تحقیقات تولیدات دامی

سال هفتم/شماره دوم/تابستان ۱۳۹۷ (۸۲-۶۹)

دانشگاه گیلان

Animal Production Research

اثر فرآوری سیلاژ کمپوست باقیمانده از قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) بر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و کینتیک تخمیر شکمبه‌ای آن در گوسفند مهربان

سارا کلوندی[۱]، خلیل زابلی[۲*]، مصطفی ملکی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۶)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر فرآوری (جداسازی خاک و افزودن ملاس) بر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و کینتیک تخمیر شکمبه‌ای سیلاژ کمپوست باقیمانده از قارچ دکمه‌ای (SMCS) در گوسفند مهربان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) SMCS به همراه ۷/۵ درصد ملاس، ۲) SMCS به همراه ۱۵ درصد ملاس، ۳) SMCS خاک‌زدایی شده به همراه ۷/۵ درصد ملاس و ۴) SMCS خاک‌زدایی شده به همراه ۱۵ درصد ملاس بودند که به روش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شدند. ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تخمیر همه تیمارها بعد از ۶۰ روز تعیین شد. سپس قابلیت هضم درون‌تنی مواد مغذی و کینتیک تخمیر شکمبه‌ای سیلاژها به روش آزمون تولید گاز بررسی شد. نتایج نشان داد حذف خاک از SMCS، سبب کاهش درصد پروتئین خام (از ۷/۶۵ به ۶/۵۳ درصد) و خاکستر خام (از ۴۶/۴۶ به ۳۶/۴۰ درصد) در سیلاژها شد (P<۰/۰۵). علاوه بر این، حذف خاک سبب افزایش قابلیت هضم ماده آلی (از ۴۵/۳۲ به ۴۹/۰۰ درصد) و افزودن ملاس نیز سبب افزایش قابلیت هضم NDF (از ۲۷/۳۱ به ۳۲/۲۳ درصد) و ADF (از ۲۱/۹۵ به ۲۵/۰۵ درصد) سیلاژها شد (P<۰/۰۵). جداسازی خاک و افزودن ملاس، سبب افزایش پتانسیل تولید گاز (A) (به ترتیب از ۳۴/۷۳ به ۳۸/۱۸ میلی‌لیتر و از ۳۴/۷۰ به ۳۸/۲۰ میلی‌لیتر) در سیلاژها شد (P<۰/۰۵). همچنین افزودن ملاس، تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژها را (از ۷۹/۲۲ به ۸۴/۰۷ درصد) افزایش داد (P<۰/۰۵). به‌طور کلی، جداسازی خاک از کمپوست، سبب کاهش درصد خاکستر و پروتئین خام و افزایش قابلیت هضم ماده آلی و پتانسیل تولید گاز در سیلاژ آن شد.

واژه‌های کلیدی: ارزش غذایی، افزودنی، آزمون تولید گاز، سیلاژ کمپوست قارچ، گوسفند مهربان

