دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

اثرات سطوح مختلف اسیدهای آلی و معدنی بر کیفیت و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی شبدر قرمز سیلویی

مطلب احمدی[۱]، اسداله تیموری یانسری[۲] و محمدعلی تاجیک قنبری[۳]

۱ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی و دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: astymori@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۷

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات سه اسید آلی (اسید فرمیک، اسید استیک و اسید پروپیونیک) و دو اسید معدنی (اسید سولفوریک و اسید کلریدریک) در سطوح صفر، یک، دو نیم و پنج درصد (حجم بر وزن ماده خشک مواد سیلویی) بر محتوای ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی، پروتئین خام، نیتروژن آمونیاکی، pH و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و مواد مغذی شبدر سیلویی ایرانی، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل ۳×۵ انجام شد. معادل سه کیلوگرم ماده خشک شبدر پس از برداشت در ۱۵درصد گلدهی به صورت شاهد و تیمار شده به مدت ۳۵ روز سیلو شدند. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و مواد مغذی شبدر سیلویی با روش کیسه‌های نایلونی و با استفاده از سه رأس میش نژاد زل فیستوله شده (تقریباً دو ساله و با وزن ۲± ۳۰ کیلوگرم) در طی زمان‌های انکوباسیون صفر، ٤، ٨، ١٢، ٢٤، ٣٦، ٤٨ و ٧٢ ساعت، اندازه‌گیری شدند. تحت تأثیر نوع، سطح و اثر متقابل نوع و سطوح اسید محتوای الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی، نیتروژن آمونیاکی و pH مواد سیلویی کاهش یافت. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مواد سیلویی به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع اسید و سطوح مورد استفاده قرار گرفتند. همه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، دارای میانگین بخش سریع تجزیه ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی بالاتر و پروتئین کمتری نسبت به مواد سیلویی شاهد بودند. افزودن اسیدهای آلی و معدنی منجر به افزایش ماده خشک قابل تجزیه شکمبه‌ای، کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام و در مجموع سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای و کیفیت مواد سیلویی شد.

واژه‌های کلیدی: شبدر سیلویی، تیمار شیمیایی، ارزیابی کیفی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

مقدمه

گیاهان علوفه‌ای یکی از مهم‌ترین منابع تأمین کننده مواد مغذی در نشخوارکنندگان هستند که در میان آن‌ها، خانواده لگومینه‌ها یا بقولات، ضمن تولید علوفه‌ای مرغوب، سبب تثبیت نیتروژن، تقویت و افزایش حجم خاک و مانع تخریب املاح خاک می‌شوند. به علت وجود شرایط نامطلوب جوی در استان‌های شمالی کشور، استفاده از علوفه سبز و تازه محدود بوده، بنابراین برای جبران این کمبود و ذخیره علوفه، دامداران روش‌هایی مانند خشک کردن، سیلوکردن و غیره را به‌کار می‌گیرند. استفاده از علوفه سیلویی به دلیل کیفیت، خوشخوراکی، تنوع ویتامین‌ها و ارزش تغذیه‌ای بالاتر، مزیت فوق‌العاده‌ای بر روش خشک کردن که سبب اتلاف مواد مغذی (حدود ۳۰ درصد ماده خشک)، به ویژه پروتئین مواد خوراکی می‌گردد، دارد (۲۱،۱۴) البته ممکن است کاهش مقدار و کیفیت پروتئین و ویتامین‌ها در طی فرآیند سیلو هم رخ دهد. شبدر برسیم گیاهی یکساله و از خانواده بقولات است که علاوه بر مصرف آن به عنوان علوفه دام، به دلیل وجود غده‌های تثبیت‌کننده ازت در ریشه نقش مهمی در تقویت و حاصلخیزی خاک ایفا می‌کند. بنابراین، نیاز به کود نیتروژنه را کاهش و عملکرد اقتصادی را در سطح مزرعه بهبود می‌دهد و مزایای زیست محیطی مهمی چون افزایش تنوع زیستی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را در بر دارد (۱۰). علوفه لگوم‌ها از جمله شبدر، به دلیل سطح پایین کربوهیدرات‌های محلول در آب، بالا بودن ظرفیت بافری و داشتن رطوبت بالا به علت عدم توانایی در کاهش آن شرایط مناسب برای سیلو شدن را نداشته، لذا برای سیلو کردن آن‌ها عملیات اولیه‌ای از قبیل پژمردن در مزرعه، خرد کردن و یا استفاده از مواد افزودنی ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد افزودنی سیلو شامل سه گروه مواد افزودنی مغذی (مثل ملاس برای تأمین قندهای قابل تخمیر لگوم‌های سیلو شده)، مواد افزودنی شیمیایی (برای جلوگیری از فعالیت باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌های غیرمطلوب در مواد سیلویی، مثل اسیدهای معدنی و اسیدهای آلی که سبب کاهش سریع pH مواد سیلویی شده و شرایط نامساعدی برای میکروارگانیسم‌های مضر ایجاد می‌کنند) هستند (۲۱،۲۰). افزودنی‌ها به انجام تخمیر مطلوب کمک کرده و تخمیر نامطلوب را مهار و محدود می‌کنند، یا کیفیت تغذیه‌ای ماده‌ی سیلویی را بهبود می‌بخشند (۱۱،۷). لذا، اغلب شبدر برسیم قبل از تهیه سیلو با کاه گندم و ملاس (۳۰)، باگاس نیشکر (۲۲)، جو یا جوی مخلوط با کاه خرد شده، یا ۵ درصد ملاس سیلو شده است (۳۰،۲۹). به‌هرحال، یک ترکیب افزودنی موثر باید اتلاف ماده‌ی خشک در طول تخمیر و ذخیره‌سازی را کاهش، ارزش تغذیه‌ای ماده‌ی سیلویی را بهبود و یا پایداری آن در انبار یا در آخور افزایش، از رشد و غالب‌شدن باکتری‌های اسید لاکتیکی در طی فرآیند تخمیر و تولید اسید لاکتیک حمایت کند (۲۱،۷) و مانع خروج پساب و آلودگی

محیطی شود (۱۴،۷،۴،۳). اثرات افزودنی‌های اسیدی بر کیفیت مواد سیلویی توسط پژوهشگران زیادی مورد آزمون قرار گرفت (۷، ۲۱،۱۵،۹،۱۰،۱۱). افزودن مخلوط اسید فرمیک و ملاس به شبدر سیلویی قرمز سبب کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی[1] و اسیدی در مقایسه با مواد سیلویی شاهد شده و ملاس کربوهیدرات محلول را برای فرآیند سیلو شدن تأمین و منافذ توده سیلویی دارای اکسیژن را پر کرده و اسید فرمیک به سرعت pH و فعالیت میکروبی باکتری‌های مضر را نیز کاهش داد (۱۱). اسیدها در سطح کم، متوسط و زیاد به ترتیب یک و نیم، سه و شش لیتر در هر تن در مواد سیلویی یونجه استفاده شدند و گزارش شد که در سطح کم، اسید فرمیک تأثیری بر جلوگیری از تخمیرهای نامطلوب نداشته و تنها در سطح زیاد استفاده از اسید فرمیک، مواد سیلویی پایدارتر بوده، و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی به ویژه پروتئین کاهش یافت (۲۸،۲۳). هم‌چنین، افزایش غلظت اسید فرمیک سبب کاهش سطوح اسید لاکتیک و اسید استیک و افزایش غلظت قندهای محلول در آب و نیتروژن پروتئینی در مواد سیلویی شد. به علاوه، افزودن اسید فرمیک سبب کاهش تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه (از راه امین زدایی) شد. با افزودن اسید فرمیک به یونجه سیلو شده، pH پایین‌تر و غلظت آمونیاک کمتر و نیتروژن غیرمحلول در آب نسبت به شاهد بیشتر بود (۱۹،۱۸). از طرف دیگر، با مطالعه مواد سیلویی یونجه و شبدر مشخص شد که بر خلاف افزودنی‌های آنزیمی و میکروبی که تخمیر مواد سیلویی را تحریک می‌کنند، اسید فرمیک تخمیر را محدود می‌کند و pH مواد سیلویی را کاهش می‌دهد. این کاهش سریع pH (کمتر از ۴/۲) سبب ممانعت از رشد کلستریدیوم‌ها در آن شد (۱۷،۱۶). یونجه سیلویی عمل‌آوری شده با اسید فرمیک در مقایسه با مواد سیلویی شاهد دارای pH پایین‌تر، نیتروژن آمونیاکی و اسید آمینه آزاد و پروتئین محلول کمتری بود (۱۵). هندرسون و همکاران (۱۲) یک مخلوط علوفه گرامینه- شبدر را با ۲ سطح اسید پروپیونیک (۳ و ۱۰ گرم در کیلوگرم) و ۳ سطح ماده خشک (۳۰۰، ۴۴۰ و ۵۰۰ گرم در کیلوگرم) علوفه سیلویی تهیه، و مشاهده کردند که وقتی مواد سیلویی در برابر هوا در یک دوره ۹ روزه قرار گرفتند، مواد سیلویی عمل‌آوری نشده ناپایدار بودند، در حالی‌که پایین‌ترین سطح استفاده از اسید پروپیونیک تجزیه پروتئین را به تأخیر انداخت. در بالاترین سطح استفاده از اسید، همه مواد سیلویی در طی دوره قرار گرفتن در معرض هوا، پایدار بودند و مواد سیلویی عمل‌آوری شده کمترین اتلاف ماده خشک را داشتند. افزودن اسید پروپیونیک برای مخمرها بسیار سمی بوده و سبب افزایش پایداری هوازی مواد سیلویی می‌شود (۹). اثرات افزودنی‌های اسیدی بر ویژگی‌های شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کمتر مورد پژوهش قرار گرفته است. لذا این آزمایش به منظور ارزیابی اثرات افزودن انواع اسیدهای معدنی و آلی بر ویژگی‌های حسی، شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در مواد سیلویی علوفه شبدر طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: پس از برداشت مقدار کافی از علوفه شبدر ایرانی، به‌منظور دستیابی به ماده خشک بالاتر، به مدت ۲۴ ساعت روی زمین پهن و پلاسانده شدند. پس از آن که درصد ماده خشک به حدود ۱۸ درصد رسید، علوفه‌ها با سه سطح ۱، ۲/۵ و ۵ درصد ماده خشک از اسیدهای معدنی (اسید کلریدریک و اسید سولفوریک) و اسیدهای آلی (اسید استیک، اسید فرمیک و اسید پروپیونیک) آغشته و معادل سه کیلوگرم از ماده خشک تهیه شده در کیسه‌های پلاستیکی ضخیم فشرده و بلافاصله هوای داخل کیسه‌ها با جاروی برقی تخلیه شد و به مدت ۳۵ روز در شرایط دمایی ۲۵ تا ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد دور از دسترس مستقیم نور خورشید نگهداری شدند. سپس سیلو گشایی شده، از هر سیلو دو نمونه ۵۰۰ گرمی مواد سیلویی برداشت و برای ارزیابی حسی و شیمیایی (pH، نیتروژن آمونیاکی (۳)، تعیین درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام (۲) و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی (۳۱) استفاده شدند.

آزمایش دوم: به منظور تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و پروتئین خام مواد سیلویی با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی، از سه رأس میش نژاد زل دو ساله با میانگین وزن ۲ ±۳۰ کیلوگرم استفاده شد. بدین منظور نمونه‌های خشک شده درآون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد با آسیاب دارای الک با قطر منفذ دو میلی متر آسیاب شده، از هر نمونه دو گرم توزین و داخل کیسه‌های نایلونی به ابعاد ۱۴× ۷ سانتی‌متر و قطر منفذ ۴۰±۵ میکرومتر ریخته شده و درب کیسه‌ها با نخ نایلونی محکم بسته شد. سپس شش تکرار (دو کیسه در شکمبه هر گوسفند) از کیسه‌های نایلونی از راه فیستولای شکمبه‌ای در طی ساعات صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت شکمبه‌گذاری، و پس از خروج، بلافاصله در آب سرد به آرامی تا هنگام خروج مایعات شفاف شستشو داده شدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از توزین و تعیین ماده خشک ناپدید شده نمونه‌ها، پروتئین خام (۲) و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی (۳۱) در باقی نمونه‌ها تعیین شد. با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری نیو وی (Newway) میزان ناپدید شدن مواد در زمان t و هم‌چنین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با رابطه ($P=a+b(1-e^{-C(t-L)})$) برای زمان‌های مختلف محاسبه و درصد تجزیه‌پذیری مؤثر با رابطه ($ED=a+(bc/c+kp)$ (۲۹،۲۱) با نرخ عبور فرضی ۲ و ۴ درصد در ساعت محاسبه شد که در آن P، پتانسیل تجزیه‌پذیری، a، بخش سریع‌تجزیه، b، بخش کندتجزیه؛ c، ثابت‌نرخ‌تجزیه، t، زمان ماندگاری نمونه در شکمبه، L، زمان تأخیر، ED، تجزیه پذیری موثر و Kp، نرخ‌عبور هستند.

