصول می‌شود که بر مصرف ماده خشک، عملکرد و سلامت حیوان اثر منفی دارد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۷). علاوه بر این، رطوبت بالای علوفه در زمان سیلو کردن و پساب ناشی از آن نه تنها با اتلاف مواد مغذی کیفیت محصول نهایی را کاهش می‌دهد، بلکه باعث آلودگی محیط زیستی نیز می‌شود (Barmaki و همکاران، ۲۰۱۷).

از مهم‌ترین روش‌های کاهش رطوبت مواد علوفه‌ای برای سیلو کردن، بهبود کیفیت محصول نهایی، کاهش پساب، کاهش اتلاف مواد مغذی و کاهش آلودگی زیست محیطی می‌توان پزمرده کردن، استفاده از ترکیبات جاذب الرطوبت و افزودنی‌های باکتریایی را نام برد (Borreani و همکاران، ۲۰۲۳؛ da Silva و همکاران، ۲۰۲۳؛ Yi و همکاران، ۲۰۲۱). به‌طور کلی، افزودنی‌های سیلو را می‌توان به چهار دسته شامل محرک‌های تخمیر، مهارکننده‌های تخمیر، مهارکننده‌های شرایط هوازی و مواد مغذی و جاذب‌ها تقسیم کرد (Kung و همکاران، ۲۰۰۳؛ Muck و همکاران، ۲۰۱۸). از مواد خوراکی جاذب الرطوبت از قبیل تفال چغندر، علوفه خشک یونجه، دانه‌های تقطیری خشک، دانه‌های غلات آسیاب شده، کاه غلات، خاک رس حاوی بنتونیت سدیم و کاغذ روزنامه را نام برد (Kung و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین در مطالعه‌ای در ایران از یونجه و تفال چغندر، به عنوان جاذب الرطوبت در سیلاژ ذرت استفاده شده (Barmaki و همکاران، ۲۰۱۷) این مواد با جذب پساب تولیدی به حفظ مواد مغذی قابل

حل در آب در داخل سیلو کمک می‌کنند و از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می‌کنند (Kung و همکاران، ۲۰۰۳). مواد جاذب الرطوبت با توجه به ماهیت آنها باعث تغییر در فرآیندهای تخمیری علوفه سیلو شده از قبیل الگوی اسید چرب فرار و pH و تغییر در ترکیب شیمیایی و گوارش‌پذیری محصول نهایی می‌شوند (McDonald و همکاران، ۱۹۹۷). مواد جاذب الرطوبت و افزودنی‌های باکتریایی و اسیدی با تغییر در الگوی اسیدهای چرب فرار در علوفه سیلو شده می‌توانند بر رفتار تغذیه‌ای و مصرف ماده خشک و به دنبال آن عملکرد حیوانات نشخوارکننده تأثیر داشته باشند (Bandla و همکاران، ۲۰۲۴).

مطالعاتی در داخل و در خارج کشور بر روی تأثیر مواد جاذب الرطوبت بر روی انواعی از علوفه‌های سیلاژی انجام شده‌است. در مطالعه‌ای که خانی و همکاران (۲۰۱۸) از یونجه در سطح ۵ و ۱۰ درصد وزن‌تر به عنوان ماده جاذب الرطوبت در علوفه‌ذرت سیلویی با ۲۲ درصد ماده خشک استفاده کردند. با افزایش درصد یونجه، پساب سیلو، pH، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و کربوهیدرات‌های محلول در آب کاهش یافت، اما ماده خشک سیلاژها به صورت خطی افزایش یافت، و اثرات تغذیه سیلاژ ذرت حاوی ماده جاذب الرطوبت یونجه تأثیر منفی بر عملکرد تولیدی گاوهای پرشیر هلشتاین نداشت، از دیگر مزایای یونجه خشک در دسترس بودن آن برای دامداران در زمان فرآیند سیلوسازی و همچنین امکان تهیه یک خوراک با خصوصیات فیبر فیزیکی مناسب می‌باشد (Barmaki و همکاران، ۲۰۱۷). در مطالعه‌ای (Moore و همکاران، ۱۹۹۴) از تفاله خشک چغندرقد بین ۴۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم به عنوان جاذب الرطوبت در علوفه چاودار یکساله استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از تفاله خشک چغندرقد سبب افزایش محتوای ماده خشک چاودار سیلاژ شده شد، علاوه بر

این استفاده از تفاله چغندرقد سبب بهبود تخمیر، کاهش pH و نیتروژن آمونیاکی، و همچنین کاهش میزان پساب تولیدی شد. در مطالعه‌ای توسط Khorvash و همکاران (۲۰۰۵) که در سیلوهای آزمایشی انجام شد در سیلوهای آزمایشگاهی به علوفه تر ذرت با ماده خشک ۲۰ درصد بر اساس وزن تر ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد جو آسیاب شده، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد پودر آب پنیر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد ملاس خشک شده، یک درصد بنتونیت، ۱ درصد زئولیت در تیمارهای آزمایشی مختلف افزوده شد. اغلب تیمارهای آزمایشی (جو، ملاس خشک شده و پودر آب پنیر خشک و ...) تأثیر معنی‌داری روی کاهش پساب، بهبود ماده خشک علوفه‌های سیلو شده داشت، علاوه بر این سطح اسید لاکتیک و اسید استیک بهبود یافت و pH سیلو کاهش یافت، علاوه بر این قابلیت هضم فیبر بهبود، با توجه به تحقیقات مختلف روی تک تک مواد جاذب الرطوبت، مطالعه جامعی تأثیر انواع مواد جاذب الرطوبت را بررسی نکرده است، با توجه به موجود بودن انواع مواد جاذب الرطوبت (همچنین متغیر بودن قیمت آنها در بازار در فصول مختلف و ارزش غذایی مختلف) هدف این پروژه بررسی انواع مواد جاذب الرطوبت به تنهایی و توانان در سطوح مختلف بر اتلاف، فراسنجه‌های کمی و کیفی سیلاژ ذرت می‌باشد. که دامداران و کارشناسان محترم بتوانند با استفاده از انواع مواد جاذب الرطوبت در دسترس شرایط بهتری در سیلاژ ذرت فراهم کنند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور انجام شد، و علوفه تازه ذرت در مرحله شیر و خمیری بودن دانه از مزارع شهرستان کرج جمع‌آوری و توسط دستگاه چاپر با قطعات ۲ تا ۳ سانتی‌متر خرد شد. از علوفه خشک یونجه، کاه گندم، دانه ذرت

سپس ویژگی شیمیایی سیلاژها مورد ارزیابی قرار گرفت.