* نویسندهٔ مسئول: zaboli@basu.ac.ir

مقدمه

استفاده از محصولات فرعی کشاورزی به علت هزینه نسبی کمتر نسبت به علوفه و غلات، جایگاه ویژه‌ای در سیستم‌های تغذیه نشخوارکنندگان پیدا کرده است. کاربرد این محصولات بخصوص در مناطق خشک و نیمه-خشک جهان، علاوه بر تأمین بخشی از مواد مغذی مورد نیاز دام‌ها، هزینه تولید فرآورده‌های دامی را نیز کاهش می‌دهد. یکی از این محصولات، کمپوست باقیمانده از قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) است که در مراکز تولید قارچ خوراکی به عنوان یک فرآورده جانبی نامطلوب به شمار رفته و اغلب از راه روش‌های مختلفی مانند سوزاندن و یا دفن کردن از بین برده می‌شود. تحت چنین شرایطی، علاوه بر آلودگی محیط زیست، ترکیبات مغذی موجود در آن نیز به هدر می‌رود (رعنایی و همکاران، ۱۳۹۴). موادی که به عنوان بستر (کمپوست) برای پرورش قارچ دکمه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، از نظر سلولز، همی‌سلولز و لیگنین غنی هستند، اما بخش زیادی از این ترکیبات به همراه بخش باقیمانده کمپوست، دور ریخته می‌شوند. کمپوست باقیمانده از قارچ دکمه‌ای، غنی از میکروارگانیسم‌ها، آنزیم‌های برون سلولی و نیتروژن است که تصور می‌شود، پتانسیل استفاده به عنوان خوراک دام را داشته باشد (Ball and Jackson, 1995). در یک تحقیق، مصرف این ضایعات به مقدار ۲۰ درصد در جیره بره‌های نر پرواری، در مقایسه با جیره شاهد تأثیری بر قابلیت هضم نداشت، اما مصرف بالاتر آن (مقدار ۳۰ درصد) سبب کاهش قابلیت هضم مواد مغذی جیره شد (Fazaeli and Talebian Masoodi, 2006). کاهش مصرف خوراک در دام، در موقع استفاده از کمپوست باقیمانده از قارچ دکمه‌ای، به وسیله سایر محققین نیز گزارش شده است و علت اصلی این کاهش، بالا بودن مقدار خاک (خاکستر خام) در آن بیان شده است (Bakshi and Langar, 1991). این ماده، دارای رطوبت نسبتاً زیادی است، لذا امکان نگهداری بلند مدت آن وجود ندارد. وجود مقدار قابل توجهی خاک در داخل این ماده (که در موقع آماده‌سازی کمپوست به آن اضافه می‌شود)، نیز امکان مصرف آن‌را در جیره غذایی دام با مشکل مواجه کرده است. به نظر می‌رسد با جداسازی خاک از این ماده و اضافه کردن برخی افزودنی‌ها به آن، احتمالاً بتوان آن‌را به صورت سیلاژ نگهداری کرد. یکی از افزودنی‌هایی که برای تهیه انواع سیلاژها بکار برده می‌شود، ملاس چغندرقند است و مطالعات بسیار زیادی در رابطه با استفاده از ملاس جهت بهبود تخمیر در مواد سیلویی انجام شده است. اضافه کردن مقدار ۱۵ درصد ملاس به سیلاژ سورگوم، سبب کاهش pH و درصد NDF و ADF آن شد (Mahala and Khalifa, 2007). گزارش شده است که با اضافه کردن ملاس به سیلاژ گیاه کامل نی، ارزش غذایی آن بهبود یافته است (ولی زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

روش‌های مختلفی برای ارزشیابی کیفیت سیلاژها وجود دارد. بررسی pH در یک سیلاژ، سریع‌ترین و عملی‌ترین روش برای ارزشیابی کیفیت آن است و مقدار مناسب pH در یک سیلوی با کیفیت، در حدود ۴ تعیین شده است که نشان‌دهنده تخمیر مناسب در آن است (شبخوان و همکاران، ۱۳۹۵). یکی دیگر از این روش‌ها، بررسی ظرفیت بافری سیلاژ است. پایین بودن ظرفیت بافری نشان‌دهنده گذر سریع تخمیر از حالت بوتیریکی به حالت لاکتیکی در اوایل دوره تخمیر است. این وضعیت نشان-دهنده کاهش سریع pH در داخل توده سیلو بوده و تحت چنین شرایطی، از تخمیر استیکی و بوتیریکی جلوگیری شده و کیفیت سیلاژ بهبود می‌یابد (Oni *et al*., 2014). بالا بودن ظرفیت بافری، یکی از خصوصیات منفی در سیلاژها محسوب می‌شود. ظرفیت بافری عاملی است که از تغییر pH سیلاژ و کاهش آن جلوگیری می‌کند و سبب می‌شود که تخمیر به درستی صورت نگیرد.