داده‌های حاصل در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل ۳×۵ با یک تیمار شاهد انجام و تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار *SAS* و رویه *GLM* و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. مدل آماری طرح به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + L_j + T*L_{(ij)} + e_{(ij)k}$$

1- Neutral detergent fiber (NDF)

که در آن Y_{ijk}، مشاهده‌ی تکرار kام از نوع اسید iام و سطح jام آن، μ، میانگین صفت مورد اندازه‌گیری، T_i، اثر نوع اسید iام، L_j، اثر سطح jام اسید، $T*L_{(ij)}$، اثر متقابل نوع اسید و سطح اسید و $e_{(ij)k}$، خطای آزمایشی هستند.

نتایج و بحث

ارزیابی ظاهری که به ارزشیابی حسی معروف است، از روی بو، وضع مواد سیلو شده هنگام لمس و رنگ سیلو صورت می‌گیرد. مهم‌ترین شاخص، بوی سیلو است که در آن وجود اسید بوتیریک و اسید استیک (بوی سوختگی) حس می‌شود. در ارزیابی ظاهری به کیفیت تخمیر، وجود تخمیرهای کاذب، تغییرات ظاهری ساختمان گیاه و حرارت بیش از حد معین پی برده می‌شود. بر اساس نمره‌دهی ۲۰ واحدی، نمره ۱۸ تا ۲۰ نشان‌دهنده کیفیت عالی و بسیار خوب، نمره ۱۴ تا ۱۷ نشان‌دهنده کیفیت خوب، ۱۰ تا ۱۳ نشان‌دهنده کیفیت قابل قبول و نمره زیر ۱۰ نشان‌دهنده غیرقابل قبول بودن و پوسیدگی سیلاژ است (۲۰). بر این اساس، سیلاژهای عمل‌آوری شده با اسید فرمیک، اسید پروپیونیک و اسید استیک در سطح ۵ درصد دارای کیفیت بسیار خوبی بودند و کیفیت سیلاژهای عمل‌آوری شده با سایر اسیدها و سطوح نیز خوب بودند، ولی، سیلاژ شاهد با نمره ۱۳ کمترین کیفیت را داشت (جدول ۱). با توجه به این نتایج مشخص می‌شود که افزودن اسید به سیلاژ به بهبود تخمیر در سیلاژ کمک کرده و ساختمان مواد سیلویی به خوبی حفظ شده و از تخمیر سیلاژ به وسیله میکروارگانیسم‌های نامطلوب به میزان زیادی پیش‌گیری شده است.

جدول ۱- ارزشیابی حسی مواد سیلویی

Table 1. The sensory evalouation of silages

نوع اسید	سطح	کیفیت بو	کیفیت ساختاری	رنگ	نمره کل	ارزیابی کیفی
	۱ درصد	۱۱^{c}	۳/۵^{b}	۱^{c}	۱۵/۵^{d}	خوب
اسید فرمیک	۲/۵ درصد	۱۲^{b}	۳/۵^{b}	۱/۵^{ab}	۱۷^{b}	خوب
	۵ درصد	۱۳^{a}	۴^{a}	۱/۵^{ab}	۱۸/۵^{a}	بسیار خوب
	۱ درصد	۱۰^{d}	۳^{c}	۱^{c}	۱۴^{e}	خوب
اسید استیک	۲/۵ درصد	۱۱^{c}	۳/۵^{b}	۱^{c}	۱۵/۵^{d}	خوب
	۵ درصد	۱۳^{a}	۳/۵^{b}	۱/۵^{ab}	۱۸a	بسیار خوب
	۱ درصد	۱۲^{b}	۳^{c}	۱/۵^{ab}	۱۶/۵^{c}	خوب
اسید پروپیونیک	۲/۵ درصد	۱۲^{b}	۳^{c}	۱/۵^{ab}	۱۶/۵^{c}	خوب
	۵ درصد	۱۳^{a}	۳/۵^{b}	۱/۵^{ab}	۱۸^{a}	بسیار خوب
	۱ درصد	۱۲^{b}	۲/۵^{b}	۱^{c}	۱۵/۵^{d}	خوب
اسید کلریدریک	۲/۵ درصد	۱۲^{b}	۳^{c}	۱/۵^{ab}	۱۶/۵^{c}	خوب
	۵ درصد	۱۲^{b}	۳/۵^{b}	۱/۵^{ab}	۱۷^{b}	خوب
	۱ درصد	۱۱^{c}	۳^{c}	۱^{c}	۱۵^{d}	خوب
اسید سولفوریک	۲/۵ درصد	۱۳^{a}	۳^{c}	۱/۵^{ab}	۱۷/۵^{b}	خوب
	۵ درصد	۱۳^{a}	۳/۵^{b}	۱/۷^{a}	۱۷/۲^{b}	خوب
شاهد	۰	۹^{e}	۳^{c}	۱^{c}	۱۳^{f}	قابل قبول
میانگین مربعات خطای آزمایشی		۰/۳۴۱	۰/۲۱۲	۰/۱۳۲	۰/۵۴۳	...
	اثر نوع اسید	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	...
سطح احتمال معنی‌داری	اثر سطوح	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	...
	اثر متقابل	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	...

*: میانگین‌های هر ستون که با حروف غیر مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

ارزشیابی شیمیایی مواد سیلویی

افزودن اسید به مواد سیلویی سبب کاهش pH عصاره آن‌ها شد و با افزایش سطح اسیدها به‌طور معنی‌داری pH عصاره مواد سیلویی کاهش یافت (P<۰/۰۱). همچنین، pH عصاره مواد سیلویی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل نوع اسید و سطوح مورد استفاده قرار گرفت (P< ۰/۰۱). بالاترین و کمترین مقدار pH به ترتیب مربوط به مواد سیلویی شاهد (۵/۷۸ درصد) و مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۳/۱۹ درصد) بودند (جدول ۲).

جدول ۲- pH، ترکیبات شیمیایی (درصد) و نیتروژن آمونیاکی (گرم در کیلوگرم کل نیتروژن) شبدر سیلویی ایرانی تحت تیمار سطوح مختلف اسیدی

Table 2. pH, chemical composition (%), amounium nitrogen (g per kg of nitrogen) of Iranian clover silage treated with different levels of acid

ویژگی‌های شیمیایی	سطح اسید	pH	ماده خشک	ماده آلی	پروتئین خام	الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی	نیتروژن آمونیاکی
شاهد	صفر	۵/۸۷^{a}	۲۱/۸۳^{k}	۹۰/۷۵^{gh}	۱۴/۷۲	۴۹/۵۹^{a}	۱۳۱/۵۰^{a}
	۱ درصد	۵/۱۸^{c}	۲۳/۲۱^{i}	۹۰/۵۰^{defg}	۱۶/۴۴^{f}	۴۴/۴۸^{e}	۸۸/۰۰^{c}
اسید فرمیک	۲/۵ درصد	۵/۱۵^{cd}	۲۳/۷۲^{i}	۹۰/۵۹^{cdef}	۱۶/۵۷^{f}	۴۲/۹۱^{g}	۶۵/۰۰^{de}
	۵ درصد	۴/۲۸^{i}	۲۴/۸۶^{f}	۹۰/۳۶^{fgh}	۱۶/۸۴^{de}	۳۷/۴۴^{k}	۵۱/۵۰^{f}
	۱ درصد	۴/۹۹^{e}	۲۲/۶۷^{j}	۹۰/۳۸^{efgh}	۱۶/۱۱^{g}	۴۴/۱۶^{b}	۱۰۲/۰۰^{b}
اسید استیک	۲/۵ درصد	۴/۶۵^{g}	۸۵/۲۲^{j}	۹۰/۲۲^{h}	۱۶/۸۵^{de}	۴۵/۲۶^{d}	۷۱/۵۰^{d}
	۵ درصد	۴/۵۸^{gh}	۲۵/۸۸^{c}	۹۰/۵۷^{cdef}	۱۷/۳۶^{bc}	۳۸/۵۰^{j}	۵۵/۰۰^{f}
	۱ درصد	۴/۹۹^{e}	۲۵/۲۱^{ed}	۹۰/۸۳^{bcd}	۱۶/۳۲^{f}	۴۰/۰۴^{h}	۹۵/۰۸^{bc}
اسید پروپیونیک	۲/۵ درصد	۴/۶۷^{g}	۲۵/۴۲^{d}	۹۰/۸۷^{ab}	۱۷/۳۱^{bcd}	۳۸/۲۱^{j}	۶۹/۵۰^{d}
	۵ درصد	۴/۵۹^{gh}	۲۵/۹۵^{c}	۹۰/۶۲^{cde}	۱۷/۴۷^{b}	۳۹/۳۰^{i}	۵۶/۵۰^{ef}
	۱ درصد	۵/۴۸^{b}	۲۴/۰۱^{c}	۹۰/۲۷^{gh}	۱۷/۰۵	۴۵/۶۷^{cd}	۹۳/۰۲^{bc}
اسید کلریدریک	۲/۵ درصد	۴/۸۲^{f}	۲۴/۰۷^{ef}	۹۰/۳۹^{efgh}	۱۵/۷۷^{e}	۴۳/۸۹^{f}	۶۶/۴۹^{d}
	۵ درصد	۴/۵۰^{h}	۲۶/۸۳^{a}	۹۰/۵۸^{cdef}	۱۶/۱۷^{cd}	۳۶/۸۵^{l}	۵۴/۰۵^{f}
	۱ درصد	۵/۰۵^{de}	۲۵/۲۱^{de}	۹۰/۴۳^{efgh}	۱۵/۷۰	۴۶/۰۰^{bc}	۹۹/۰۵^{b}
اسید سولفوریک	۲/۵ درصد	۳/۹۲^{j}	۲۵/۷۷^{c}	۹۰/۷۵^{abc}	۱۷/۷۴	۳۹/۸۶^{h}	۶۸/۱۰^{d}
	۵ درصد	۳/۱۹^{k}	۲۶/۲۲^{b}	۹۰/۹۳^{a}	۱۷/۷۴	۳۶/۶۱^{l}	۵۲/۰۴^{f}
میانگین مربعات خطای آزمایشی		۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	۰/۰۹۴	۰/۶۰۵	۰/۰۴۵۴	۰/۰۱۹۶
	اثر نوع اسید	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
سطح احتمال معنی‌داری	اثر سطوح	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۱	<۰/۰۱	۰/۰۶
	اثر متقابل	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱

*: میانگین‌های هر ستون که با حروف غیرمشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

افزودن اسید سبب حفظ ساختمان مواد سیلویی و منجر به پیشگیری از تخمیر به‌وسیله میکرو ارگانیسم‌های نامطلوب شد. شبدر سیلویی که یک گیاه از خانواده لگوم است، ویژگی‌های مطلوب یک گیاه برای سیلو کردن را به دلیل کمی کربوهیدرات‌های محلول در آب و ظرفیت بافری بالا ندارد و احتمال تخمیر کلستریدیومی و تولید اسید بوتیریک در طی سیلو کردن در آن رخ می‌دهد. افزودن اسیدها با کاهش pH و محدودیت تخمیر به‌طور معنی‌داری سبب بهبود کیفیت مواد سیلویی شد. استفاده از اسید فرمیک و اسید سولفوریک، هنگام تهیه علوفه سیلویی شبدر گزارش دادند که سطح پایین اسید فرمیک و اسید سولفوریک با کاهش pH منجر به انجام تخمیر طبیعی در طی سیلوسازی شد، اما سطح بالای آن تخمیر را به‌شدت محدود نمود (۹،۸). با بررسی رابطه بین سطح اسید مصرفی و pH شبدر سیلویی برداشت شده در مراحل اولیه رشد در مقایسه با آن‌هایی که دیرتر برداشت شده‌اند مشخص شد که لگوم‌ها در اوایل گلدهی خاصیت بافری بیشتری داشته و اسید بیشتری نیاز دارند تا pH را به سطح مطلوب کاهش دهد (۲۱،۱۳،۱۴). از آن‌جایی‌که شبدرهای مورد استفاده در این آزمایش در اوایل گلدهی برداشت شده بودند دارای پروتئین بالا، کربوهیدرات‌های محلول پائین و هم‌چنین ظرفیت بافری بالایی بودند که برای بهبود کیفیت آن‌ها اسید بیشتری نیاز است. مواد سیلویی عمل آوری شده با اسید، pH، نیتروژن آمونیاکی کمتری نسبت به مواد سیلویی شاهد که فاقد ماده افزودنی بود، داشتند، ولی این مواد سیلویی دارای ماده خشک، ماده آلی و نیتروژن پروتئینی بیشتر و در مقابل نیتروژن آمونیاکی کمتری نسبت به مواد سیلویی شاهد بوده و از تجزیه‌پذیری پروتئین در سیلو به میزان زیادی جلوگیری به عمل آمده بود. این نتایج با نتایج هندرسون و همکاران (۱۳) و کارپینتر و همکاران (۷) مطابقت دارد. با افزایش سطح اسیدها، pH مواد سیلویی بیشتر کاهش