پس از باز کردن در سیلاژها نمونه‌هایی از سطوح بالایی، میانی و انتهایی آنها جمع‌آوری و با هم مخلوط شد. به منظور اندازه‌گیری pH، ۲۰ گرم از هر نمونه به ۱۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و توسط یک مخلوط کن به‌طور کامل هموژنیزه شد. سپس میزانات از دو لایه پارچه صافی عبور داده شد و pH محلول صاف شده بلافاصله با استفاده از دستگاه pH متر (مدل tech) ثبت شد (Higginbotham و همکاران، ۱۹۹۸). پس از پایان آزمایش و نمونه برداری از سیلاژهای آزمایشی، ماده خشک، خاکستر، ماده آلی، چربی خام و پروتئین خام نمونه‌های علوفه‌ذرت سیلو شده بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC، ۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. ماده خشک با قرار دادن مقدار مشخصی از آنها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن به قطعات ۲ میلی‌متری آسیاب شدند. خاکستر آنها با قرار دادن نمونه‌ها در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. الیاف شوینده خنثی و الیاف شوینده اسیدی نمونه‌ها براساس روش پیشنهادی (Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱) و با استفاده از دستگاه فایبرتک اندازه‌گیری شد. مقدار کربوهیدرات‌های غیرالیافی نمونه‌های علوفه سیلو شده با توجه به ترکیبات اندازه‌گیری شده و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

رابطه (۱)

$$NFC (\%) = 100 - (\%NDF + \%ash + \%CP)$$

در این رابطه، NFC، کربوهیدرات‌های غیرالیافی،

NDF، الیاف شوینده خنثی، ash، خاکستر و CP،

پروتئین خام نمونه‌های علوفه سیلو شده می‌باشند.

نشاسته سیلاژهای آزمایشی بر اساس روش توصیه

شده (Hall، ۲۰۰۹) اندازه‌گیری شد.

آسیاب شده و تفاله خشک چغندر قند به عنوان جاذب الرطوبت استفاده شد. علوفه خشک یونجه و کاه گندم مشابه علوفه تازه ذرت به قطعات ۲ تا ۳ سانتی‌متری خرد شدند. پیش از شروع آزمایش ترکیب شیمیایی علوفه تازه ذرت، علوفه خشک یونجه، کاه گندم، دانه ذرت آسیاب شده و تفاله خشک چغندر قند در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (جدول ۱). علوفه ذرت خرد شده با ترکیبات جاذب الرطوبت به خوبی مخلوط و در مقیاس آزمایشگاهی در لوله‌های پلی‌اتیلن با ابعاد ۵۰ در ۱۱ سانتی‌متری مجهز به شیر تخلیه جهت خروج پساب ریخته شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- علوفه ذرت سیلو شده بدون جاذب الرطوبت و افزودنی (شاهد) ۲- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد (بر اساس ماده خشک) علوفه خشک یونجه، ۳- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد کاه گندم، ۴- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد تفاله خشک چغندر قند، ۵- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۶- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک یونجه و ۲/۵ درصد کاه گندم، ۷- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک یونجه و ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند، ۸- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک یونجه و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۹- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند، ۱۰- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۱۱- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده. پس از پر شدن و فشردن توده علوفه در سیلاژهای به خوبی مهر و موم شد. پساب تولید شده ۹۰ روز پس از شروع تهیه سیلاژها اندازه‌گیری شد و

جدول ۱- ترکیب شیمیایی علوفه ذرت، علوفه خشک یونجه، دانه ذرت آسیاب شده، کاه گندم و تفالۀ خشک چغندر قند (درصد از ماده خشک)
Table 1. Chemical composition of corn forage, dried alfalfa hay, ground corn grain, wheat straw, and dried sugar beet pulp (% of dry matter)

ترکیب شیمیایی (Chemical composition)	علوفه ذرت (Corn forage)	علوفه خشک یونجه (Dried alfalfa hay)	دانه ذرت آسیاب شده (Ground corn grain)	کاه گندم (Wheat straw)	تفالۀ چغندر قند (Dried sugar beet pulp)
ماده خشک (Dry matter)	26.5	93.2	91.26	94.30	94.17
پروتئین خام (Crude protein)	8.60	13.81	9.70	4.13	9.47
لیاف شوینده خنثی (Neutral detergent fiber)	46.20	49.0	3.40	71.80	47.20
لیاف شوینده اسیدی (Acid detergent fiber)	23.0	35.40	0.80	41.80	23.80
چربی خام (Ether extract)	2.0	3.50	4.10	4.60	1.80
خاکستر (Ash)	6.30	9.30	1.25	10.50	5.20
قند (Sugar)	7.35	-	-	-	-
نشاسته (Starch)	11.35	-	-	-	-

ایزووالرات با دستگاه گازکروماتوگرافی (Model CP-9002, Chrompack, Delft, the Netherlands) بر اساس روش توصیه شده (Batler و Ottensin, ۱۹۷۱) اندازه گیری شد.

برای شمارش تعداد مخمرها و کپک های موجود در نمونه های علوفه ذرت سیلو شده از عصاره هایی استفاده شد که برای تعیین pH از آنها استفاده شده بود. این کار با استفاده از تکنیک پور پلیت و محیط کشت آگار اسیدی شده با ۰/۵ درصد اسید لاکتیک ۸۵ درصد انجام شد. قبل از شمارش کلونی های تشکیل شده، پلیت ها برای مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد و در شرایط هوازی انکوباسیون شدند (da Silva و همکاران، ۲۰۲۴).

گوارش پذیری آزمایشگاهی ماده خشک و لیاف شوینده خنثی در نمونه سیلاژهای آزمایشی بر اساس روش توصیه شده انجام شد (Goering و Van Soest, ۱۹۷۰). برای این منظور، قبل از خوراک نوبت صبح مایع شکمبه از ۳ رأس گوساله نر با وزن ۴۰۰ کیلوگرم و سن ۳۰ ماهگی دارای فیستولای شکمبه جمع آوری شد و پس از مخلوط کردن با فلاسک دارای دمای ۳۹ درجه سانتی گراد و در شرایط بی هوازی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه

نقطه فلیگ^۱ سیلوهای آزمایشی پس از اندازه گیری pH و ماده خشک آنها با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Can و Denek, ۲۰۰۶).
(رابطه ۲)

$$\text{Flieg point} = 220 + (2 \times \text{DM} - 15) - (40 \times \text{pH})$$

که در این رابطه (۲)، DM و pH به ترتیب ماده خشک و pH نمونه های علوفه ذرت سیلو شده می باشند. برای اندازه گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی نمونه های سیلو، ۵ میلی لیتر عصاره صاف شده (روش بیان شده در عنوان ۳-۵-۲)، با یک میلی لیتر اسید متاسفریک ۲۵ درصد مخلوط و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد ذخیره شد. عصاره تهیه شده پس از یخگشایی کامل در لوله های دربدار به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. از روش فنول هیپوکلریت برای اندازه گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی استفاده شد (Kang و Broderick, ۱۹۸۰).

برای اندازه گیری غلظت اسیدهای چرب فرار از عصاره های سانتریفیوژ شده (روش بیان شده در عنوان ۳-۵-۴) استفاده شد. غلظت کل اسیدهای چرب فرار و غلظت مولی پروپیونات، بوتیرات، استات، والرات و

¹- Flieg point

(انواع مختلف جاذب الرطوبت) و e_{ij} اثر خطای آزمایشی می باشد.