روش‌های مختلفی برای ارزشیابی مواد خوراکی در نشخوارکنندگان وجود دارد. یکی از این روش‌ها، آزمون تولید گاز است. در این روش مقدار مشخصی از خوراک در مایع شکمبه بافری شده انکوباسیون شده و حجم گاز تولید شده در فواصل زمانی معین و متوالی که نشان-دهنده سرعت هضم خوراک است، اندازه‌گیری شده و پارامترهای مربوط به کینتیک تخمیر شکمبه‌ای برآورد می‌شوند. یکی از این پارامترها، تولید کل اسیدهای چرب فرار است. وقتی که هضم و تخمیر خوراک در شکمبه در حد ایده‌آل باشد، باکتری‌ها شروع به رشد و تکثیر کرده و در نهایت تولید کل اسیدهای چرب فرار افزایش می‌یابد و لذا افزایش کل اسیدهای چرب فرار نشان‌دهنده بالا بودن وسعت تخمیر خوراک است (Dehority, 2003). غلظت آمونیاک شکمبه نیز می‌تواند به عنوان شاخصی از تجزیه

پروتئین میکروبی در شکمبه در نظر گرفته شود (Dehority, 2003). همچنین، ضریب تفکیک به عنوان شاخصی از بازده سنتز توده میکروبی در شکمبه است و اگر مقدار تولید گاز نسبت به مقدار سوبسترای تجزیه شده کمتر باشد، سبب افزایش ضریب تفکیک می‌شود (Blummel *et al.*, 1997).

با توجه به وجود مقدار قابل توجه کمپوست باقیمانده از کشت قارچ دکمه‌ای در اکثر مناطق کشور و از آنجا که اطلاعات زیادی در خصوص ارزش غذایی سیلاژ این محصول یافت نشد، لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر فرآوری (جداسازی خاک و اضافه کردن ملاس) بر ارزش غذایی (ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و فراسنجه-های تخمیر شکمبه‌ای) سیلاژ کمپوست باقیمانده از قارچ دکمه‌ای در گوسفند مهربان انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش از دو نوع کمپوست باقیمانده از کشت قارچ دکمه‌ای (دست نخورده و خاک‌زدایی شده) و ملاس (در دو سطح ۷/۵ و ۱۵ درصد ماده خشک کمپوست) در مزرعه تحقیقات دامپروری دانشگاه بوعلی سینا واقع در شهر همدان استفاده شد. کمپوست باقیمانده از کشت قارچ دکمه‌ای مورد نیاز برای این آزمایش، از یکی از سالن‌های پرورش قارچ خوراکی واقع در حومه شهرستان همدان تهیه شد. درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) آن به ترتیب ۲۸/۰۴، ۵۵/۵۹، ۶/۴۶، ۲۹/۶۹ و ۲۷/۰۱ درصد بود. به منظور جداسازی خاک از کمپوست قارچ، از روش شستشو با آب استفاده شد. نحوه شستن به این صورت بود که بخشی از کمپوست قارچ به داخل یک وان فلزی (با ابعاد ۰/۵ × ۰/۵ × ۱ متر) منتقل و با استفاده از جریان آب و یک چهار شاخ فلزی، به خوبی به هم زده شد تا خاک موجود در لابه‌لای کمپوست خارج شود. سپس کمپوست قارچ خاک‌زدایی شده از داخل وان جمع‌آوری و آب داخل وان برای مرحله بعدی شستشو تعویض شد. پس از شستشو و تهیه مقدار کافی از کمپوست قارچ خاک‌زدایی شده، این ماده در معرض هوای آزاد قرار داده شد تا از رطوبت آن کاسته شده (درصد ماده خشک آن به ۳۰/۹۶ درصد رسانده شد) و جهت تهیه سیلاژ استفاده شود. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) سیلاژ کمپوست قارچ به همراه ۷/۵ درصد ملاس، ۲) سیلاژ کمپوست قارچ به همراه ۱۵ درصد ملاس، ۳) سیلاژ کمپوست قارچ خاک‌زدایی شده به همراه ۷/۵ درصد ملاس و ۴) سیلاژ کمپوست قارچ خاک‌زدایی شده به همراه ۱۵ درصد ملاس بودند. برای تهیه سیلاژها از تعداد چهار عدد سیلوی استوانه‌ای (به ارتفاع ۱ متر و قطر ۱ متر) از جنس سیمان که در فضای باز و روی سطح زمین کار گذاشته شده بودند، استفاده شد و نمونه‌های مربوط به هر تیمار پس از آماده‌سازی در داخل این استوانه‌ها سیلو شدند. بعد از گذشت ۶۰ روز، درب سیلوها باز و بلافاصله pH آنها تعیین شد. سپس، از هر سیلو به طور جداگانه نمونه‌برداری انجام گرفت. بخشی از نمونه‌ها جهت تعیین ترکیب شیمیایی در داخل آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و بخش دیگر نیز برای آزمایشات بعدی به فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد تا جهت تهیه عصاره از آنها استفاده شود. درصد ماده خشک و ترکیب شیمیایی شامل ماده آلی، خاکستر خام و پروتئین خام مطابق با روش AOAC (1990) ، دیواره سلولی (NDF) مطابق با روش Van Soest *et al.* (1991) و دیواره سلولی بدون همی‌سولز (ADF) نیز به روش Van Soest *et al.* (1994) تعیین شدند.