یافت. سطح پایین pH در مواد سیلیویی نشان می‌دهد تخمیر پایدار بوده، اما علوفه بسیار اسیدی (دارای pH زیر ۴) می‌تواند با تأثیر نامطلوب بر خوشخوراکی، مقدار مصرف خوراک حیوان را محدود کند. بهترین pH ماده‌ی سیلویی مرطوب باید بین ۳/۵ تا ۴/۵ باشد (۲۶،۲۵). گزارش شد که افت pH در شبدر برسیم سیلویی در طی روزهای اول سریع‌تر از یونجه است و چون بیشتر فعالیت پروتئولیتیک در طی ۲ روز اول سیلوکردن رخ می‌دهد، این کاهش از تجزیه پروتئین جلوگیری می‌کند (۲۵). در گزارشی pH شبدر برسیم سیلویی در چین اول و دوم به ترتیب ۴/۲۷ و ۴/۲۵ بود و مقدار نیتروژن آمونیاکی از ۶/۳۱ در چین اول به ۶/۴۰ در چین دوم افزایش یافت که نشان می‌دهد با افزایش pH ماده‌ی سیلویی، سهم نیتروژن آمونیاکی هم افزایش می‌یابد (۲۲). کاهش سریع pH، از تخمیر کلستریدیومی و تجزیه پروتئین‌ها به اندازه‌ی زیاد جلوگیری کرد، لذا همه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، پروتئین خام، ماده خشک و آلی بیشتر و نیتروژن آمونیاکی کمتری نسبت به مواد سیلویی عمل‌آوری نشده داشتند. در بین اسیدها با توجه به قدرت اسیدی بالای اسید سولفوریک در کاهش سریع pH، کمترین تجزیه پروتئین در طی سیلو کردن رخ داد. هم‌چنین، کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین با سطح اسید مورد استفاده شده مشاهده شد و در سطح ۵ درصد کمترین تجزیه پروتئین رخ داد. مقدار پروتئین هیدرولیز شده در طی سیلو کردن بستگی زیادی به سطح اسید مورد استفاده دارد و هرچه سرعت اسیدی شدن در سیلو بیشتر شود، تجزیه پروتئین کمتر اتفاق می‌افتد (۴،۷،۱۲،۱۸). هنگامی که علوفه شبدر با اسید فرمیک برای دستیابی به pH اولیه‌ای برابر با ۳/۵ تیمار شد، در علوفه عمل‌آوری شده نسبت به علوفه شاهد، تجزیه پروتئین کمتری اتفاق افتاد (۸،۵). اسیدها به ویژه اسید فرمیک، اسید استیک و اسید پروپیونیک اثر بازدارندگی معنی‌داری بر کلستریدیوم‌ها دارند، ولی این اثر تا حد زیادی به غلظت اسید مورد استفاده بستگی دارد (۷،۱۴،۶، ۱۶).

نیتروژن آمونیاکی شاخصی است از نسبت نیتروژن کل که در جریان تخمیر سیلو تجزیه شده است. این شاخص معیار خوبی برای تعیین میزان تخمیر ثانویه در سیلو است (۲۰). در این آزمایش، با افزودن اسیدها به سیلو، از تجزیه پروتئین توسط باکتری‌های مضر جلوگیری به عمل آمد و همگی مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، دارای نیتروژن آمونیاکی کمتری نسبت به مواد سیلویی شاهد بودند. افزایش سطح مورد استفاده، به دلیل کاهش سریع‌تر pH و جلوگیری از تجزیه پروتئین، به میزان زیادی سبب کاهش نیتروژن آمونیاکی شد. سرعت افت pH، در مراحل اولیه سیلو کردن مواد، مهم‌ترین عامل مؤثر بر محتوای آمینی مواد سیلویی بود (۲۶،۲۱).

میانگین ماده خشک مواد سیلویی به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع اسید و سطح مورد استفاده آن‌ها قرار گرفت (P<۰/۰۱). به‌طور کلی، بالاترین و کمترین مقدار ماده خشک به ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید کلریدریک ۵ درصد (۲۶/۸۳ درصد) و مواد سیلویی شاهد (۲۱/۸۳ درصد) بود. اثر متقابل نوع اسید و سطح مورد استفاده نیز، بر مقدار ماده آلی مواد سیلویی تأثیر معنی‌داری داشت (P = ۰/۰۱). به‌طوری که، بالاترین و کمترین مقدار ماده آلی به‌ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۹۰/۹۳ درصد) و اسید استیک در سطح ۲/۵ درصد (۹۰/۲۱ درصد) بودند (جدول ۲). میانگین پروتئین خام مواد سیلویی به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع اسید و سطح مورد استفاده آن‌ها قرار گرفت (P = ۰/۰۱). مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، همگی دارای پروتئین خام بالاتری نسبت به مواد سیلویی شاهد بودند. به‌طور کلی، بالاترین و کمترین مقدار پروتئین خام به‌ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۱۷/۷۴ درصد) و مواد سیلویی شاهد (۱۴/۷۲ درصد) بود. میانگین الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مواد سیلویی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع اسید و سطح مورد استفاده قرارگرفت (P< ۰/۰۱). مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، همگی دارای الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی کمتری نسبت به مواد سیلویی شاهد بودند. بالاترین و کمترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی به‌ترتیب مربوط به مواد سیلویی شاهد (۴۹/۵۹ درصد) و مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۳۶/۶۱ درصد) بودند. افزودن اسید به مواد سیلویی بر محتوای دیواره سلولی تأثیر معنی‌داری داشت. عمل‌آوری با اسید سبب هیدرلیز برخی پیوندها در مجاورت اسید شده و در نتیجه مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مواد سیلویی عمل‌آوری شده کاهش معنی‌داری یافت و در مقابل با افزایش سطح مورد استفاده اسیدی کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. وقتی افزودنی‌های اسیدی، به ویژه اسید سولفوریک و فرمیک، به مواد سیلویی اضافه شدند، سبب افزایش هیدرولیز اسیدی و شکسته شدن همی سلولز و در نتیجه کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی شدند (۲۵،۲۴). هم‌چنین تجزیه سلولز به مقدار بیشتری در لگوم‌ها در مقایسه با گرامینه‌ها اتفاق می‌افتد و چنین فرآیندی به مقدار محدودتری در همی‌سلولز صورت می‌گیرد. این تفاوت ناشی از تفاوت در ساختمان دیواره سلولی به‌ویژه محتوای آرابینوز است (۲۴،۲۳). قندهای آرابینوز با پیوندهای فورانوزیل به هم متصل می‌شوند که این پیوندها به اسید حساس بوده و در مجاورت آن شکسته می‌شوند. لذا فرآیند سیلو کردن بر کربوهیدرات‌های دیواره سلولی به‌ویژه همی سلولز تأثیرگذار است. هم‌چنین، حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد از همی سلولز می‌تواند در طی سیلو کردن از بین برود که البته به نوع و مقدار ماده افزودنی به مواد سیلویی بستگی دارد (۲۲).

میانگین نیتروژن آمونیاکی مواد سیلویی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع اسید و سطح مورد استفاده آن‌ها قرارگرفت (P< ۰/۰۱). مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، همگی دارای نیتروژن آمونیاکی کمتر نسبت به مواد سیلویی شاهد بودند. بالاترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به مواد سیلویی شاهد (۱۳۱/۵۰ گرم در کیلوگرم کل نیتروژن) و مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید فرمیک در سطح ۵ درصد

(۵۱/۵۰ گرم در کیلوگرم کل نیتروژن) بودند. علوفه سیلویی شبدر ۳۰ تا ۴۰ درصد نیتروژن آمونیاکی کمتر از علوفه سیلویی یونجه دارد (۴). در یک آزمایش با مقایسه علوفه سیلویی یونجه و شبدر قرمز، pH علوفه سیلویی یونجه (۴/۶۳) بیشتر از شبدر قرمز (۴/۳۰) بود و نیتروژن آمونیاکی علوفه سیلویی یونجه (۴/۴ درصد از کل نیتروژن) بیشتر از شبدر قرمز (۲/۷) گزارش شد (۱۲). بدیهی است هرچه محیط سریع‌تر اسیدی شود تا حد زیادی از اتلاف پروتئین توسط آنزیم‌های گیاهی هم جلوگیری می‌شود. به نظر می‌رسد pH بالاتر تیمار شاهد یا تیمارهای حاوی سطوح کم اسیدها علت افزایش نیتروژن آمونیاکی در آن‌ها باشد.

افزودن اسید فرمیک به علوفه تازه برداشت شده هنگام سیلو کردن، اثر مفیدی در حفظ پروتئین علوفه دارد اما تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه را کاهش می‌دهد. مکدونالد و همکاران (۲۰) در یک بررسی بر روی علوفه لگوم‌سیلو شده عمل‌آوری شده با اسید فرمیک، دریافتند که ضریب تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه برای مواد سیلویی بدون مواد افزودنی و مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید فرمیک به ترتیب ۸۲ و ۶۳ درصد بود. ولی بازده تولید پروتئین میکروبی در شکمبه حیوانات که از مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید فرمیک در مقایسه با مواد سیلویی عمل‌آوری نشده تغذیه شده بودند، بیشتر بود. در این پژوهش، عمل‌آوری با اسید، اثر مفیدی بر سوخت و ساز بعدی نیتروژن در مقایسه با مواد سیلویی شاهد دارد که با نتایج موک (۲۳) همخوانی داشت. هرچه نرخ عبور مواد از شکمبه افزایش یابد، میزان تجزیه‌پذیری مؤثر مواد مغذی مواد خوراکی کاهش می‌یابد که در این پژوهش در سطوح مختلف (۰/۰۲ و ۰/۰۴) محاسبه و با هم مقایسه گردیدند.

دو عامل عمده تأثیرگذار بر تولید پروتئین میکروبی شامل تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ترکیبات نیتروژن‌دار جیره و سطح انرژی در دسترس برای رشد میکروب‌ها هستند. سنجش ترکیبات نیتروژن‌دار مواد سیلویی نشان داد که در مواد سیلویی شاهد در مقایسه با مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، در طی سیلو کردن به میزان زیادی تجزیه پروتئین اتفاق افتاد، بخش زیادی از ترکیبات نیتروژنی این مواد سیلویی، از نوع با قابلیت تجزیه بالا بود که ممکن است با کمبود مواد انرژی‌زا مناسب در جیره سبب استفاده ضعیف از نیتروژن مواد سیلویی به وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه شود. هریستوف و ساندف (۱۴) با مقایسه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نیتروژن مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید و فاقد مواد افزودنی دریافتند که تجزیه‌پذیری پروتئین مواد سیلویی فاقد افزودنی نسبت به مواد سیلویی عمل‌آوری شده بیشتر بود ولی تجزیه‌پذیری نیتروژن در کیسه‌های نایلونی در ۴ ساعت اولیه در شکمبه برای مواد سیلویی عمل‌آوری شده و نشده به‌ترتیب ۷۰ و ۸۷ درصد بودند. بنابراین آزادسازی سریع نیتروژن بدون همزمانی با آزادسازی منبع کربوهیدراتی احتمالاً سبب جذب بالای آمونیاک از شکمبه و به دنبال آن اتلاف نیتروژن می‌شود.

تجزیه‌پذیری در طی انکوباسیون در شکمبه

میانگین و انحراف معیار درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در شبدر سیلویی در زمان‌های مختلف انکوباسیون در شکمبه در زمان‌های مختلف انکوباسیون نمونه‌ها در شکمبه در جداول ۳، ۴ و ۵ آمده است.