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

مقایسه میانگین سیلاژهای آزمایشی با استفاده از آزمون توکی انجام شد و اثرات عوامل مذکور در مدل در سطح احتمال کمتر یا مساوی ۰/۰۵ معنی دار تلقی شدند و تمایل به معنی داری در سطح احتمال بیشتر از ۰/۰۵ و کمتر یا مساوی ۰/۱۰ در نظر گرفته شد. مقایسات مستقل (اورتوگونال) شامل مقایسه سیلاژ شاهد در مقابل سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی سیلاژها: ترکیب شیمیایی سیلاژهای آزمایشی در جدول دو آمده است. سیلاژ حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه در مقایسه با سایر سیلاژها آزمایشی دارای درصد ماده خشک و پروتئین خام بیشتری بود ($P < 0/01$). کمترین درصد الیاف شوینده خنثی و اسیدی و بیشترین درصد کربوهیدرات غیرالیافی و نشاسته در سیلاژ حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده مشاهده شد ($P < 0/01$). درصد خاکستر سیلاژ حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر سیلاژهای آزمایشی تمایل به کاهش داشت ($P = 0/06$). درصد چربی خام در سیلاژ حاوی ۵ درصد کاه گندم در مقایسه با سایر سیلاژهای آزمایشی تمایل به کاهش داشت ($P = 0/06$). با توجه به مقایسه‌های مستقل، درصد ماده خشک در سیلاژ شاهد در مقایسه با سایر سیلاژهای آزمایشی تمایل به افزایش داشت ($P = 0/06$). سیلاژ شاهد در مقایسه با سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت دارای درصد پروتئین خام کمتر و درصد الیاف شوینده خنثی و اسیدی بیشتری بود ($P < 0/01$). سیلاژ شاهد در مقایسه با سیلاژهای حاوی جاذب

مایع شکمبه توسط ۴ لایه پارچه از جنس کتان صاف و به داخل یک ارلن خلأ ریخته شد و با افزودن دی‌اکسید کربن شرایط بی‌هوازی ایجاد شد. ارلن حاوی مایع شکمبه به حمام آب گرم (۳۹ درجه سانتی‌گراد) منتقل و برای حفظ شرایط بی‌هوازی، تا زمان استفاده برای انکوباسیون به‌طور مداوم به درون ارلن گاز دی‌اکسید کربن اضافه شد. گوساله‌ها در ۲ نوبت صبح و بعد از ظهر با جیره حاوی ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره در سطح نگهداری تغذیه شدند. براق مصنوعی با روش توصیه شده آماده شد (Menke و همکاران، ۱۹۷۹). سپس ۵۰۰ میلی‌گرم وزن خشک از هر کدام از سیلاژهای آزمایشی و ۴۰ میلی‌لیتر مخلوط مایع شکمبه و براق مصنوعی به‌درون بطری‌های ۱۲۰ میلی‌لیتری مخصوص تولید گاز ریخته و پس از بستن در آنها با درپوش پلاستیکی و آلومینیومی در آون با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند. برای هر تیمار آزمایشی ۳ بطری (تکرار) در نظر گرفته شد. ۴۸ ساعت پس از شروع انکوباسیون در بطری‌ها باز و میزانات آنها روی کروسبیل‌های از قبل آماده شده ریخته و به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس ماده خشک و الیاف شوینده خنثی باقیمانده نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. گوارش‌پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی نمونه‌های سیلاژهای آزمایشی با توجه به مقدار ماده خشک ریخته شده و درصد الیاف شوینده خنثی درون بطری‌ها در ابتدای آزمایش و باقیمانده نمونه‌ها پس از انکوباسیون محاسبه شد.

داده‌های حاصل در قالب طرح کاملاً تصادفی و براساس رویه GLM نرم افزار آماری SAS و با استفاده از مدل آماری زیر تجزیه واریانس شدند؛ در این مدل، Y_{ij} متغیر وابسته، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار

خشک چغندر قند به عنوان ترکیب جاذب الرطوبت را گزارش کردند. اگرچه، در آزمایش آنها میزان الیاف شوینده خنثی و اسیدی، چربی خام و خاکستر سیلاژ تهیه شده تحت تأثیر سطوح مختلف تفاله خشک چغندر قند قرار نگرفت. همچنین، در توافق با نتایج آزمایش حاضر، (Khorvash و همکاران، ۲۰۰۶) با استفاده از سطوح مختلف دانه جو آسیاب شده به عنوان جاذب الرطوبت افزایش میزان ماده خشک و پروتئین خام و کاهش الیاف شوینده خنثی و اسیدی در علوفه ذرت سیلو شده را گزارش کردند.

علاوه بر این، افزودن سطوح مختلف علوفه خشک یونجه به سیلاژ ذرت میزان ماده خشک و پروتئین خام آن را افزایش و میزان الیاف شوینده خنثی آن را در مقایسه با سیلاژ شاهد (بدون جاذب الرطوبت) کاهش داد (Khani و همکاران، ۱۳۹۷). ترکیبات جاذب الرطوبت با کاهش مقدار پساب تولید شده در علوفه سیلو شده به حفظ مواد مغذی قابل حل در آب و به دنبال آن افزایش میزان ماده خشک و مواد مغذی در محصول نهایی کمک می‌کنند (Kung و همکاران، ۲۰۰۳؛ Kung و همکاران، ۲۰۱۸). در آزمایش حاضر، همان گونه که در جدول ۴ آمده است سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت در مقایسه با سیلاژ شاهد دارای میزان پساب کمتری بودند که می‌تواند تا حدودی بالاتر بودن ماده خشک در این سیلاژها را توجیه کند. تفاوت در ترکیب شیمیایی علوفه‌های سیلو شده در آزمایش‌های مختلف در زمان استفاده از ترکیبات مختلف جاذب الرطوبت را می‌توان به ماهیت و ترکیب شیمیایی این مواد و تأثیر آنها بر رشد انواع باکتری‌ها در توده سیلو شده ارتباط داد.

الرطوبت دارای درصد خاکستر بیشتر و درصد کربوهیدرات‌های غیرالیافی و نشاسته کمتری بود ($P < 0.05$). مواد جاذب الرطوبت چون درصد ماده خشک بالاتری نسبت به علوفه ذرت دارند، لذا در این مطالعه باعث افزایش ماده خشک سیلاژ ذرت شد، در سیلاژ آزمایشی حاوی دانه ذرت، سطح بالای کربوهیدرات غیر فیبری دانه ذرت عامل اصلی افزایش آن و به تبع آن کاهش درصد الیاف شوینده خنثی شد (Abdollahi و همکاران، ۱۴۰۳).