برای اندازه‌گیری pH، ظرفیت بافری، غلظت آمونیاک، کربوهیدرات‌های محلول در آب، اسید لاکتیک و کل اسیدهای چرب فرار نیاز به تهیه عصاره از سیلاژها بود. ابتدا مقدار ۲۵ گرم از هر نمونه سیلاژ با ۲۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و با استفاده از یک همزن دستی، کاملاً به هم زده شده و با کاغذ صافی صاف شد (Kozloski *et al.*, 2006). سپس pH عصاره بدست آمده، به وسیله pH متر رومیزی (Metrohm, 744) ثبت شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت بافری، ابتدا مقدار pH اولیه عصاره مورد نظر ثبت شد. سپس به آن، هیدرو اکسید سدیم یک نرمال اضافه شد تا pH عصاره به عدد ۷ افزایش یابد و مقدار سود مصرفی یادداشت شد. در ادامه به یک نمونه عصاره سیلاژ آماده شده و مشابه دیگر، مقداری اسید کلریدریک یک نرمال اضافه شد تا pH آن به حدود ۴ برسد و مقدار اسید مصرف شده نیز یادداشت شد. با در نظر گرفتن مقدار قلیا و اسید مصرف شده (میلی‌اکی والان سود یا اسید در گرم ماده خشک نمونه) ظرفیت بافری نمونه‌ها محاسبه شد (Moharrery, 2007).

برای تعیین نیتروژن آمونیاکی در عصاره سیلاژها، ابتدا معرف فنول (مقدار ۰/۱۵ گرم سدیم نیترو پروسید در ۱/۵ لیتر آب مقطر حل شد. سپس به آن مقدار ۳۳ میلی‌لیتر محلول فنول ۹۰ درصد اضافه کرده و حجم نهایی محلول با استفاده از آب مقطر به ۳ لیتر رسانده شد)، معرف هیپوکلرید (مقدار ۱۵ گرم سدیم هیدروکسید در ۲ لیتر آب مقطر حل شد. سپس مقدار ۱۱۳/۶ گرم دی سدیم هیدروژن فسفات به آن اضافه شد. سپس به ملایمت حرارت داده شد تا محلول همگن بدست آید. بعد از خنک شدن، مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر آب ژاول (سدیم هیپوکلرید) ۵/۲۵ درصد به آن اضافه شد و حجم نهایی محلول با آب مقطر به ۳ لیتر رسانده شد) و محلول استوک استاندارد آمونیاک (مقدار ۰/۶۶۰۷ گرم سولفات آمونیوم خشک شده در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد، با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. این محلول دارای ۱۰۰ میلی‌مولار آمونیاک بود) به صورت جداگانه تهیه شدند. سپس از محلول استوک آمونیاک تهیه شده، غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و۸۰ میکرولیتر آمونیاک تهیه و از هر کدام از آنها مقدار ۵۰ میکرولیتر به داخل لوله‌های آزمایش جداگانه ریخته شد. در ادامه، به همه لوله‌های آماده شده (لوله‌های حاوی ۵۰ میکرولیتر استاندارد آمونیاک و نیز لوله‌های حاوی ۵۰ میکرولیتر عصاره) مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فنول و ۲ میلی‌لیتر معرف هیپو کلرید اضافه شده و همه لوله‌ها به مدت ۵ دقیقه در آب ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا رنگ فنول در آن‌ها پخش شود. بعد از سرد کردن لوله‌ها، غلظت آمونیاک آن‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Varincary 100، استرالیا) در طول موج ۶۳۰ نانومتر تعیین شد (Broderick and Kang, 1980).