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک شبدر سیلویی تیمار شده با سطوح مختلف اسید در زمان‌های مختلف شکمبه‌گذاری

Table 3. Mean and standard dieviation of dry matter degradability of Iranian clover silage treated with different levels of acid at different ruminal incubation times

اسید	سطح	زمان شکمبه گذاری مواد خوراکی (ساعت)					
		۴	۸	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲
اسید فرمیک	٪۱	۳۷/۵۳ ±۱/۲۵^{b}	۴۶/۱۳ ±۰/۴۲^{f}	۵۰/۶۶ ±۰/۸۱^{g}	۶۰/۴۴ ±۱/۶۸^{f}	۷۳/۸۵ ±۰/۵۹^{cd}	۸۳/۳۵ ±۱/۱۶
	٪۲/۵	۳۵/۲۲ ±۰/۸۱^{c}	۴۸/۶۵ ±۰/۲۶^{d}	۵۴/۵۳ ±۰/۹۱^{f}	۶۱/۵۸ ±۱/۱۱^{ef}	۷۵/۴۹ ±۰/۶۵^{b}	۸۲/۰۴ ±۱/۰۲
	٪۵	۳۴/۵۵ ±۱/۳۲^{d}	۵۰/۸۰ ±۰/۵۹^{c}	۵۷/۸۹ ±۰/۱۴^{bc}	۶۲/۲۲ ±۰/۳۷^{ef}	۷۴/۶۹ ±۱/۶۶^{c}	۸۱/۸۹ ±۰/۶۹
اسید استیک	٪۱	۳۸/۷۹ ±۱/۳۶^{b}	۴۹/۳۸ ±۰/۳۲^{cd}	۵۵/۴۵ ±۰/۳۹^{cd}	۶۱/۷۵ ±۱/۱۲^{e}	۶۹/۱۴ ±۱/۶۹^{f}	۸۴/۱۶ ±۰/۶۰
	٪۲/۵	۳۵/۹۴ ±۱/۰۵^{c}	۴۷/۱۷ ±۰/۶۳^{e}	۵۶/۳۴ ±۰/۵۸^{c}	۶۱/۲۰ ±۱/۴۸^{ef}	۷۱/۰۳ ±۰/۵۷^{e}	۸۲/۳۷ ±۱/۳۹
	٪۵	۳۳/۹۴ ±۱/۸۵^{d}	۴۷/۸۱ ±۰/۴۲^{e}	۵۵/۳۸ ±۰/۳۴^{cd}	۶۱/۴۹ ±۱/۵۹^{e}	۷۵/۱۵ ±۱/۰۴^{b}	۸۲/۱۳ ±۱/۱۰
اسید پروپیونیک	٪۱	۳۸/۱۴ ±۰/۹۳^{b}	۵۱/۱۸ ±۱/۲۱^{bc}	۵۴/۸۴ ±۱/۳۶^{cd}	۶۵/۵۱ ±۱/۲۱^{bc}	۷۴/۵۴ ±۰/۴۲^{c}	۸۳/۱۸ ±۱/۴۰
	٪۲/۵	۳۶/۱۹ ±۱/۱۲^{bc}	۴۹/۹۲ ±۰/۷۴^{cd}	۵۶/۷۲ ±۱/۲۶^{c}	۶۳/۶۵ ±۱/۳۴^{de}	۷۱/۸۱ ±۱/۶۳^{e}	۸۲/۳۰ ±۱/۴۶
	٪۵	۳۵/۷۵ ±۱/۲۵^{bc}	۴۸/۸۹ ±۱/۶۵^{d}	۵۷/۳۰ ±۰/۹۸^{bc}	۶۲/۲۹ ±۱/۰۸	۷۰/۹۷ ±۱/۶۴^{e}	۸۲/۲۶ ±۱/۲۸
اسید کلریدریک	٪۱	۳۷/۹۹ ±۱/۱۹^{b}	۴۶/۳۵ ±۱/۵۴^{f}	۵۴/۹۶ ±۱/۶۷	۶۶/۲۳ ±۱/۶۴^{b}	۷۶/۴۱ ±۱/۶۲^{a}	۸۴/۱۶ ±۱/۴۷
	٪۲/۵	۳۵/۱۵ ±۰/۶۴^{bc}	۴۸/۱۰ ±۱/۷۳^{d}	۵۷/۲۴ ±۰/۸۷^{bc}	۶۶/۷۲ ±۰/۴۷^{b}	۷۴/۳۶ ±۰/۹۲^{c}	۸۴/۰۹ ±۰/۹۸
	٪۵	۳۴/۸۴ ±۰/۴۱^{cd}	۴۷/۴۹ ±۲/۰۶^{e}	۵۸/۰۱ ±۱/۶۷^{b}	۶۵/۳۵ ±۲/۲۶^{bc}	۷۴/۶۹ ±۱/۳۶^{c}	۸۱/۳۷ ±۱/۴۶
اسید سولفوریک	٪۱	۳۶/۴۴ ±۱/۰۳^{bc}	۴۹/۳۴ ±۱/۱۶^{cd}	۵۷/۹۶ ±۰/۷۹^{bc}	۶۷/۱۶ ±۱/۵۰^{a}	۷۶/۱۵ ±۱/۷۰^{ab}	۸۴/۱۲ ±۲/۰۳
	٪۲/۵	۳۵/۱۱ ±۰/۷۲^{bc}	۵۲/۳۲ ±۰/۷۳^{b}	۵۶/۱۵ ±۱/۶۳^{c}	۶۵/۱۴ ±۱/۱۶^{bc}	۷۳/۱۷ ±۱/۴۵^{cd}	۸۳/۹۳ ±۱/۱۳
	٪۵	۳۵/۱۳ ±۰/۷۶^{bc}	۵۰/۳۴ ±۰/۵۲^{c}	۵۹/۰۹ ±۰/۴۶^{a}	۶۵/۳۱ ±۱/۱۸^{bc}	۷۲/۱۳ ±۱/۷۶^{d}	۸۲/۶۲ ±۱/۱۲
شاهد	۰	۴۲/۵۴ ±۱/۸۷^{a}	۵۴/۱۶ ±۱/۴۲^{a}	۶۰/۳۵ ±۱/۷۶^{a}	۶۸/۳۲ ±۱/۵۴^{a}	۷۷/۱۵ ±۱/۷۹^{a}	۸۶/۸۵ ±۱/۲۹

*: میانگین‌های هر ستون که با حروف غیر مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

جدول ۴- میانگین و انحراف معیار درصد تجزیه‌پذیری پروتئین شبدر سیلویی تیمار شده با سطوح مختلف اسید در زمان‌های مختلف شکمبه گذاری

Table 4. Mean and standard dieviation of crud protein degradability of Iranian clover silage treated with different levels of acid at different ruminal incubation times

اسید	سطح	زمان شکمبه گذاری مواد خوراکی (ساعت)					
		۴	۸	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲
اسید فرمیک	٪۱	۳۶/۲۸ ±۱/۰۵^{c}	۴۰/۲۸ ±۰/۵۱^{f}	۴۶/۱۳ ±۰/۸۸^{e}	۵۵/۸۸ ±۱/۸۷^{de}	۶۴/۲۵ ±۰/۷۸^{e}	۷۱/۱۹ ±۰/۶۶^{c}
	٪۲/۵	۳۵/۹۹ ±۰/۴۵^{cd}	۴۳/۱۷ ±۰/۲۹^{d}	۴۷/۵۹ ±۰/۳۸^{d}	۵۶/۹۴ ±۱/۲۴^{cd}	۶۷/۸۳ ±۰/۵۱^{c}	۷۰/۰۴ ±۰/۳۲^{cd}
	٪۵	۳۹/۹۳ ±۰/۳۲^{ab}	۵۱/۴۰ ±۰/۶۹^{a}	۵۳/۷۲ ±۰/۱۶^{a}	۵۷/۰۱ ±۰/۴۳^{c}	۷۲/۰۹ ±۰/۸۲^{a}	۷۴/۸۹ ±۰/۷۲^{b}
اسید استیک	٪۱	۳۴/۰۰ ±۰/۴۱^{d}	۴۰/۳۸ ±۰/۶۰^{f}	۴۲/۴۵ ±۰/۷۹^{f}	۵۱/۷۵ ±۱/۷۵^{f}	۶۱/۱۱ ±۱/۷۳^{g}	۶۷/۸۶ ±۰/۶۹^{d}
	٪۲/۵	۳۳/۶۰ ±۰/۲۳^{e}	۴۱/۴۷ ±۰/۵۳^{e}	۴۵/۰۴ ±۰/۵۸^{f}	۵۸/۰۳ ±۰/۶۵^{b}	۶۲/۰۳ ±۰/۱۹^{g}	۶۸/۲۱ ±۰/۳۳^{d}
	٪۵	۳۶/۷۸ ±۰/۸۵^{c}	۴۵/۸۱ ±۰/۲۹^{cd}	۴۷/۱۸ ±۰/۴۴^{d}	۶۱/۱۵ ±۱/۳۳^{a}	۶۹/۴۵ ±۱/۸۶^{b}	۷۳/۷۳ ±۱/۵۰^{b}
اسید پروپیونیک	٪۱	۳۶/۳۹ ±۰/۶۷^{c}	۴۳/۲۵ ±۱/۱۱^{d}	۴۶/۴۳ ±۱/۷۶^{de}	۵۸/۴۱ ±۱/۵۵^{b}	۶۸/۵۴ ±۰/۴۱^{c}	۷۳/۰۸ ±۱/۳۷^{b}
	٪۲/۵	۳۹/۵۳ ±۰/۷۲^{b}	۴۵/۹۲ ±۱/۷۴^{cd}	۴۹/۳۵ ±۱/۰۶^{c}	۵۸/۶۵ ±۲/۱۵^{b}	۷۱/۸۱ ±۱/۶۳^{ab}	۷۶/۲۰ ±۱/۷۹^{a}
	٪۵	۳۷/۶۳ ±۰/۷۹^{bc}	۴۶/۸۹ ±۰/۶۵^{c}	۴۹/۹۴ ±۰/۳۷^{c}	۵۶/۸۰ ±۱/۸۹^{cd}	۶۹/۷۶ ±۱/۱۲^{b}	۷۱/۸۲ ±۱/۵۱^{c}
اسید کلریدریک	٪۱	۳۲/۹۹ ±۰/۱۹^{f}	۴۱/۳۵ ±۱/۱۸^{e}	۴۴/۹۶ ±۱/۴۶^{f}	۵۸/۲۳ ±۱/۰۳^{bc}	۶۳/۵۰ ±۰/۴۲^{f}	۶۹/۴۲ ±۱/۰۲^{cd}
	٪۲/۵	۳۶/۴۵ ±۰/۲۳^{c}	۳۸/۱۰ ±۰/۷۴^{g}	۴۰/۱۷ ±۰/۳۷^{h}	۵۸/۷۹ ±۰/۳۷^{b}	۶۵/۷۶ ±۰/۶۴^{d}	۷۱/۰۹ ±۱/۱۲^{c}
	٪۵	۳۶/۸۴ ±۰/۴۱^{c}	۴۶/۳۱ ±۲/۴۵^{c}	۵۱/۰۱ ±۱/۶۷^{b}	۶۰/۳۵ ±۱/۸۶^{ab}	۷۲/۹۷ ±۰/۳۱^{a}	۷۷/۳۴ ±۰/۴۶^{a}
اسید سولفوریک	٪۱	۳۲/۴۴ ±۰/۸۳^{f}	۳۹/۱۹ ±۰/۸۶	۴۵/۹۶ ±۰/۴۷^{f}	۵۴/۹۶ ±۰/۵۹^{e}	۶۳/۴۵ ±۰/۷۰^{f}	۶۸/۲۲ ±۲/۱۵^{d}
	٪۲/۵	۳۴/۱۶ ±۰/۹۲^{d}	۳۸/۵۲ ±۰/۶۸^{g}	۴۲/۸۵ ±۱/۶۶^{g}	۵۸/۲۴ ±۱/۵۱^{bc}	۶۹/۰۷ ±۱/۸۸^{b}	۷۴/۹۳ ±۱/۸۵^{b}
	٪۵	۴۲/۶۲ ±۰/۲۲^{a}	۴۹/۷۹ ±۰/۱۶^{b}	۵۲/۹۹ ±۰/۵۲^{a}	۶۲/۰۹ ±۱/۳۵^{a}	۷۳/۰۵ ±۱/۵۲^{a}	۷۷/۶۲ ±۰/۱۲^{a}
شاهد	۰	۳۳/۵۴ ±۰/۸۰^{e}	۳۸/۶۶ ±۱/۵۱^{g}	۴۲/۹۲ ±۱/۶۱^{g}	۵۴/۱۴ ±۱/۰۱^{e}	۶۱/۶۵ ±۰/۸۹^{g}	۶۶/۸۵ ±۱/۷۳^{d}