مشابه نتایج ما، (Fransen و همکاران، ۱۹۹۸) افزایش میزان ماده خشک سیلاژ گراس در زمان استفاده از انواع ترکیبات جاذب الرطوبت شامل علوفه خشک یونجه، دانه جو آسیاب شده و تفاله خشک چغندر قند را گزارش کردند. در آزمایش دیگری (Moore و همکاران، ۱۹۹۴) استفاده از تفاله خشک چغندر قند به عنوان جاذب الرطوبت برای تهیه سیلاژ گراس باعث کاهش میزان پروتئین خام و الیاف شوینده خنثی در محصول نهایی شد. همچنین، استفاده از علوفه خشک یونجه و تفاله خشک چغندر قند به تنهایی یا به‌طور همزمان به عنوان جاذب الرطوبت باعث افزایش میزان ماده خشک و پروتئین خام و کاهش میزان الیاف شوینده خنثی در سیلاژ ذرت شد (Abdollahi و همکاران، ۱۴۰۳). مشابه آزمایش حاضر، در آزمایش دیگری (Abdollahi و همکاران، ۱۴۰۳) نیز علوفه خشک یونجه در مقایسه با سایر ترکیبات جاذب الرطوبت تأثیر بیشتری بر میزان پروتئین خام و ماده خشک علوفه ذرت سیلو شده داشت. مطالعه دیگری (Kordi و همکاران، ۱۹۹۳) نیز افزایش میزان ماده خشک و پروتئین خام سیلاژ تفاله مرکبات در زمان افزودن سطوح مختلف تفاله

جدول ۲- اثر منابع مختلف جاذب الرطوبت بر ترکیب شیمیایی (درصد از ماده خشک) سیلاژهای آزمایشی

Table 2. Effect of different moisture absorbent sources on the chemical composition (% of dry matter) of experimental silages														
احتمال معنی داری (P-Value)		سیلوی آزمایشی [#] (Experimental silo)										ترکیب شیمیایی (Chemical composition)		
مقایسه مستقل (Orthogonal contrasts)	تیمار (Treatment)	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲		۱	
0.06	<0.01	0.31	25.07 ^c	25.63 ^{bc}	26.02 ^{bc}	26.23 ^{bc}	26.00 ^{bc}	26.37 ^{bc}	26.44 ^{bc}	26.68 ^b	26.22 ^{bc}	28.6 ^a	25.67 ^a	ماده خشک (Dry matter)
<0.01	<0.01	0.10	8.08 ^{ab}	7.62 ^b	7.76 ^b	8.13 ^a	8.08 ^a	7.98 ^a	8.02 ^a	7.96 ^{ab}	7.47 ^b	8.45 ^a	7.63 ^b	پروتئین خام (Crude protein)
<0.01	<0.01	0.49	53.8 ^c	56.1 ^{abc}	56.7 ^{ab}	54.2 ^{bc}	55.7 ^{abc}	56.6 ^{ab}	52.6 ^c	54.1 ^{bc}	56.4 ^{ab}	54.4 ^{bc}	57.7 ^{ab}	الیاف شوربنده خنثی (Neutral detergent fiber)
<0.01	<0.01	0.24	27.4 ^{bc}	28.8 ^a	29.0 ^a	27.4 ^{bc}	27.9 ^{abc}	28.6 ^{ab}	25.6 ^d	27.1 ^c	28.2 ^{abc}	27.8 ^{abc}	28.8 ^{ab}	الیاف شوربنده اسیدی (Acid detergent fiber)
0.01	0.06	0.23	6.4	7.0	6.9	6.8	7.2	6.8	6.2	6.6	7.0	6.7	7.4	خاکستر (Ash)
0.22	0.07	0.26	2.8	2.7	2.6	2.1	1.7	2.4	2.4	2.9	1.6	2.0	2.0	چربی خام (Ether extract)
0.01	0.01	0.66	28.9 ^{ab}	26.5 ^{bc}	26.0 ^{bc}	28.7 ^{ab}	27.7 ^{bc}	25.8 ^{bc}	30.8 ^a	28.4 ^{ab}	27.4 ^{bc}	28.4 ^{ab}	24.2 ^b	کربوهیدرات‌های غیرالیافی (Non-fiber carbohydrates)
0.02	<0.01	0.56	17.9 ^{ab}	15.8 ^{bc}	15.7 ^{bc}	16.9 ^{abc}	14.2 ^c	14.9 ^c	19.7 ^a	15.6 ^{bc}	15.8 ^{bc}	13.8 ^c	14.6 ^c	نشاسته (Starch)

#: ۱- سیلاژ شاهد (علوفه ذرت سیلو شده بدون جاذب الرطوبت و افزودنی)، ۲- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد علوفه خشک پونجه، ۳- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد علوفه خشک پونجه، ۴- سیلاژ ذرت حاوی ۵ درصد تقاله خشک چغندر، ۵- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۶- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک پونجه و ۲/۵ درصد تقاله خشک چغندر، ۷- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک پونجه و ۲/۵ درصد کاه گندم، ۸- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک پونجه و ۲/۵ دانه ذرت آسیاب شده، ۹- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد تقاله خشک چغندر، ۱۰- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۱۱- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد تقاله خشک چغندر و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده.

#: 1- control silage (corn forage ensiled without moisture absorbent or additive), 2- corn silage containing 5% dried alfalfa hay, 3- 5% wheat straw, 4- 5% dried sugar beet pulp, 5- 5% ground corn grain, 6- 2.5% dried alfalfa hay and 2.5% wheat straw, 7- 2.5% dried alfalfa hay and 2.5% dried sugar beet pulp, 8- 2.5% dried alfalfa hay and 2.5% ground corn grain, 9- 2.5% wheat straw and 2.5% dried sugar beet pulp, 10- 2.5% wheat straw and 2.5% ground corn grain, and 11- 2.5% dried sugar beet pulp and 2.5% ground corn grain.

\$: مقایسه سیلاژ شاهد (سیلاژ شماره ۱) در مقابل سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت (سیلاژهای شماره ۲ تا ۱۱).

\$: Comparison of the control silage (silage number 1) versus silages containing moisture absorbent combinations (silages numbers 2 to 11).

با در نظر گرفتن میزان ماده خشک علوفه‌های سیلو شده چون همه ترکیبات جاذب الرطوبت خشک هستند انتظار منطقی بر این است که میزان ماده خشک محصول نهایی را در مقایسه با علوفه بدون جاذب الرطوبت افزایش دهند. البته قدرت جذب رطوبت در آنها نیز متفاوت می‌باشد. برای مثال از بین ترکیبات استفاده شده در آزمایش حاضر، کاه گندم به علت محتوای پایین مواد مغذی قابل حل در آب در مقایسه با علوفه خشک یونجه، تفاله خشک چغندر قند و دانه ذرت آسیاب شده از توانایی پایینی برای جذب رطوبت برخوردار است (Kung و همکاران، ۲۰۰۳). اما تغییر در میزان پروتئین خام، الیاف شوینده خنثی، الیاف شوینده اسیدی و چربی خام علوفه سیلو شده در زمان استفاده از ترکیبات جاذب الرطوبت می‌تواند به ترکیب شیمیایی خود این ترکیبات و البته شرایط تخمیر در سیلو ارتباط داشته باشد. برای مثال، همان گونه که در جدول ۱ گزارش شده است علوفه خشک یونجه در مقایسه با سایر ترکیبات جاذب الرطوبت (تفاله خشک چغندر قند، کاه گندم و دانه ذرت آسیاب شده) دارای درصد پروتئین خام بالاتری بود. از این رو بالاتر بودن درصد پروتئین خام در سیلاژ ذرت حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه در مقایسه با سایر سیلاژها (جدول ۲) قابل توجیه می‌باشد. با توجه به مقایسه مستقل، سیلاژ شاهد در مقایسه با سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت دارای درصد پروتئین خام کمتری بود که ممکن است به کاهش پروتئولیز در سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت نیز ارتباط داشته باشد (Borreani و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، پایین تر بودن میزان الیاف شوینده خنثی و اسیدی و بالاتر بودن میزان کربوهیدرات‌های غیرالیافی و نشاسته در سیلاژ حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت (جدول ۲) را می‌توان به درصد پایین