برای اندازه‌گیری مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب، مقدار ۲ میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های کاری استاندارد گلوکز (محلول‌ها شامل مقادیر صفر، ۰/۰۲، ۰/۰۴۰، ۰/۰۸، ۰/۱۲، ۰/۱۶ و ۰/۲۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر گلوکز بودند) و عصاره سیلاژ در لوله‌های آزمایش مجزا ریخته شدند. سریعاً ۱۰ میلی‌لیتر معرف انترون (مقدار ۴۴/۰۸ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. پس از خنک شدن ۱ گرم تیوره و ۱ گرم انترون به آن اضافه و حل شد) به آن‌ها اضافه و مخلوط شد. درب لوله‌ها بسته شد و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفتند. پس از خنک شدن، میزان جذب محلول‌ها به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Varincary 100، استرالیا) در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد (Murphy, 1958).

برای اندازه‌گیری مقدار اسید لاکتیک در عصاره سیلاژها ابتدا معرف اکسید کننده (مقدار ۱/۸ گرم نیترات آمونیوم سریک، ۲/۲۴ گرم آمونیوم سولفات، ۰/۰۰۸ گرم سولفات مس، ۸/۰۲ میلی‌لیتر پرکلرید اسید و ۲/۱۴ میلی‌لیتر نیتریک اسید در آب مقطر حل و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد)، معرف احیا کننده (مقدار ۱۲/۹ گرم تری سدیم سیترات، ۱۰/۹۶ گرم دی سدیم تترا بورات، ۲۰/۷۷ گرم دی سدیم هیدروژن فسفات و ۱/۷۴ گرم سدیم هیدروکسید در آب مقطر حل و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد)، محلول اگزالیل دی هیدرازید (مقدار ۰/۰۶ گرم اگزالیل دی هیدرازید در آب مقطر حل و حجم آن به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) و محلول نیتریت (مقدار ۴/۱۴ گرم نیتریت در آب مقطر حل شد و حجم آن به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) تهیه شدند. سپس مقدار ۰/۵ میلی-لیتر عصاره سیلاژ به درون لوله آزمایش ریخته و به آن مقدار ۱/۵ میلی‌لیتر معرف اکسید کننده اضافه شد. بعد از ۱۵ دقیقه، مقدار ۵ میلی‌لیتر معرف احیا کننده، ۰/۲ میلی‌لیتر محلول نیتریت و ۱ میلی‌لیتر محلول اگزالیل دی‌هیدرازید به آن اضافه شد و به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد و بعد از ۳۰ دقیقه جذب آن‌ها در طول موج ۶۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Varincary 100، استرالیا) قرائت شد (Figenschou and Marais, 1991).

مقدار کل اسیدهای چرب فرار نیز با استفاده از دستگاه مارخام تعیین شد. برای این منظور، مقدار ۲ میلی‌لیتر عصاره سیلاژ به همراه ۱ میلی‌لیتر اسید اگزالیک ۵ درصد و ۱ میلی‌لیتر اگزالات پتاسیم ۱۰ درصد به دستگاه تزریق شد. بلافاصله پس از جمع‌آوری مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر مایع تقطیر شده در داخل یک ارلن، که در زیر مبرد در داخل ظرف حاوی یخ قرار داشت، ۵ قطره معرف فنل فتالئین به داخل بالن فوق اضافه شده و در انتها با سود ۰/۰۱ نرمال تیتر شد (Barnett and Reid, 1957).

جهت تعیین شاخص کیفی (نقطه فلیگ[1]) نیز از معادله ۱ استفاده شد (شبخوان و همکاران، ۱۳۹۵):

معادله ۱

نقطه فلیگ= ۲۲۰ + (۲ × درصد ماده خشک – ۱۵) – ۴۰× pH

نقطه فلیگ (شاخص کیفی) یک ابزار مناسب برای ارزیابی کیفیت سیلاژها است که بر اساس آن، مقدار بین ۱۰۰-۸۰ نشان‌دهنده کیفیت بسیار خوب سیلاژ، ۸۰-۶۰ خوب، ۶۰-۵۵ متوسط، ۴۰-۲۵ رضایت‌بخش و کمتر از ۲۰ نگران‌کننده است (Balabanli *et al.*, 2010).