*: میانگین‌های هر ستون که با حروف غیر مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

جدول ۵- میانگین و انحراف معیار درصد تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی شبدر سیلویی شبدر سیلویی تیمار شده با سطوح مختلف اسید در زمان‌های مختلف شکمبه‌گذاری

Table 5. Mean and standard dieviation of neutral detergent fiber degradability of Iranian clover silage treated with different levels of acid at different ruminal incubation times

اسید	سطح	زمان شکمبه گذاری مواد خوراکی (ساعت)					
		۴	۸	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲
	٪۱	۲۴/۶۶ ±۱/۶۷^{cd}	۳۵/۱۲ ±۱/۵۴	۴۳/۸۴ ±۱/۸۲	۵۵/۷۳ ±۱/۱۶	۶۶/۰۲ ±۱/۷۱	۶۷/۱۱ ±۱/۶۰
اسید فرمیک	٪۲/۵	۲۵/۱۱ ±۱/۳۵^{c}	۳۶/۲۷ ±۱/۲۹	۴۵/۲۱ ±۱/۳۸	۵۷/۸۱ ±۱/۴۳	۶۷/۱۴ ±۱/۵۷	۷۰/۲۷ ±۱/۰۱
	٪۵	۲۷/۹۰ ±۱/۲۲^{b}	۳۸/۴۱ ±۱/۱۴	۴۸/۱۲ ±۱/۱۷	۵۸/۱۴ ±۰/۹۶	۶۹/۱۰ ±۱/۰۳	۷۲/۳۱ ±۱/۲۳
	٪۱	۲۳/۰۸ ±۱/۴۴^{d}	۳۶/۲۰ ±۱/۶۳	۴۶/۲۵ ±۱/۰۹	۵۴/۱۵ ±۱/۷۶	۶۵/۴۰ ±۱/۴۲	۶۹/۳۱ ±۱/۲۴
اسید استیک	٪۲/۵	۲۸/۴۰ ±۱/۱۳^{b}	۳۷/۱۷ ±۱/۲۴	۴۷/۸۱ ±۱/۵۰	۵۵/۱۴ ±۱/۱۵	۶۶/۱۵ ±۱/۱۷	۷۱/۱۴ ±۱/۳۶
	٪۵	۲۶/۹۷ ±۲/۲۵^{b}	۳۹/۱۲ ±۱/۲۸	۴۹/۲۸ ±۱/۴۰	۵۷/۳۱ ±۱/۷۲	۷۰/۱۱ ±۱/۵۲	۷۲/۹۴ ±۱/۷۲
	٪۱	۲۴/۸۱ ±۱/۱۷^{c}	۳۵/۸۳ ±۱/۲۱	۴۴/۱۱ ±۱/۴۰	۵۵/۷۰ ±۱/۲۹	۶۵/۱۴ ±۱/۳۷	۶۹/۷۰ ±۱/۲۱
اسید پروپیونیک	٪۲/۵	۲۵/۸۹ ±۱/۶۲^{c}	۳۶/۱۰ ±۱/۲۷	۴۷/۳۰ ±۱/۳۶	۵۶/۱۱ ±۲/۰۳	۶۸/۲۱ ±۱/۴۹	۷۰/۳۰ ±۱/۲۸
	٪۵	۲۵/۶۳ ±۱/۸۹^{c}	۳۷/۱۴ ±۱/۲۸	۴۷/۹۴ ±۰/۹۵	۵۷/۷۰ ±۱/۵۹	۷۰/۱۱ ±۱/۳۷	۷۲/۰۶ ±۱/۱۷
	٪۱	۲۸/۱۴ ±۱/۱۹^{b}	۳۶/۸۹ ±۱/۶۴	۴۴/۹۳ ±۱/۵۶	۵۶/۸۱ ±۱/۴۳	۶۶/۸۹ ±۱/۳۵	۶۸/۵۱ ±۱/۱۷
اسید کلریدریک	٪۲/۵	۲۷/۸۱ ±۱/۱۳^{b}	۳۸/۷۴ ±۱/۳۱	۴۵/۷۲ ±۱/۳۶	۵۶/۷۹ ±۱/۱۷	۶۸/۱۶ ±۱/۰۲	۷۱/۹۳ ±۱/۱۹
	٪۵	۳۰/۰۴ ±۰/۶۷^{a}	۳۹/۵۱ ±۱/۳۷	۴۷/۱۹ ±۱/۲۷	۵۷/۱۵ ±۱/۵۳	۶۹/۱۳ ±۱/۲۷	۷۴/۱۴ ±۰/۷۹
	٪۱	۲۵/۸۲ ±۱/۶۲^{c}	۳۵/۱۹ ±۱/۸۳	۴۴/۱۳ ±۱/۴۰	۵۵/۴۳ ±۱/۵۷	۶۴/۱۵ ±۱/۷۶	۶۷/۰۷ ±۲/۳۴
اسید سولفوریک	٪۲/۵	۲۷/۸۹ ±۰/۹۲^{b}	۳۷/۶۵ ±۱/۶۰	۴۶/۷۳ ±۱/۴۵	۵۹/۴۶ ±۱/۳۷	۶۹/۲۷ ±۱/۴۲	۷۰/۲۱ ±۱/۷۳
	٪۵	۲۹/۱۲ ±۰/۷۹^{a}	۳۸/۱۹ ±۱/۱۳	۴۸/۱۱ ±۱/۵۷	۵۹/۱۹ ±۱/۷۵	۷۰/۲۵ ±۱/۷۲	۷۳/۱۲ ±۰/۷۳
شاهد	۰	۲۲/۹۰ ±۱/۸۶^{d}	۳۴/۱۶ ±۱/۳۴	۴۲/۷۹ ±۱/۲۰	۵۲/۸۴ ±۱/۴۷	۶۴/۱۶ ±۱/۴۸	۶۶/۰۲ ±۱/۰۴

*: میانگین‌های هر ستون که با حروف غیر مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

با افزودن سطح اسید در تمامی ساعات پس از انکوباسیون در شکمبه، بخش تجزیه‌پذیر ماده خشک در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (P<۰/۰۱) و با افزایش سطح اسید در تیمار مواد سیلویی، بخش تجزیه پذیر در طی تمامی ساعات به طور معنی داری افزایش یافت (P<۰/۰۱). در مقابل، تیمار شاهد بیشترین مقدار پروتئین خام قابل تجزیه را در طی ساعات اولیه دارا بوده و افزودن اسیدهای مختلف بخش تجزیه‌پذیر در طی تمامی ساعات پس از انکوباسیون در شکمبه به‌طور معنی‌داری کاهش داد. این بدین معناست که افزودن اسیدها اگر چه تجزیه‌پذیری ماده خشک را افزایش می‌دهد، اما سبب حفظ پروتئین قابل تجزیه در شکمبه می‌شود. در این راستا، بیشترین تجزیه‌پذیری ماده خشک هنگام استفاده از سطوح بالای اسید سولفوریک، اما بیشترین کاهش در تجزیه‌پذیری پروتئین خام هنگام استفاده از سطوح بالای اسید فرمیک مشاهده شد. میانگین درصد تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی شبدر سیلویی به جز در ۴ ساعت پس از شکمبه‌گذاری معنی‌داری نبود. در ۴ ساعت اولیه بیشترین اثر مربوط به سطوح بالای اسید سولفویک و اسید کلریدریک بود (P<۰/۰۱)، هرچند افزایش در تجزیه‌پذیری در همه تیمارها در مقایسه با شاهد در ۴ ساعت اول مشاهده شد. هریستوف و ساندف (۱۹۹۸) گزارش دادند که تجزیه‌پذیری پروتئین مواد سیلویی شاهد از مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید بیشتر بوده ولی روند تجزیه‌پذیری نیتروژن در مواد سیلویی متفاوت بود، به نحوی‌که، تجزیه‌پذیری نیتروژن در کیسه‌های نایلونی در ۴ ساعت اولیه در شکمبه برای مواد سیلویی عمل‌آوری شده و شاهد به ترتیب ۷۰ و ۸۷ درصد بودند. همچنین، مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید حاوی سطح پائین اما مواد سیلویی فاقد مواد افزودنی غنی از نیتروژن آمونیاکی و اسید بوتیریک بودند.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

تجزیه‌پذیری ماده خشک مواد سیلویی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع اسید، سطوح و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفتند (جدول ۶). همه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، دارای میانگین بخش سریع تجزیه بالاتر نسبت به شاهد بودند. بالاترین و کمترین مقدار بخش سریع تجزیه به‌ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید پروپیونیک در سطح ۵ درصد (۳۷/۰۷ درصد) و مواد سیلویی شاهد (۲۹/۰۸ درصد) بود. بالاترین و کمترین مقدار بخش کند تجزیه به‌ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۴۶/۵۱ درصد) و اسید استیک در سطح ۲/۵ درصد (۳۶/۱۲ درصد) بود، هرچند تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای حاوی اسید وجود نداشت. بالاترین و کمترین مقدار بخش بالقوه قابل‌تجزیه، به‌ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل آوری شده با اسید کلریدریک در سطح ۵ درصد (۷۹/۳۹ درصد) و اسید استیک در سطح ۲/۵ درصد (۶۸/۸۱ درصد) بود. تجزیه‌پذیری مؤثر در سطوح مختلف نرخ عبور با هم

تفاوت داشت. در سطح نرخ عبور ۲ درصد در ساعت در بین مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، بین اسید فرمیک، اسید پروپیونیک، اسیدکلریدریک و اسید سولفوریک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی این مواد سیلویی با مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید استیک و مواد سیلویی شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند. در سطح نرخ عبور ۳ درصد در ساعت در بین مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، بین اسید فرمیک، اسید پروپیونیک و اسید سولفوریک، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، با مواد سیلویی شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند. در سطح نرخ عبور ۴ درصد در ساعت در بین مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. اگرچه بخش بالقوه قابل تجزیه در شکمبه، تفاوت معنی‌داری بین مواد سیلویی حاوی اسید نداشت، ولی افزودن اسید به مواد سیلویی در مقایسه با مواد سیلویی شاهد، سبب افزایش این بخش شد و قابلیت هضم مواد سیلویی را تا حدودی بهبود بخشیده است که مطابق با نتایج سایر پژوهشگران (۲۸،۷،۱۷،۱۸) است. طبیعتاً با افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، بخش غیرقابل تجزیه در شکمبه آن‌ها در مقایسه با علوفه سیلویی شاهد کاهش یافت. بیشترین کاهش مربوط به اسید فرمیک بود. ثابت نرخ تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای بخش کند تجزیه در علوفه سیلویی عمل‌آوری شده با اسید تفاوت معنی‌داری نداشتند. بالاترین مقدار مربوط به اسید استیک و اسید کلریدریک بوده و علوفه سیلویی شاهد کمترین مقدار را داشت. بخش بالقوه قابل تجزیه‌ی شبدر برسیم در مراحل مختلف رشد بین ۸۳/۹۶ در هفته دوم رشد تا ۶۰ در هفته‌ی دهم رشد گزارش شد (۳۲،۱۶). همچنین، درصد پروتئین خام، کربوهیدرات غیرالیافی و چربی خام نمونه‌ها با پیشرفت مرحله رشد کاهش یافته، لذا علوفه شبدر در مرحله آغاز گلدهی نسبت به مراحل بعدی از ارزش تغذیه‌ای مطلوب‌تری برخوردار است. با افزایش مرحله رشد میانگین مقادیر بخش سریع تجزیه‌شونده، کند تجزیه شونده، بالقوه قابل تجزیه و نرخ ثابت تجزیه ماده خشک و الیاف آن کاهش یافته و میانگین مقادیر بخش غیرقابل تجزیه افزایش می‌یابند (۱۶، ۳۲). شبدر قرمز دارای محتوای دیواره سلولی بالاتر از شبدر سفید و تجزیه‌پذیری کمتر است (۲۱،۱). در طول سیلو کردن، شبدر قرمز تحت تخریب گسترده پروتئین، منجر به سطوح بالای نیتروژن سریع تجزیه شده نیاز به خوراک‌های غنی از کربوهیدرات‌ها را به‌منظور افزودن انرژی و جلوگیری از استفاده ناکارآمد نیتروژن و برون ده ادراری بالا، افزایش می‌دهد (۳۲،۲۹،۳۰).