الیاف شوینده خنثی و اسیدی و بالاتر بودن درصد کربوهیدرات‌های غیرالیافی و نشاسته در دانه ذرت آسیاب شده (جدول ۱) ارتباط داد.

pH، غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و نیتروژن آمونیاکی: اثر منابع مختلف جاذب رطوبت بر pH و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و نیتروژن آمونیاکی سیلاژهای آزمایشی در جدول ۳ آمده است. سیلاژ شاهد در مقایسه با سایر سیلاژهای آزمایشی دارای pH پایین‌تری بود ($P < 0.01$). مقایسه مستقل مربوط به این صفت نشان داد که pH سیلاژ شاهد در مقایسه با سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت پایین‌تر بود ($P < 0.01$). علت پایین بودن سطح pH سیلاژ شاهد، عدم استفاده از مواد جاذب الرطوبت و بالا بودن درصد رطوبت آن بود، رطوبت یکی از فاکتورهای مهم برای رشد میکروب‌های داخل سیلاژ بوده و عدم استفاده از مواد جاذب الرطوبت فعالیت آنها را بیشتر کرده و کاهش pH را سبب می‌شود (Kung و همکاران، ۲۰۰۳؛ Kung و همکاران، ۲۰۱۸).

غلظت کل اسیدهای چرب فرار، اسید پروپیونیک و اسید بوتیریک در سیلاژ حاوی ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر سیلاژهای آزمایشی بالاتر بود ($P < 0.01$). با توجه به مقایسه مستقل، تفاوتی در غلظت کل اسیدهای چرب فرار، پروپیونات و بوتیرات بین سیلاژهای حاوی منابع مختلف جاذب الرطوبت و سیلاژ شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$). سیلاژ حاوی ۵ درصد کاه گندم در مقایسه با سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت دارای غلظت استات بیشتری بود ($P < 0.01$). علاوه بر این با توجه به مقایسه مستقل، سیلاژ شاهد در مقایسه با سایر سیلاژها دارای غلظت استات کمتری بود ($P < 0.01$).

جدول ۳- اثر منابع مختلف جاذب الرطوبت بر pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی (گرم در کیلوگرم ماده خشک) و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (گرم در کیلوگرم ماده خشک) سیلاژهای آزمایشی
Table 3. Effect of different moisture absorbent sources on pH, ammonia nitrogen concentration (g/kg dry matter), and short-chain fatty acids (g/kg dry matter) of experimental silages

احتمال معنی داری (P-Value)		سیلوی آزمایشی [#] (Experimental silo)										فراسنجه (Parameter)	
مقایسه مستقل ⁵ (Orthogonal contrasts)	تیمار (Treatment)	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
<0.01 0.99	<0.01 <0.01	0.03 0.90	4.2 ^a 49.0 ^f	4.1 ^a 72.6 ^a	4.2 ^a 62.4 ^{cd}	4.2 ^a 70.6 ^a	4.1 ^a 71.7 ^a	4.1 ^a 54.8 ^e	4.0 ^{ab} 55.5 ^e	4.1 ^a 64.1 ^{bc}	4.1 ^a 58.3 ^{de}	3.9 ^b 63.4 ^c	کل اسیدهای چرب فرار (Total volatile fatty acids) pH
<0.01	<0.01	2.12	28.4 ^{ab}	29.5 ^{ab}	23.9 ^{abc}	25.2 ^{abc}	28.8 ^{ab}	19.0 ^{bc}	16.6 ^c	30.6 ^a	24.8 ^{abc}	16.6 ^c	استات (Acetate)
0.50	<0.01	2.25	3.6 ^c	16.8 ^{ab}	11.7 ^{abc}	14.5 ^{abc}	7.0 ^{bc}	11.9 ^{abc}	10.3 ^{abc}	8.1 ^b	5.7 ^{bc}	9.4 ^b	پروپیونات (Propionate)
0.28	<0.01	1.25	8.2 ^{bc}	9.6 ^{bc}	8.9 ^{bc}	11.3 ^{ab}	5.9 ^{bc}	4.5 ^c	6.2 ^{bc}	8.8 ^{bc}	9.2 ^{bc}	7.4 ^{bc}	بوتیرات (Butyrate)
0.14	0.06	0.54	5.3	5.1	5.1	5.8	3.8	3.9	3.7	3.9	3.9	5.4	ایزوبوتیرات (Isobutyrate)
<0.01	<0.01	0.55	3.5 ^e	2.1 ^e	6.8 ^{cd}	8.3 ^{bc}	8.5 ^{bc}	10.1 ^b	14.1 ^a	6.8 ^{cd}	7.7 ^c	15.0 ^a	والرات (Valerate)
<0.01	<0.01	0.32	5.9 ^c	19.0 ^a	5.9 ^{cd}	5.4 ^{cd}	17.6 ^a	5.3 ^d	4.5 ^d	5.7 ^{cd}	7.0 ^c	9.4 ^b	ایزووالرات (Isovalerate)
<0.01	<0.01	1.92	26.3 ^c	26.7 ^c	31.1 ^c	27.3 ^c	35.9 ^{bc}	34.4 ^{bc}	33.9 ^{bc}	35.5 ^{cd}	45.5 ^a	42.3 ^{ab}	لاکتات (Lactate)
0.01	<0.01	0.25	1.3 ^{bc}	1.8 ^{ab}	2.5 ^a	0 ^e	1.2 ^{bc}	0.8 ^{bc}	0 ^e	0.8 ^{bc}	0.9 ^{bc}	0.4 ^c	نیتروژن آمونیاکی (Ammonia nitrogen)

#: ۱- سیلاژ شاهد (علوفه ذرت سیلو شده بدون جاذب الرطوبت و افزودنی)، ۲- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه، ۳- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه، ۴- سیلاژ ذرت حاوی ۵ درصد تقاله خشک چغندرقد، ۵- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۶- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۷/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۷- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۷/۵ درصد کاه گندم، ۸- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۷/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۹- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۷/۵ درصد کاه گندم و ۷/۵ درصد تقاله خشک چغندرقد، ۱۰- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۷/۵ درصد کاه گندم و ۷/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۱۱- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۷/۵ درصد تقاله خشک چغندرقد و ۷/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده.