برای تعیین قابلیت هضم از تعداد ۲۰ رأس گوسفند نر مهربان با میانگین وزن ۶/۱۵ ± ۵۲/۹۸ کیلوگرم در داخل قفس‌های متابولیکی استفاده شد. قبل از شروع آزمایش، جایگاه و قفس‌ها کاملاً تمیز و ضدعفونی شدند و داروی ضدانگل به دام‌ها خورانده شد. ابتدا گوسفندان به مدت دو هفته دوره عادت‌پذیری با تیمارهای آزمایشی را سپری کردند و پس از آن، جمع‌آوری مدفوع (دوره اصلی) به مدت ۷ روز انجام گرفت. گوسفندان روزانه در دو نوبت در ساعت‌های۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ تغذیه شدند (جیره آنها به صورت صد درصد از تیمارهای آزمایشی بود) و در طول دوره اصلی آزمایش، مقدار خوراک مصرفی، باقیمانده خوراک و مدفوع تولید شده در طول ۲۴ ساعت به طور روزانه ثبت شد و از آنها نمونه‌برداری انجام شد. نحوه نمونه‌برداری از مدفوع به این صورت بود که هر روز (در طول دوره اصلی آزمایش)، قبل از خوراک‌دهی صبح، کل مدفوع تولیدی هر رأس گوسفند به طور جداگانه جمع-آوری و توزین شد. سپس مقدار ۲۰ درصد از آن (بعد از هم زدن و یکنواخت کردن مدفوع) به داخل یک کیسه نایلونی ریخته شده و به آزمایشگاه منتقل شد و در آزمایشگاه این نمونه‌ها به دو قسمت تقسیم شدند. بخشی از آن برای تجزیه شیمیایی، هوا خشک شده و بخش دیگر نیز برای تعیین درصد ماده خشک در آون خشک شد.

به منظور بررسی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای از آزمون تولید گاز استفاده شد. برای این منظور، ابتدا مایع شکمبه از تعداد سه رأس گوسفند نر نژاد مهربان مجهز به فیستولای شکمبه‌ای گرفته شد. مایع شکمبه از راه پارچه متقال چهار لایه صاف شد و سپس به نسبت ۲:۱ با محلول بافر آماده شده در مجاورت گاز دی اکسید کربن مخلوط شد و به عنوان مایع شکمبه بافری شده جهت استفاده بعدی در داخل حمام بن‌ماری در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد و تحت شرایط بی‌هواری نگهداری شد (Menke and Steingass, 1988). سپس مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه خشک شده به همراه ۳۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه بافری شده (در سه تکرار) به داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شد و پس از آماده‌سازی و انتقال آنها به داخل حمام بن‌ماری (با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد)، حجم گاز تولید شده در ساعات ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۴۴ پس از انکوباسیون، ثبت و به صورت تجمعی محاسبه شد (تعداد دو عدد سرنگ هم به عنوان بلانک در نظر گرفته شد).

ترکیب محلول بافری که برای این منظور استفاده شده بود شامل ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، ۰/۱ میلی‌لیتر محلول میکرو (شامل ۱۳/۲ گرم $CaCl_2.2H_2O$، ۱۰ گرم $MnCl_2.4H_2O$، ۱ گرم $CoCl_2.6H_2O$ و ۸ گرم $FeCl_3.6H_2O$ که در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد)، ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول بافر بی‌کربنات (شامل ۳۵ گرم $NaHCO_3$ و ۴ گرم $(NH_4)HCO_3$ که در یک لیتر آب مقطر حل شد)، ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول ماکرو (شامل ۵/۷ گرم Na_2HPO_4، ۶/۲ گرم KH_2PO_4 و ۰/۶ گرم $MgSO_4.7H_2O$ که در یک لیتر آب مقطر حل شد)، ۱ میلی‌لیتر محلول رزازورین (شامل ۱۰۰ میلی‌گرم رزازولین که در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد) و ۴۰ میلی‌لیتر محلول احیاء کننده (شامل ۴ میلی‌لیتر NaOH یک نرمال و ۶۲۵ میلی‌گرم $Na_2S.9H_2O$ که به ۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد) بود (Menke and Steingass, 1988). آزمون تولید گاز در سه اجرای[2] ۱۴۴ ساعته و به طور جداگانه تکرار شد و نتایج بدست آمده به مدل غیرخطی ارایه شده در معادله ۲ برازش داده شد (France *et al.*, 2000):