بررسی اثرات متقابل در روند تجزیه‌پذیری ماده خشک مواد سیلویی، نشان می‌دهد که با افزایش سطح اسیدها، مقدار بخش سریع تجزیه در تمامی مواد سیلویی حاوی اسید به طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار مربوط به اسید پروپیونیک در سطح ۵ درصد بود. تأثیر متقابل نوع اسید و سطح آن بر بخش سریع تجزیه، کند تجزیه و نرخ تجزیه پذیری ناشی از اثر سطح بود. به هر حال، با افزایش سطح اسیدها، به هنگام استفاده از اسید فرمیک، اسید کلریدریک و اسید سولفوریک بخش کند تجزیه در شکمبه افزایش، و با اسید استیک و اسید پروپیونیک این بخش کاهش یافت (جدول ۶). از نظر بخش بالقوه قابل تجزیه در شکمبه با افزایش سطح اسید، برای همه اسیدها، افزایش معنی‌داری بین سطح استفاده شده مشاهده گردید که نشان می‌دهد افزایش غلظت اسید مورد استفاده سبب افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه و در نهایت بهبود قابلیت هضم مواد سیلویی عمل‌آوری شده در مقایسه با تیمار شاهد شد و طبیعتاً مقدار بخش غیرقابل تجزیه در شکمبه به هنگام افزایش غلظت اسید استفاده شده کاهش یافت. بیشترین کاهش مقدار بخش غیرقابل تجزیه در شکمبه را اسید فرمیک در سطح ۵ درصد داشته و کمترین کاهش این بخش مربوط به اسید استیک در سطح ۲/۵ درصد بود. مقدار، ساختمان و ترکیب دیواره سلولی به‌ویژه مقدار لیگنین نقش مؤثری در تجزیه محتویات سلولی و سایر مواد مغذی دارند. لیگنین همراه با همی‌سلولز یک زمینه برای اتصال با سلولز ایجاد می‌نماید و هضم الیاف را توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه محدود می‌نماید (۲۱). لذا نرخ تخمیر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی بستگی زیادی به ساختمان شیمیایی لیگنین و غلظت آن دارد (۲۴،۲۳). بنابراین شناخت تغییرات تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در شکمبه نقش مؤثری در شناخت تغییرات تجزیه‌پذیری مواد خوراکی خواهد داشت. همبستگی منفی بالایی بین قابلیت هضم دیواره سلولی و غلظت لیگنین وجود دارد. لذا در مورد مواد خشبی رابطه معنی‌داری بین تجزیه‌پذیری علوفه و غلظت‌های پروتئین خام، خاکستر و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی وجود دارد. پیوند میان لیگنین و سایر مواد مغذی در مجاورت اسید هیدرولیز می‌شود. همچنین اندازه هیدرولیز با افزایش سطح افزوده شود لذا توجیه کننده تأثیر معنی‌دار اثر متقابل اسید و سطح آن بر روند تجزیه‌پذیری است. سایر عوامل مؤثر بر تجزیه‌پذیری سطح تغذیه، pH و تنوع میکروارگانیسم‌های موجود در شکمبه است که در این پژوهش با تغذیه با یک نوع علوفه در سطح نگهداری در طول آزمایش تنوع مربوط به این عوامل تا حدودی کنترل شده است.

جدول ۶- اثرات سطوح، نوع اسید، متقابل اسید و سطح آن بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در شبدر ایرانی تیمار شده با سطوح مختلف اسید

Table 6. The effects of levels, type of acid and their intractions on ruminal degradability parameters and effective ruminal degradability of dry matter, crud protein and neutral detergent fiber of Iranian clover silage treated with different levels of acid

فراسنجه‌های هضمی	شاهد		اسید فرمیک			اسید استیک			اسید پروپیونیک			اسید کلریدریک			اسید سولفوریک			SEM	احتمال معنی‌داریاثرات		
	۰	۱٪	۲/۵٪	۵٪	۱٪	۲/۵٪	۵٪	۱٪	۲/۵٪	۵٪	۱٪	۲/۵٪	۵٪	۱٪	۲/۵٪	۵٪	۱٪		سطوح	اسید	متقابل
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک																					
بخش سریع تجزیه (درصد)	۲۹/۰۸^{h}	۳۴/۳۸^{cd}	۳۳/۶۵^{de}	۳۶/۵۷^{ab}	۳۱/۳۴^{fg}	۳۲/۶۹^{ef}	۳۵/۲۱^{bcd}	۳۵/۶۵^{abc}	۳۳/۹۴^{de}	۳۷/۰۷^{a}	۳۱/۲۳^{fg}	۳۲/۶۹^{ef}	۳۴/۰۶^{cde}	۳۰/۷۹^{g}	۳۰/۳۵^{gh}	۳۰/۳۵^{gh}	۰/۴۹۳	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
بخش کند تجزیه (درصد)	۴۱/۷۵^{abc}	۴۰/۱۹^{bc}	۳۸/۲۵^{c}	۴۲/۲۷^{abc}	۴۱/۵۲^{abc}	۳۶/۱۲^{c}	۳۹/۹۰^{bc}	۳۹/۸۹^{bc}	۴۰/۵۷^{abc}	۳۸/۰۴^{c}	۳۷/۸۴^{c}	۴۲/۲۲^{abc}	۴۵/۳۳^{ab}	۳۸/۴۹^{c}	۴۶/۰۳^{ab}	۴۶/۵۱^{a}	۶/۴۴	۰/۰۲	۰/۰۷	<۰/۰۱
بخش قابل تجزیه (درصد)	۷۰/۸۳^{cde}	۷۴/۵۸^{abcd}	۷۱/۹۱^{bcde}	۷۸/۸۵^{a}	۷۲/۸۶^{bcde}	۶۸/۸۱^{e}	۷۵/۱۱^{abc}	۷۵/۵۵^{abc}	۷۴/۵۱^{abcd}	۶۹/۰۷^{de}	۷۵/۰۷^{abc}	۷۴/۹۲^{abc}	۷۹/۳۹^{a}	۶۹/۲۹^{de}	۷۶/۳۸^{abc}	۷۶/۸۷^{ab}	۵/۳۳	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
بخش غیر قابل تجزیه (درصد)	۲۹/۱۹^{abc}	۲۵/۴۲^{bcde}	۲۸/۰۹^{abcd}	۲۱/۱۵^{e}	۲۷/۱۳^{abcd}	۳۱/۱۸^{a}	۲۴/۸۹^{cde}	۲۵/۴۵^{cde}	۲۵/۴۹^{bcde}	۲۴/۹۳^{cde}	۳۰/۹۲^{ab}	۲۵/۰۸^{cde}	۲۰/۶۱^{e}	۳۰/۷۱^{ab}	۲۳/۶۲^{cde}	۲۳/۱۳^{de}	۵/۳۳	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت)	۰/۰۳۲۲^{cd}	۰/۰۳۵۰^{cd}	۰/۰۴۶۰^{abcd}	۰/۰۳۴۳^{cd}	۰/۰۲۸۹^{d}	۰/۰۵۵۷^{a}	۰/۰۴۷۴^{abc}	۰/۰۴۰۱^{abcd}	۰/۰۲۸۲^{d}	۰/۰۳۶۱^{bcd}	۰/۰۵۳۹^{ab}	۰/۰۳۶۸^{bcd}	۰/۰۴۱۵^{abcd}	۰/۰۴۹۸^{abc}	۰/۰۳۶۱^{bcd}	۰/۰۴۲۰^{abcd}	۰/۰۰۰۶	۰/۰۴	۰/۹۲	۰/۰۲
تجزیه‌پذیری مؤثر در سطح نرخ عبور فرضی ۲ و ۴ درصد در ساعت																					
۲	۵۴/۸۰^{i}	۵۸/۲۵^{defg}	۵۹/۱۰^{cdef}	۶۳/۶۵^{a}	۵۵/۴۰^{hi}	۵۷/۴۰^{fgh}	۶۱/۵۵^{b}	۶۰/۵۰^{bcd}	۵۹/۹۰^{bcde}	۶۰/۶۰^{bc}	۵۷/۲۵^{fgh}	۵۸/۱۵^{efg}	۶۳/۸۰^{a}	۵۶/۴۵^{ghi}	۶۰/۱۵^{bcde}	۶۴/۸۰^{a}	۰/۹۵	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
۴	۴۷/۶۵^{j}	۵۰/۹۵^{fgh}	۵۲/۳۰^{ef}	۵۶/۷۵^{b}	۴۸/۱۵^{ij}	۵۰/۹۵^{fgh}	۵۴/۳۵^{cd}	۵۳/۱۰^{de}	۵۵/۹۰^{bc}	۵۳/۷۵^{de}	۵۰/۵۵^{gh}	۵۰/۳۰^{gh}	۵۵/۹۰^{b}	۴۹/۵۵^{hi}	۵۱/۲۵^{fg}	۵۸/۶۰^{a}	۰/۴۵۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام																					
بخش سریع تجزیه (درصد)	۳۶/۵۰^{a}	۲۸/۷۷^{bcd}	۲۸/۹۴^{bcd}	۳۴/۶۱^{ab}	۲۸/۹۲^{bcd}	۳۲/۷۵^{abc}	۳۰/۶۰^{abc}	۳۰/۱۹^{abc}	۳۰/۲۶^{abc}	۳۵/۲۷^{ab}	۲۳/۱۸^{def}	۲۲/۷۲^{def}	۲۶/۲۹^{cde}	۱۸/۸۸^{f}	۲۳/۰۶^{def}	۱۹/۵۶^{f}	۷/۷۲	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
بخش کند تجزیه (درصد)	۵۰/۱۵^{ef}	۵۶/۶۰^{abcd}	۵۲/۰۶^{cdef}	۴۸/۴۴^{f}	۵۷/۰۰^{abcd}	۴۶/۰۲^{f}	۵۱/۸۵^{def}	۵۴/۵۹^{bcde}	۴۹/۳۶^{ef}	۴۶/۵۱^{f}	۵۹/۴۶^{ab}	۵۹/۱۹^{ab}	۶۰/۲۳^{ab}	۶۰/۴۴^{ab}	۵۷/۹۶^{abc}	۶۰/۴۸^{a}	۶/۵۸	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
بخش قابل تجزیه (درصد)	۸۶/۷۵^{a}	۸۵/۵۴^{ab}	۸۰/۸۴^{def}	۸۳/۰۵^{bcd}	۸۵/۹۸^{ab}	۷۸/۷۸^{f}	۸۲/۴۵^{bcde}	۸۴/۷۸^{bc}	۷۹/۶۲^{ef}	۸۱/۷۸^{cdef}	۸۲/۶۵^{bcde}	۸۱/۹۳^{cdef}	۸۶/۶۳^{ab}	۷۹/۳۲^{ef}	۸۱/۰۲^{def}	۸۰/۰۳^{def}	۲/۲۷	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
بخش غیر قابل تجزیه (درصد)	۱۳/۲۵^{f}	۱۴/۴۵^{ef}	۱۹/۱۶^{abc}	۱۶/۹۵^{cde}	۱۴/۰۲^{ef}	۲۱/۲۲^{a}	۱۷/۵۴^{bcde}	۱۵/۲۲^{def}	۲۰/۳۸^{ab}	۱۸/۲۱^{abcd}	۱۷/۳۵^{bcde}	۱۸/۰۷^{abcd}	۱۳/۳۷^{f}	۲۰/۶۷^{ab}	۱۸/۹۲^{abc}	۱۹/۹۶^{abc}	۲/۲۷	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت)	۰/۰۳۴۴^{g}	۰/۰۳۶۹^{fg}	۰/۰۴۹۱^{bcdef}	۰/۰۴۷۵^{cd}	۰/۰۳۲۶^{g}	۰/۰۴۳۱^{cdefg}	۰/۰۴۴۱^{bcdefg}	۰/۰۵۰۵^{abcde}	۰/۰۴۰۸^{defg}	۰/۰۴۶۹^{bcdef}	۰/۰۳۹۳^{efg}	۰/۰۵۲۳^{abcd}	۰/۰۵۵۹^{ab}	۰/۰۵۵۴^{abc}	۰/۰۵۰۵^{abcde}	۰/۰۶۱۵^{a}	۰/۰۰۰۳	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
تجزیه‌پذیری مؤثر در سطح نرخ عبور فرضی ۲ و ۴ درصد در ساعت																					
۲	۶۰/۲۰^{h}	۶۵/۳۰^{cd}	۶۵/۷۵^{cd}	۶۸/۷۰^{b}	۶۱/۸۰^{gh}	۶۶/۱۵^{def}	۶۸/۲۰^{c}	۶۹/۳۰^{ab}	۶۹/۶۵^{ab}	۶۸/۱۱^{b}	۶۲/۵۵^{fg}	۶۵/۵۰^{cd}	۷۰/۷۰^{a}	۶۳/۳۰^{efg}	۶۴/۵۵^{cde}	۶۵/۲۰^{cd}	۰/۶۷۰	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
۴	۴۹/۸۵^{g}	۵۵/۸۵^{bc}	۵۷/۴۵^{b}	۶۰/۹۰^{a}	۵۱/۱۵^{fg}	۵۶/۶۰^{bc}	۵۷/۷۵^{b}	۶۰/۶۵^{a}	۶۱/۴۵^{a}	۶۰/۳۵^{a}	۵۲/۶۰^{ef}	۵۶/۲۰^{bc}	۶۱/۵۰^{a}	۵۳/۹۵^{de}	۵۵/۳۰^{cd}	۵۶/۲۵^{bc}	۰/۶۷۵	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی																					
بخش سریع تجزیه (درصد)	۱۲/۵۸^{bcde}	۱۱/۸۰^{ed}	۱۲/۳۴^{cde}	۱۵/۹۱^{abc}	۱۲/۳۳^{cde}	۱۶/۳۸^{a}	۱۵/۲۴^{abcde}	۱۰/۹۹^{e}	۱۳/۳۳^{abcde}	۱۳/۲۷^{abcde}	۱۵/۸۳^{abc}	۱۵/۰۹^{ab}	۱۶/۱۶^{ab}	۱۲/۰۹^{de}	۱۳/۵۷^{abcde}	۱۵/۲۴^{abcd}	۲/۱۷	۰/۰۰/۰۲	۰/۰۴	<۰/۰۱
بخش کند تجزیه (درصد)	۵۵/۳۰^{abc}	۵۶/۰۶^{abc}	۵۷/۷۱^{ab}	۵۶/۱۳^{abc}	۵۶/۴۵^{abc}	۵۳/۳۸^{c}	۵۸/۳۸^{ab}	۵۶/۹۹^{abc}	۵۸/۰۰^{ab}	۵۹/۴۴^{a}	۵۵/۴۷^{abc}	۵۵/۴۶^{abc}	۵۵/۶۴^{abc}	۵۴/۱۲^{bc}	۵۷/۰۱^{abc}	۵۸/۱۱^{ab}	۳/۰۳	۰/۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۱
بخش قابل تجزیه (درصد)	۶۷/۸۹^{de}	۶۷/۸۶^{de}	۷۰/۰۶^{bcd}	۷۲/۰۴^{abc}	۶۸/۷۸^{cde}	۶۹/۷۷^{bcd}	۷۲/۳۵^{ab}	۶۷/۹۸^{de}	۷۱/۳۴^{abc}	۷۲/۷۱^{ab}	۷۱/۳۰^{abc}	۷۰/۶۶^{abcd}	۷۱/۸۰^{abc}	۶۶/۲۱^{e}	۷۰/۵۸^{abcd}	۷۳/۳۶^{a}	۱/۸۳	<۰/۰۱	۰/۰۳	<۰/۰۱
بخش غیر قابل تجزیه (درصد)	۳۲/۱۱^{ab}	۳۲/۱۰^{ab}	۲۹/۹۴^{bcd}	۲۷/۹۵^{cde}	۳۱/۲۲^{bcd}	۳۰/۲۲^{bcd}	۲۷/۶۴^{de}	۳۳/۰۱^{ab}	۲۸/۶۶^{cde}	۲۷/۲۹^{de}	۲۸/۶۹^{cde}	۲۹/۳۳^{bcde}	۲۸/۲۰^{cde}	۳۳/۷۹^{a}	۲۹/۴۲^{bcde}	۲۶/۶۴^{e}	۱/۸۳	<۰/۰۱	۰/۰۳	<۰/۰۱
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت)	۰/۰۶۰۸	۰/۰۶۶۹^{fg}	۰/۰۶۸۱^{bcdef}	۰/۰۶۴۴^{cd}	۰/۰۶۵۳^{g}	۰/۰۶۳۲^{cdefg}	۰/۰۶۶۶^{bcdefg}	۰/۰۷۵۲^{abcde}	۰/۰۶۱۴^{defg}	۰/۰۶۰۹^{bcdef}	۰/۰۶۴۰^{abcd}	۰/۰۶۱۳^{ab}	۰/۰۵۹۳^{efg}	۰/۰۸۱۷^{abc}	۰/۰۶۸۱^{abcde}	۰/۰۶۲۵^{a}	۰/۰۰۰۸	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
تجزیه‌پذیری مؤثر در سطح نرخ عبور فرضی ۲ و ۴ درصد در ساعت																					
۲	۵۴/۲۰^{f}	۵۴/۹۵^{ef}	۵۶/۹۵^{abcde}	۵۸/۷۰^{a}	۵۵/۶۵^{cdef}	۵۷/۳۰^{abcde}	۵۸/۸۵^{a}	۵۵/۹۵^{bcdef}	۵۷/۱۰^{abcde}	۵۸/۰۰^{abc}	۵۷/۳۰^{abcd}	۵۷/۷۰^{abcde}	۵۸/۱۰^{ab}	۵۵/۵۵^{def}	۵۷/۷۰^{abcd}	۵۹/۳^{a}	۰/۶۷	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
۴	۴۵/۹۵^{f}	۴۶/۹۰^{ef}	۴۸/۷۰^{abcde}	۵۰/۵۰^{ab}	۴۷/۵۵^{def}	۴۹/۳۵^{abcd}	۵۰/۴۵^{ab}	۴۸/۶۰^{cde}	۴۸/۴۵^{bcde}	۴۹/۱۵^{abcd}	۴۸/۹^{abcde}	۴۹/۶۵^{abc}	۴۹/۸۵^{abc}	۴۸/۴۰^{bcde}	۴۹/۵۰^{abcd}	۵۰/۶۵^{a}	۰/۶۷	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱

*: میانگین‌های هر ردیف که با حروف غیر مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

تجزیه‌پذیری مؤثر با افزایش سطح در هنگام استفاده از همه اسیدها، افزایش یافت. در حالی‌که بیشترین افزایش مربوط به اسید فرمیک در سطح ۵ درصد بوده و اسید استیک در سطح ۱ درصد کمترین افزایش را در بر داشته است (جدول ۶). بررسی اثرات افزودن اسید فرمیک بر قابلیت هضم نشان داد که مواد سیلویی که علوفه آن پژمرده نشده بود، استفاده از اسید فرمیک قابلیت هضم ماده آلی را تا ۷ درصد و برای مواد سیلویی پژمرده شده تا ۲ درصد افزایش داد (۱۶،۷). یونجه سیلویی با سطوح مختلف اسید فرمیک (۳/۶۳ تا ۴/۸۷ لیتر در تن) نشان داد که قابلیت هضم ماده آلی در مواد سیلویی عمل‌آوری شده و عمل‌آوری نشده به ترتیب ۰/۶۵۷ و ۰/۵۸۸ بود و قابلیت هضم به میزان زیادی افزایش پیدا کرده بود. نتایج مشابهی نیز با اسید استیک و اسید پروپیونیک به دست آمد. با بررسی ۲۲ آزمایش بر روی مواد سیلویی عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با اسیدهای آلی مشخص شد که عمل‌آوری با اسید باعث افزایش معنی‌دار در قابلیت هضم ماده آلی و افزایش وزن شد. قابلیت هضم ماده خشک سیلاژ علوفه گرامینه–شبدر با و بدون اسید فرمیک ۰/۶۸۴ و ۰/۶۶۵ گزارش شد (۱۶،۱۳).

میانگین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام مواد سیلویی به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع اسید (به جز بخش کند تجزیه) و سطح مورد استفاده آن‌ها (P<۰/۰۱) قرار گرفت. اثر متقابل نوع اسید و سطوح مورد استفاده آن بر مقدار بخش محلول و بخش کند تجزیه پروتئین خام مواد سیلویی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). به نظر می‌رسد این اثر ناشی از اثر نوع و سطح اسید باشد. بالاترین و کمترین مقدار بخش سریع تجزیه به‌ترتیب مربوط به علوفه سیلویی شاهد (۳۶/۵۰ درصد) و مواد سیلویی عمل آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۱ درصد (۱۸/۸۸ درصد) بود. همچنین در بخش کند تجزیه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید بالاترین و کمترین مقدار این بخش به ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۶۰/۴۸ درصد) و مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید استیک در سطح ۲/۵ درصد (۴۶/۰۲ درصد) بود. تجزیه‌پذیری مؤثر در سطح نرخ عبور ۲ درصد در ساعت، در سطح نرخ عبور ۳ درصد در ساعت و در سطح نرخ عبور ۴ درصد در ساعت در مواد سیلویی عمل‌آوری شده با سطوح مختلف اسیدها، کاهش معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۱). همه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، دارای میانگین بخش سریع تجزیه بالاتری نسبت به مواد سیلویی شاهد بودند (جدول ۶).

اثر متقابل نوع اسید و سطح مورد استفاده بر بخش سریع تجزیه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مواد سیلویی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). بالاترین و کمترین مقدار بخش سریع‌تجزیه به ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید استیک در سطح ۲/۵ درصد (۱۶/۳۸ درصد) و اسید پروپیونیک در سطح ۱ درصد (۱۰/۹۹ درصد) بود. اثر متقابل نوع اسید و سطوح مورد استفاده بر بخش کند تجزیه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مواد سیلویی معنی‌داری بود (P<۰/۰۱). به نظر می‌رسد این اثر ناشی از اثر نوع و سطح اسید باشد. بالاترین و کمترین مقدار بخش کند تجزیه به ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید پروپیونیک در سطح ۵ درصد (۵۹/۴۴ درصد) و اسید استیک در سطح ۲/۵ درصد (۵۳/۳۸ درصد) بود. اثر متقابل نوع اسید و سطوح مورد استفاده نیز بر مقدار بخش بالقوه قابل تجزیه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مواد سیلویی تأثیر معنی‌داری داشت (P<۰/۰۱). بالاترین و کمترین مقدار بخش بالقوه قابل تجزیه به‌ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۷۳/۳۶ درصد) و اسیدسولفوریک در سطح ۱ درصد (۶۶/۲۱ درصد) بود. اثر متقابل نوع اسید و سطوح استفاده آن بر مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی مواد سیلویی تأثیر معنی‌داری داشت (P<۰/۰۱). بالاترین و کمترین مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر در سطح نرخ عبور ۲ درصد در ساعت به ترتیب مربوط به مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید سولفوریک در سطح ۵ درصد (۵۹/۳ درصد) و مواد سیلویی شاهد (۵۴/۲۰ درصد) بود. در این پژوهش بیشترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام تیمار شاهد مشاهده شد، به طوری که معادل ۸۵ درصد کل تجزیه پروتئین خام (در ۷۲ ساعت)، در ۲۴ ساعت اول انکوباسیون تجزیه گردید (جدول ۶). در مواد سیلویی عمل‌آوری شده، حدود ۸۰ درصد از کل پروتئین خام قابل تجزیه (در ۷۲ ساعت)، در ۲۴ ساعت اول انکوباسیون در شکمبه تجزیه شدند. افزودن اسید فرمیک به علوفه تازه برداشت شده به هنگام سیلو کردن، اثر مفیدی در حفظ پروتئین علوفه داشت اما تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه را کاهش داد (۲۷،۸،۹). همچنین، در سیلوی لگوم‌های عمل‌آوری شده با اسید فرمیک، نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه برای مواد سیلویی بدون مواد افزودنی و مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید فرمیک به ترتیب ۸۲ و ۶۳ درصد بود (۲۲). افزودن اسید در مقایسه با مواد سیلویی شاهد سبب کاهش بخش سریع‌تجزیه شد. در حالی‌که بیشترین کاهش مربوط به اسید سولفوریک بوده و اسید استیک کمترین کاهش را در بر داشت. بخش کند تجزیه همه مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید در مقایسه با مواد سیلویی شاهد، افزایش یافت و بیشترین افزایش مربوط به اسید سولفوریک و کمترین افزایش مربوط به اسید استیک بود. برای بخش بالقوه قابل تجزیه در شکمبه، مواد سیلویی شاهد بالاترین مقدار را داشته، و تفاوت معنی‌داری بین مواد سیلویی حاوی اسید وجود نداشت. طبیعتاً با افزایش مقدار بخش بالقوه قابل تجزیه در شکمبه، بخش غیرقابل تجزیه کاهش می‌یابد، لذا مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، بیشترین مقادیر مربوط به این بخش را به خود اختصاص داده، هرچند تفاوت معنی‌داری بین آن مواد سیلویی وجود نداشت و کمترین مقدار مربوط به مواد سیلویی شاهد بود. از نتایج به دست آمده در این پژوهش، چنین استنباط می‌شود که عمل‌آوری با اسید، اثر مفیدی بر متابولیسم بعدی نیتروژن در مقایسه با مواد سیلویی شاهد دارد که با نتایج چمبرلین و تامسون (۸) همخوانی دارد. تجزیه‌پذیری مؤثر با افزایش نرخ عبور مواد از شکمبه کاهش یافت. مواد سیلویی عمل‌آوری شده در مقایسه با مواد سیلویی