S: مقایسه سیلاژ شاهد (سیلاژ شماره ۱) در مقابل سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت (سیلاژهای شماره ۲ تا ۱۱).
S: Comparison of the control silage (silage number 1) versus silages containing moisture absorbent combinations (silages numbers 2 to 11).

غلظت ایزوبوتیرات سیلاژهای آزمایشی تحت تأثیر ترکیبات جاذب الرطوبت قرار نگرفت ($P > 0.05$). بیشترین غلظت والرات و ایزووالرات به ترتیب در سیلاژ شاهد و سیلاژ حاوی ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند و ۲/۵ درصد کاه گندم مشاهده شد ($P < 0.01$). سیلاژ حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه در مقایسه با سایر سیلاژهای آزمایشی دارای غلظت لاکتات بیشتری بود ($P < 0.01$). همچنین مقایسه مستقل نشان داد که سیلاژ شاهد در مقایسه با سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت دارای غلظت لاکتات بالاتری بود ($P < 0.01$). غلظت نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ حاوی ۵ درصد تفاله خشک چغندر قند و سیلاژ حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک یونجه و ۲/۵ درصد تفاله خشک چغندر قند در مقایسه با سایر سیلاژها کمتر بود ($P < 0.01$). علاوه بر این، سیلاژ شاهد در مقایسه با سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت دارای غلظت نیتروژن آمونیاکی کمتری بود ($P < 0.01$). در تحقیقات قبل در ارتباط با اثر استفاده از ترکیبات جاذب الرطوبت بر pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در علوفه‌های سیلو شده نتایج متناقضی به دست آمده است. در آزمایش دیگری (Khani و همکاران، ۱۹۹۷) استفاده از سطوح مختلف علوفه خشک یونجه به عنوان جاذب الرطوبت بر pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی سیلاژ ذرت تولید شده تأثیری نداشت.

در صورتی که با افزایش سطح تفاله خشک چغندر قند به عنوان جاذب الرطوبت در آزمایش دیگری (Kordi و همکاران، ۱۳۹۳) pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی سیلاژ تفاله مرکبات تولید شده افزایش یافت. افزودن سطوح مختلف دانه جو آسیاب شده به سیلاژ ذرت حاوی رطوبت بالا در مطالعه‌ای (Khorvash و همکاران، ۲۰۰۶) تأثیری بر pH و

غلظت کل اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، اسید استیک، اسید لاکتیک و نیتروژن آمونیاکی محصول نهایی نداشت. همچنین، افزودن تفاله خشک چغندر قند و دانه جو آسیاب شده به عنوان جاذب الرطوبت به سیلاژ علوفه گراس در مقایسه با سیلاژ شاهد باعث کاهش غلظت اسید استیک، اسید پروپیونیک و pH و افزایش غلظت اسید لاکتیک و نیتروژن آمونیاکی در محصول نهایی شد اما تفاوتی در این فراسنجه‌ها بین سیلاژ حاوی علوفه خشک یونجه و سیلاژ شاهد وجود نداشت (Fransen و همکاران، ۱۹۹۸). تفاوت در نتایج به دست آمده در آزمایش‌های مختلف در زمان استفاده از ترکیبات جاذب الرطوبت را می‌توان به درصد رطوبت علوفه اولیه برای تهیه سیلو، مقدار و ویژگی (ترکیب شیمیایی) ترکیبات جاذب الرطوبت و طول مدت زمان سیلو کردن ارتباط داد. در آزمایش حاضر به علت این که علوفه اولیه و شرایط سیلو کردن آن برای همه تیمارها یکسان بوده است هر گونه تغییر در فراسنجه‌های تخمیری در سیلاژهای آزمایشی را می‌توان به ویژگی خود ترکیبات جاذب الرطوبت (ترکیب شیمیایی و قدرت جذب پساب) و اثر آنها بر تحریک رشد انواع مختلف باکتری‌ها در علوفه سیلو شده ارتباط داد. زیرا انواع باکتری‌های موجود در توده سیلو شده برای رشد و فعالیت به سوبسترای خاص نیاز دارند و به دنبال آن فرآورده‌های نهایی تخمیر آنها نیز متفاوت است (Muck و همکاران، ۲۰۱۸). کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی در علوفه‌های سیلو شده نشان‌دهنده کاهش تجزیه پروتئین‌ها موجود در توده سیلو می‌باشد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۷).

گوارش‌پذیری مواد مغذی، میزان پساب و نقطه فلیگ: گوارش‌پذیری ماده خشک و الیاف‌شونده خنثی، میزان پساب و نقطه فلیگ سیلاژهای آزمایشی در جدول ۴ آمده است. بیشترین گوارش‌پذیری ماده خشک و الیاف‌شونده خنثی در سیلاژ حاوی ۵

درصد دانه ذرت آسیاب شده مشاهده شد ($P < 0/01$). همچنین با توجه به مقایسه مستقل، گوارش پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی در سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت در مقایسه با سیلاژ شاهد بیشتر بود ($P < 0/01$). کمترین میزان پساب تولید شده به سیلاژ حاوی ۵ درصد تفاله خشک چغندر قند مربوط بود ($P < 0/01$). مقایسه مستقل مربوط به این صفت نشان دهنده کاهش پساب تولید شده در سیلاژهای حاوی انواع ترکیبات جاذب الرطوبت در مقایسه با سیلاژ شاهد بود ($P < 0/01$). نقطه فلیگ در سیلاژ شاهد از بقیه سیلاژها بالاتر بود ($P < 0/01$) و همکاران (Khorvash, 2006) با افزودن سطوح مختلف دانه جو آسیاب شده به سیلاژ ذرت حاوی رطوبت بالا افزایش گوارش پذیری ماده خشک و کاهش گوارش پذیری الیاف شوینده اسیدی پس از ۱۸ ساعت انکوباسیون در شرایط آزمایشگاهی را مشاهده کردند اما گوارش پذیری الیاف شوینده خنثی، سلولز و همی سلولز تحت تأثیر قرار نگرفت. افزودن تفاله خشک چغندر قند و دانه جو آسیاب شده به عنوان جاذب الرطوبت به سیلاژ علوفه گراس در مقایسه با سیلاژ شاهد باعث افزایش گوارش پذیری ماده خشک محصول نهایی در شرایط آزمایشگاه شد اما تفاوتی در گوارش پذیری ماده خشک بین سیلاژ حاوی علوفه خشک یونجه و سیلاژ شاهد وجود نداشت (Fransen و همکاران، ۱۹۹۸). در آزمایش Abdollahi و همکاران (۱۴۰۳) افزودن سطوح مختلف علوفه خشک یونجه و تفاله چغندر قند به عنوان جاذب الرطوبت به سیلاژ ذرت تأثیری بر گوارش پذیری ماده آلی در شرایط آزمایشگاه نداشت. استفاده از انواع ترکیبات جاذب الرطوبت در