معادله ۲:
$$Y = A\left(1 - e^{-\left[c(t-L) - b\left(\sqrt{t} - \sqrt{L}\right)\right]}\right)$$

در این معادله، Y حجم گاز تولید شده در زمان t (ml/200mg DM)، A پتانسیل تولید گاز (ml/200mg DM)، c سرعت تولید گاز (h^{-1})، b ثابت تولید گاز ($h^{-1/2}$)، t زمان انکوباسیون (h) و L فاز تأخیر (h) بود.

1. Flieg points

2. Run

همچنین به منظور بررسی قابلیت هضم نمونه‌ها، مقدار ۴۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه بافری شده به داخل ویال-های شیشه‌ای حاوی ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه ریخته شد تا حجم گاز تولید شده در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون محاسبه شود. این آزمایش مشابه آزمایش قبل و در سه اجرای جداگانه انجام شد. در پایان انکوباسیون (۲۴ ساعته)، محتویات باقی‌مانده در داخل ویال‌ها (مواد هضم نشده) به داخل لوله‌های فالکون ۵۰ میلی‌لیتری تخلیه و سانتریفوژ شد (با دور ۴۰۰۰، به مدت ۲۰ دقیقه) و از مایع بالایی آن برای اندازه‌گیری غلظت آمونیاک و کل اسیدهای چرب فرار نمونه‌برداری و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس مابقی رسوب داخل ویال-ها به همراه رسوب داخل لوله‌های فالکون به درون کیسه-هایی از جنس داکرون که از قبل در آون خشک و وزن خالی آن‌ها تعیین شده بود، ریخته و صاف شد. سپس کیسه‌ها در داخل آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ خشک و مجدداً وزن‌کشی شدند و درصد ناپدید شدن ماده خشک در طول ۲۴ ساعت محاسبه شد. در نهایت ضریب تفکیک (بر اساس معادله ۳) تعیین شد (Makkar, 2010) :

معادله ۳:
$$PF = \frac{A}{B}$$

در این معادله، PF ضریب تفکیک (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، A مقدار ماده آلی ناپدید شده واقعی (میلی‌گرم) و B حجم گاز تولید شده (میلی‌لیتر) در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون است.

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار SAS (2004) و به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مدل آماری استفاده شده به‌صورت $y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$ بود که در آن، y_{ijk} مقدار هر مشاهده، μ میانگین صفت اندازه‌گیری شده، A_i اثر فاکتور نوع کمپوست قارچ (معمولی و خاک زدا شده)، B_j اثر فاکتور سطح ملاس (۷/۵و ۱۵ درصد)، AB_{ij} برهم‌کنش بین نوع کمپوست قارچ و سطح ملاس و e_{ijk} اثر خطای آزمایشی بود. برازش داده‌های آزمون تولید گاز در زمان‌های انکوباسیون متوالی با نرم‌افزار Minitab.16 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر حذف خاک سبب کاهش معنی‌دار درصد پروتئین خام و خاکستر خام در سیلاژها شد (P<۰/۰۵). اما سایر ترکیبات شیمیایی تحت تأثیر اثر حذف خاک قرار نگرفتند (جدول ۱). علت اصلی کاهش درصد پروتئین خام و خاکستر خام در سیلوی خاک زدا شده، به ترتیب احتمالاً به دلیل از بین رفتن بخشی از مواد نیتروژن‌دار محلول و خاک موجود در ضایعات کمپوست قارچ در زمان شستن آن بوده است.

در رابطه با اثر حذف خاک از سیلاژ کمپوست قارچ، تحقیقی در دسترس نبود. اما گزارش شده است که خاک یکی از اجزاء اصلی در تهیه کمپوست جهت بستر کشت قارچ است و آلودگی به خاک در مواد خوراکی سبب می-شود که درصد خاکستر خام آن افزایش و به تبع آن درصد ماده آلی کاهش پیدا کند (McDonald *et al.*, 1994).