شاهد تجزیه‌پذیری مؤثر بالاتری داشتند و بیشترین افزایش مربوط به اسید پروپیونیک بوده و اسید استیک کمترین مقدار را دربر داشته است. مصطفی و سگون (۲۴) شبدر برسیم و یونجه سیلویی را با هم مقایسه کردند و نشان دادند که افت pH در شبدر برسیم سیلویی در طی روزهای اول، سریع‌تر رخ می‌دهد، که منجر به کاهش فعالیت پروتئولیتیکی شده و از تجزیه پروتئین جلوگیری می‌کند. محسن و همکاران (۲۱) pH شبدر برسیم سیلویی در چین اول و دوم را به ترتیب ۴/۲۷ و ۴/۲۵ و مقدار نیتروژن آمونیاکی ۶/۳۱ و ۶/۴۰ درصد از کل نیتروژن گزارش دادند که نشان می‌دهد با افزایش ماده‌ی خشک، سهم نیتروژن آمونیاکی هم افزایش‌یافت. پس از برداشت و طی مراحل اولیه‌ی سیلوکردن، آسیب سلولی منجر به آزادشدن پروتئازهای سلولی می‌شود و تا زمان غالب شدن باکتری‌های مولد اسید لاکتیک، مقدار قابل توجهی از پروتئین به آمونیاک تبدیل می‌شود. تولید بیشتر آمونیاک، کاهش pH را در سیلو به تعویق می‌اندازد. البته لگوم‌ها حاوی پلی‌فنل اکسیدازهای محافظت کننده‌ی پروتئین هستند که فنل‌های موجود در شبدر را به کوئینون‌ها تبدیل می‌کند (۱۷) که به سرعت با پروتئازها واکنش داده، در نتیجه تجزیه‌ی پروتئین را مهار می‌کنند. از طرف دیگر شبدر برسیم حاوی تانن متصل به پروتئین است که پس از آسیب سلولی رخ می‌دهد. بررسی اثرات متقابل در روند تجزیه‌پذیری پروتئین خام، نشان داد که مقدار بخش سریع‌تجزیه، با افزایش سطح اسید با اسید فرمیک افزایش، با اسید استیک‌کاهش، با اسید پروپیونیک افزایش، با اسید کلریدریک افزایش و با اسید سولفوریک کاهش یافت. بخش کندتجزیه، با افزایش سطح اسید، به هنگام استفاده از اسید فرمیک کاهش، اسید استیک افزایش، اسید پروپیونیک کاهش، اسید کلریدریک افزایش و اسید سولفوریک نیز افزایش یافت. بخش بالقوه قابل تجزیه، با افزایش سطح اسید، به هنگام استفاده از اسید فرمیک، اسید استیک و اسید پروپیونیک کاهش، اسید سولفوریک و اسید کلریدریک افزایش یافت. طبیعتاً با افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه پروتئین خام مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید کلریدریک و اسید سولفوریک بخش غیرقابل تجزیه در شکمبه این مواد سیلویی کاهش داشته ولی مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید استیک، اسید فرمیک و اسید پروپیونیک با افزایش سطح اسید، مقدار بخش غیرقابل تجزیه در شکمبه افزایش و در متابولیسم بعدی پروتئین در قسمت‌های بعد از شکمبه، مورد استفاده قرار می‌گیرند. تجزیه‌پذیری مؤثر مواد سیلویی عمل‌آوری شده با اسید، با افزایش سطح اسید افزایش یافت. بالاترین مقدار مربوط به اسیدکلریدریک در سطح ۵ درصد است. با افزایش نرخ عبور مواد از شکمبه نیز تجزیه‌پذیری مؤثر کاهش یافت.

منابع

1. Anette, H.D., K.M. Kreuzer, H. Leuenberger and H.R. Wettstein. 2008. Comparative 1. 17th ed. AOAC, Arlington, VA. pp: 120-155.
2. Baah, J., W. Addah, E.K. Okine and T.A. McAllister. 2011. Effects of homolactic bacterial inoculant alone or combined with an anionic surfactant on fermentation, aerobic stability and *in situ* ruminal degradability of barley silage. Asian-Aust. Journal of Animal Science, 24: 369-378.
3. Broderic, G.A., R.P. Walgenbach and S. Maignan. 2001. Production of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage at equal dry matter or crude protein contents in the diet. Journal of Dairy Science, 84: 1728-1737.
4. Barzamini, H.U., J. Mostafalo, K. Bayat and F. Ghanbari. 2014. Effect of addition of different levels of dried citrus pulp and beet pulp on chemical composition and pH of tomato pulp silage. *National Conferen ce of sheep on the sidelines of the Caspian Sea*. Sari University of Agricultural Science and Natural Resources, 92-95(In Iranian).
5. Berimavandi, A.R., H. Akhgari and B. Kaviani. 2010. Determination of the best method for silage of berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) in humid weather conditions. International Journal of *Agriculture and Biology*, 12: 141-144.
6. Bezabih Yitbarek, M. and B. Tamir. 2014. Silage Additives: Review. Open Journal of Applied Sciences, 4: 258-274.
7. Carpintero, C.M., A.R. Henderson and P. McDonald. 1987. The effect of some pre-treatments on proteolysis during the ensiling of herbage. Journal Grass Forage Science, 34: 311-315.
8. Chamberlain, D.G. and J. Quig. 1987. The effect of the rate of addition of formic acid and sulphuric acid on the ensilage of perennial ryegrass in laboratory silos. Journal of Science. Food Agriculture, 38: 217-228.
9. Del Prado, A., T. Misselbrook, D. Chadwick, A. Hopkins, R.J. Dewhurst, P. Davison, A. Butler, J. Schroder and D. Scholefield. 2011. SIMSDAIRY: A modelling framework to identify sustainable dairy farms in the UK. Framework description and test for organic systems and N fertilizer optimization. Science Total Environment, 409: 3993-4009.
10. FAO, 2013. Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO, Rome, Italy.
11. Hymes-Fecht, U.C., G.A. Broderick, R.E. Muck and J.H. Grabber. 2012. Replacing alfalfa or red clover silage with birdsfoot trefoil silage in total mixed rations increases production of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 96: 460-469.
12. Henderson, A.R., D.H. Anderson, D. Neilson, E.A. Hunter and P. Phillips. 1989. The effect of a high rate of application of formic acid and propionic acid during ensilage of ryegrass and legume on silage dry matter intake of sheep and cattle. Journal of Animal Prodution, 48: 663-664.
13. Henderson, N. 1993. Silage additives. Journal of Animal Feed Science and Technology, 45: 35-56.

14. Hristov, A.N. and G.S. Sandev. 1998. Proteolysis and rumen degradability of protein in alfalfa preserved as silage, haylage or hay. Journal of Animal Feed Science and Technology, 72: 175-181.
15. Golchin Gelehdooni, S. and A. Teimouri Yansari. 2015. The effect of phenological stages on chemical composition and dry matter, neutral detergent fiber and crude protein degradability parameters of berseem clover in rumen. Research on Animal Production, 6: 83-91.
16. Jones, C.M., A.J. Heinrichs, G.W. Roth and V.A. Ishler. 2004. From harvest to feed: Understanding silage management. Available: http://www.cas.psu.edu.
17. Kung, L.Jr., C.C. Taylor, M.P. Lynch and J.M. Neylon. 2003. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability and nutritive value for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 86: 336-343.
18. Lattemae, P., C. Ohlsson and P. Lingvall. 1996. The combined effect of molasses and formic acid on quality of red-clover silage. Journal of Agriculture Research, 26: 31-41.
19. McDonald, I.M. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. Journal of Agricalture Science (Cambridge), 96: 251-253.
20. McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron. 1991. The Biochemistry of Silage. Chalcombe, Marlow, UK.
21. Mohsen, M.K., G.S. El-Santiel, H.M.A. Gaafar, H.M. El-Gendy and E.A. El-Beltagi. 2011. Nutritional evaluation of berseem. 3. Effect of nitrogen fertilizer on berseem fed as hay to goats. Arch. Zootechnica, 14: 66-75.
22. Muck, R.E. 1993. The role of silage additives in making high quality silage. In Proc. Nat. Silage Prod. Conf. NRAES-67, Ithaca, NY. 106 pp.
23. Muck, R.E. and L. Kung, Jr. 1997. Effects of silage additives on ensiling. Pages 187-199 *in* Proc. Natl. Silage Prod. Conf., Hershey, PA. NRAES-99. Northeast Reg. Agric. Ext. Serv., Ithaca, NY.
24. Mustafa, A.F. and P. Seguin. 2003. Ensiling characteristics, ruminal nutrient degradabilities and whole tract nutrient utilization of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) silage. can. Journal of animal Science, 83: 147-152.
25. Nadeau, E.M.G., D.R. Buxton, J.R. Russell, M.J. Allison and J.W. Young. 2000. Enzyme, bacterial inoculant, and formic acid effects on silage composition of orchardgrass and alfalfa. Journal of Dairy Science, 83: 1487-1502.
26. Nagel, S.A. and G.A. Broderick. 1992. Effect of formic acid or formaldehyde treatment of alfalfa silage on nutrient utilization by dairy cows. Journal of Dairy Science, 75: 140-154.
27. Ørskove, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agriculture Science, (Cambrige) 92: 499-503.
28. Sarwar, M., M.A. Khan, A. Mahr-un-Nisa and N.A. Touqir. 2005. Influence of berseem and lucerne silages on feed intake, nutrient digestibility and milk yield in lactating Nili buffaloes. Asian-Aust. Journal of Animal Science, 18: 475-478
29. Van Dorland, H.A., H.R. Wettstein, H. Leuenberger and M. Kreuzer. 2006. Comparison of fresh and ensiled white and red clover added to ryegrass on energy and protein utilization of lactating cows. Animal Science, 82: 691-700.
30. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lews. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch poly sacharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.
31. Vanhatalo, A., K. Kuoppala and M. Rinne. 2009. Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 1. Nitrogen metabolism and supply of amino acids Journal of Dairy Science, 92: 5620-5633.

Effects of Different Levels of Organic and Inorganic Acids Treatment on Quality and Ruminal Dry Matter and Nutrients Degradability of Iranian Clover Silage

Motaleb Ahmadi[1], Asadollah Teimouri Yansari[2] and Mohammad Ali Tajik Ghanbari[3]

1 and 3- Graduated M.Sc. Department of Animal Science and Associate Professor Department of Plant Protection, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: astymori@yahoo.com)
Received: September 13, 2012 Accepted: February 5, 2017

Abstract

In order to evaluate the effects of three organic (Formic, Acetic and Propionic acid) and two inorganic acids (Sulfuric acid and HCL) at different levels (0, 1, 2.5 and 5% (vol/wt)) on dry and organic matter, NDF, CP and ammonia-N content and pH of Iranian clover silage and its ruminal dry matter and nutrients degradability, this experiment carried out using a complete randomized design with 5×3 factorial arrangement of treatments. After harvesting at 15 % of flowering, equivalent of three Kg dry matter of treated and control Iranian clover was ensiled for 35 d. The effects of these treatments on ruminal dry matter and nutrient degradability of Iranian clover silage were determined. Ruminal dry matter and nutrients degradability of Iranian clover silage were measured by nylon bag technique using three fistulated Zel ewes (approximately 2 year old, BW= 30 ± 2 kg). Incubation times consisted of 0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 h. The acid, level of acid and their interactions significantly decreased the NDF, ammonia-N content and pH, whereas significantly increased DM, OM and CP content of treated silage in comparision to control silage. Ruminal degradability of DM, CP and NDF were significantly affected by acid, level of acid and their interaction. Treated silages had higher ruminal degradable dry matter, lower ruminal degradable CP in comparision to control silage. Treating with organic and inorganic acids improved the quality and increased ruminal degradable dry matter and NDF and decreased ruminal degradable CP, and totally the increased nutritive value of silage.

Keywords: Iranian Clover Silage, Quality Characteristics, Ruminal Degradability