آزمایش های قبل با کاهش میزان پساب و افزایش میزان ماده خشک علوفه های سیلو شده همراه بوده است (Khani و همکاران، ۱۹۹۷، Abdollahi و همکاران، ۱۴۰۳). کاهش میزان تولید پساب در سیلاژ حاوی ۵ درصد تفاله خشک چغندر قند در آزمایش حاضر با نتایج Ferris و Mayen (۱۹۹۴) همخوانی داشت. گوارش پذیری مواد خوراکی به شدت به ترکیب شیمیایی آنها وابسته است. از بین ترکیبات شیمیایی هر خوراک، مقدار و ویژگی های ساختمانی الیاف شوینده خنثی آن بیشترین تأثیر را بر گوارش پذیری آن دارد. با افزایش درجه بلوغ گیاه میزان لیگنینی شدن آن افزایش و گوارش پذیری آن کاهش پیدا می کند (McDonald و همکاران، ۱۹۹۷). افزایش گوارش پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی در سیلاژ حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده در آزمایش حاضر را می توان به پایین تر بودن الیاف شوینده خنثی و بالاتر بودن کربوهیدرات های غیرالیافی و نشاسته بیشتر در آن ارتباط داد (جدول ۲). از طرفی، نوع الیاف شوینده خنثی در دانه های غلات از نوع غیرعلوفه ای می باشد که در مقایسه با الیاف شوینده خنثی علوفه ای اثر منفی کمتری بر گوارش پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی و همچنین مصرف ماده خشک در نشخوارکنندگان دارد (NRC، ۲۰۲۱). در صورتی که الیاف شوینده خنثی در علوفه ها و مخصوصا در کاه غلات از درجه لیگنینی شدن بالایی برخوردار می باشد که به شدت بر گوارش پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی اثر منفی دارد (Cheeke، ۲۰۰۵).

جدول ۴- اثر منابع مختلف جاذب الرطوبت بر گوارش پذیری مواد مغذی، میزان پساب و نقطه فلیگ سیلاژهای آزمایشی

Table 4. Effect of different moisture absorbent sources on nutrient digestibility, effluent volume, and flieg's score of experimental silages

احتمال معنی داری (P-Value)	مقایسه مستقل (Orthogonal contrasts)	تیمار (Treat ment)	اشتباه معیار میانگین‌ها (SEM)	سیلوی آزمایشی [#] (Experimental silo)								فراسنجه (Parameter)			
				۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴		۳	۲	۱
	<0.01	<0.01	0.19	67.56 ^b	66.46 ^c	66.31 ^c	67.56 ^b	67.17 ^{bc}	66.62 ^c	68.96 ^a	67.79 ^b	66.93 ^{bc}	67.24 ^{bc}	66.46 ^c	قابلیت هضم (Digestibility) (%)
	<0.01	<0.01	0.49	61.16 ^{cd}	59.82 ^{de}	63.68 ^b	62.46 ^{bc}	58.44 ^{ef}	52.70 ^b	69.94 ^a	64.01 ^{ab}	53.45 ^{jh}	55.39 ^{ij}	49.82 ⁱ	ماده خشک (Dry matter) (Neutral detergent fiber)
	<0.01	<0.01	0.30	6.37 ^b	6.31 ^b	5.82 ^{bc}	5.97 ^{bc}	5.11 ^{bc}	5.90 ^{bc}	6.47 ^b	4.78 ^c	6.54 ^b	5.47 ^{bc}	9.76 ^a	الیاف شونده خشن (% as fed)
	<0.01	<0.01	1.70	75.15 ^b	73.46 ^b	78.05 ^{ab}	73.87 ^b	73.81 ^b	75.34 ^b	77.89 ^{ab}	81.36 ^{ab}	78.64 ^{ab}	83.23 ^{ab}	85.35 ^a	میزان پس‌اب (Effluent rate) (Flieg point)

۱- سیلاژ شاهد (علوفه ذرت سیلو شده بدون جاذب الرطوبت و افزودنی)، ۲- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه، ۳- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه، ۴- سیلاژ ذرت حاوی ۵ درصد تقاله خشک چغندرقد، ۵- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۶- علوفه ذرت آسیاب شده، ۷- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد تقاله خشک یونجه و ۲/۵ درصد علوفه خشک یونجه، ۸- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد علوفه خشک یونجه و ۲/۵ درصد کاه گندم، ۹- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد تقاله خشک چغندرقد، ۱۰- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد کاه گندم و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده، ۱۱- علوفه ذرت سیلو شده حاوی ۲/۵ درصد تقاله خشک چغندرقد و ۲/۵ درصد دانه ذرت آسیاب شده.

#: 1- control silage (corn forage ensiled without moisture absorbent or additive), 2- corn silage containing 5% dried alfalfa hay, 3- 5% wheat straw, 4- 5% dried sugar beet pulp, 5- 5% ground corn grain, 6- 2.5% dried alfalfa hay and 2.5% wheat straw, 7- 2.5% dried alfalfa hay and 2.5% dried sugar beet pulp, 8- 2.5% dried alfalfa hay and 2.5% ground corn grain, 9- 2.5% wheat straw and 2.5% dried sugar beet pulp, 10- 2.5% wheat straw and 2.5% ground corn grain, and 11- 2.5% dried sugar beet pulp and 2.5% ground corn grain.

\$: مقایسه سیلاژ شاهد (سیلاژ شماره ۱) در مقابل سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت (سیلاژهای شماره ۲ تا ۱۱).

\$: Comparison of the control silage (silage number 1) versus silages containing moisture absorbent combinations (silages numbers 2 to 11).

همان گونه که در جدول ۱ آمده است کاه گندم در مقایسه با سایر ترکیبات جاذب الرطوبت استفاده شده در آزمایش حاضر دارای میزان پروتئین خام کمتری بود. از این رو، پایین تر بودن گوارش پذیری الیاف شوینده خنثی در سیلاژ حاوی ۵ درصد کاه گندم در آزمایش حاضر را می توان به بالاتر بودن و ماهیت متفاوت ساختمان دیواره سلولی آن و کمتر بودن پروتئین خام آن ارتباط داد. علاوه بر این، بخش عمده ماده خشک تفاله خشک چغندر قند از الیاف قابل حل در شوینده خنثی شامل پکتین تشکیل شده است که به سرعت به وسیله میکروارگانیسم های شکمبه تجزیه می شود (Evans و Messerschmidt, ۲۰۱۷) که بالا بودن گوارش پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی در آن را توجیه می کند (جدول ۴). تأثیر ترکیبات جاذب الرطوبت بر میزان تولید پساب در علوفه های سیلو شده به ترکیب شیمیایی و قابلیت جذب رطوبت به وسیله آنها بستگی دارد. برای مثال، تفاله خشک چغندر قند در مقایسه با کاه غلات، دانه ذرت آسیاب شده و علوفه خشک یونجه از توانایی بیشتری برای جذب رطوبت برخوردار است (Kung و همکاران، ۲۰۰۳). از این رو در آزمایش حاضر میزان پساب تولید شده از سیلاژ ذرت حاوی ۵ درصد تفاله خشک چغندر قند در مقایسه با سایر سیلاژها کمتر بود (جدول ۴). در آزمایش حاضر اگرچه ماده خشک سیلاژ حاوی ۵ درصد علوفه خشک یونجه در مقایسه با سیلاژ شاهد بالاتر بود

(جدول ۲) اما به علت pH بالاتر (جدول ۳) دارای نقطه فلیگ کمتری در مقایسه با سیلاژ شاهد بود (جدول ۷). افزایش گوارش پذیری ماده خشک در سیلاژهای حاوی ترکیبات جاذب الرطوبت در مقایسه با سیلاژ شاهد را می توان به کاهش تولید پساب (جدول ۴) و جلوگیری از خروج مواد مغذی قابل حل در آب که گوارش پذیری بالایی دارند نیز ارتباط داد.

نتیجه گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از یونجه به عنوان جاذب الرطوبت، محتوای ماده خشک، پروتئین خام و میزان لاکتات سیلاژهای آزمایشی را افزایش داد، در عوض دانه ذرت به عنوان جاذب الرطوبت سطح نشاسته سیلوی ذرت را افزایش و سطح الیاف شوینده خنثی و اسیدی را کاهش داد. گوارش پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی در سیلاژ حاوی دانه ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر سیلاژها بیشتر بود. کمترین میزان تولید پساب در سیلاژ حاوی تفاله خشک چغندر قند مشاهده شد. در کل، استفاده از تفاله چغندر قند و یا علوفه خشک یونجه یا دانه ذرت آسیاب شده به عنوان جاذب الرطوبت برای تهیه سیلاژ ذرت توصیه می شود، که استفاده از آن منجر به کاهش پرت و هدری بهبود شرایط تخمیر در سیلاژ ذرت خواهد شد.

منابع

- Abdollahi, S. Z., Taassoli, G., Fattahnia, F., & Bahrami Yekdangi, M. (2025). Effects of different levels of sugar beet pulp and dried alfalfa hay, alone or in combination, as moisture absorbents on quantitative and qualitative characteristics of corn silage. *Animal Science Researches*, Article in press. (In Persian)
- Adesogan, A. T., Arriola, K. G., Jiang, Y., Oyeade, A., Paula, E. M., Pech-Cervantes, A. A., Romero, J. J., Ferraretto, L. F., & Vyas, D. (2019). Symposium review: Technologies for improving fiber utilization. *Journal of Dairy Science*, 102: 1–30.

- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bandla, N., Südekum, K. H., & Gerlach, K. (2024). Review: Role of silage volatile organic compounds in influencing forage choice behavior and intake in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 307: 115853.
- Barmaki, S., Asadi Alamouti, A., Khadem, A. A., & Afzalzadeh, A. (2017). Effectiveness of chopped lucerne hay as a moisture absorbent for low dry-matter maize silage: Effluent reduction, fermentation quality and intake by sheep. *Grass and Forage Science*, 73: 406–412.
- Borreani, G., Piano, S., & Tabacco, E. (2014). Aerobic stability of maize silage stored under plastic films with different oxygen permeability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94: 2684–2690.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101: 3952–3979.
- Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 63: 64–75.
- Cheeke, P. R. (2005). *Applied animal nutrition: Feeds and feeding* (3rd ed.). Pearson Publication, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- da Silva, É. B., Polukis, S. A., Smith, M. L., Voshell, R. S., Leggett, M. J., Jones, Ph. B., & Jr, L. K. (2022). The use of *Lentilactobacillus buchneri* PJB1 and *Lactiplantibacillus plantarum* MTD1 on the ensiling of whole-plant corn silage, snaplage, and high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 107: 883–901.
- Evans, E., & Messerschmidt, U. (2017). Review: Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8: 25–34.
- Fransen, S. C., & Strubi, F. J. (1998). Relationships among absorbents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. *Journal of Dairy Science*, 81: 2633–2644.
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). *Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. Agricultural Handbook No. 379. Agricultural Research Service-USDA, Washington, DC.
- Hall, M. B. (2009). Determination of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: Comparison of methods and a method recommended for AOAC collaborative study. *Journal of AOAC International*, 92: 42–49.
- Higginbotham, G. E., Mueller, S. C., Bolsen, K. K., & Depeters, E. J. (1998). Effect of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 81: 2185–2191.
- Kang, T. W., Adesogan, A. T., Kim, S. C., & Lee, S. S. (2009). Effects of an esterase-producing inoculant on fermentation, aerobic stability, and neutral detergent fiber digestibility of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 92: 732–738.
- Katoch, R. (2023). *Techniques in forage quality analysis*. Springer Publication, Palampur, Himachal Pradesh, India.
- Khani, J., Khadem, A. A., Asadi Alamouti, A., & Sahraei Bolurdi, M. (2018). Effect of dried alfalfa as a leachate absorbent on fermentation quality, leachate production, and performance of lactating dairy cows fed corn silage. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(3): 459–468. (In Persian)
- Khorvash, M., Colombatto, D., Beauchemin, K. A., Ghorbani, G. R., & Samei, A. (2006). Use of absorbents and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Canadian Journal of Animal Science*, 86: 97–107.
- Kordi, M., Naserian, A., Valizadeh, R., & Tahmasbi, A. (2014). Effect of different levels of sugar beet pulp on chemical composition, fermentation characteristics, degradability, and gas production of citrus pulp silage. *Research in Ruminants*, 2(1): 17–32. (In Persian)

- Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101: 4020–4033.
- Kung, L., Jr., Stokes, M. R., & Lin, C. J. (2003). Silage additives. In D. R. Buxton, R. E. Muck, & R. E. Harrison (Eds.), *Silage science and technology* (pp. 305–360). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Kung, Jr., & Ranjit, N. K. (2001). The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *Journal of Dairy Science*, 84: 1149–1155.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, T. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (1997). *Animal nutrition* (8th ed.). London, UK.
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural and Food Science*, 93: 217–222.
- Moore, C. A., & Kennedy, S. J. (1994). The effect of sugar beet pulp-based silage additives on effluent production, fermentation, in-silo losses, silage intake and animal performance. *Grass and Forage Science*, 49: 54–64.
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Jr, L. K. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101: 3980–4000.
- National Research Council (NRC). (2021). *Nutrient requirements of dairy cattle* (8th rev. ed.). National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Offer, N. W., & Al-Rwidah, M. N. (1989). The use of absorbent materials to control effluent loss from grass silage: Experiments with drum silos. *Research and Development*, 6: 71–76.
- Ranjbar, M., Ghorbani, G. R., Nikkhah, A., & Khorvash, M. (2007). Chemical composition, crude protein fraction and ruminal degradation of maize silage produced in Isfahan. *International Journal of Animal Science*, 2: 66–72.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583–3597.
- Yari, M., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Ghorbani, G. R., Rezvani Moghadam, P., Jonker, A., & Yu, P. (2012). Botanical traits, protein and carbohydrate fractions, ruminal degradability and energy contents of alfalfa hay harvested at three stages of maturity and in the afternoon and morning. *Animal Feed Science and Technology*, 172: 162–170.