اثر ملاس (افزایش مقدار ملاس از ۷/۵ به ۱۵ درصد در سیلاژها) سبب شد که درصد خاکستر خام افزایش معنی-داری نشان دهد (P<۰/۰۵). این پدیده ممکن است به دلیل بالا بودن درصد مواد معدنی در ملاس بوده باشد (Mahala and Khalifa, 2007). در بین تیمارهای آزمایشی نیز درصد خاکستر خام در تیمارهای حاوی سیلاژ کمپوست قارچ خاک زدا شده (تیمارهای ۳ و ۴) و درصد پروتئین خام در تیمار حاوی سیلاژ کمپوست قارچ خاک زدا شده به همراه ۱۵ درصد ملاس (تیمار ۴) به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵). گزارش شده است که اضافه کردن ۷/۵ درصد ملاس چغندر قند به سیلاژ کمپوست قارچ سبب کاهش درصد پروتئین خام از ۱۳/۶۹ به ۱۲/۷۴ درصد و خاکستر خام از ۴۲/۵۵ به ۳۵/۹۵ درصد می‌شود (زابلی و همکاران، ۱۳۹۴). این کاهش در درصد خاکستر خام به دلیل محتوای کمتر خاکستر خام در ملاس (۱۲ درصد، NRC, 2007) در مقایسه با کمپوست قارچ (۴۲/۵۵ درصد) بیان شده است (زابلی و همکاران، ۱۳۹۴). در رابطه با اثر افزودن ملاس بر ترکیب شیمیایی سیلاژهای مختلف، گزارشات نسبتاً زیادی وجود دارد (مشایخی و قربانی، ۱۳۸۴؛ Mahala and Khalifa, 2007؛ Balakhial *et al.*, 2008).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی سیلاژهای مورد مطالعه (درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of the studied silages (DM %)

Treatments*	DM	CP	NDF	ADF	Ash
Treatment 1	34.18	7.71[a]	26.40	21.19	45.74[a]
Treatment 2	35.06	7.60[a]	25.54	20.19	47.18[a]
Treatment 3	32.39	6.84[ab]	27.24	20.27	34.49[c]
Treatment 4	33.75	6.23[b]	25.70	21.90	38.31[b]
SEM	0.866	0.290	1.129	0.552	0.795
Soil separation					
With soil	34.62	7.65[a]	25.97	20.69	46.46[a]
Without soil	33.07	6.53[b]	26.47	21.08	36.40[b]
SEM	0.612	0.205	0.798	0.390	0.562
Molasses addition					
7.5 %	33.28	7.27	26.82	20.73	40.12[b]
15%	34.41	6.92	25.62	21.05	42.74[a]
SEM	0.612	0.205	0.798	0.390	0.562
P value					
Treatment	0.3112	0.0434	0.7192	0.2333	0.0010
Soil separation (R)	0.1470	0.0184	0.6832	0.5180	0.0002
Molasses addition (M)	0.2650	0.2891	0.3485	0.5933	0.0299
R× M interaction	0.7951	0.4394	0.7768	0.0755	0.2092

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost (SMC) silage plus 7.5 % molasses, 2) SMC silage plus 15% molasses, 3) Washed SMC silage plus 7.5% molasses and 4) Washed SMC silage plus 15% molasses. Means with different superscript letters in columns are significantly different ($P<0.05$). DM: Dry matter. CP: Crude protein, NDF: Neutral detergent fiber and ADF: Acid detergent fiber.

نتایج مربوط به فراسنجه‌های تخمیری سیلاژها در جدول ۲ ارایه شده است. اثر حذف خاک از کمپوست قارچ، سبب تغییر معنی‌دار مقادیر pH، کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)، کل اسیدهای چرب فرار (TVFA)، اسید لاکتیک، نقطه فلیگ (شاخص کیفی) و ظرفیت بافری آن شد ($P<۰/۰۵$). ولی نیتروژن آمونیاکی سیلاژها تحت تأثیر اثر حذف خاک قرار نگرفت. افزایش مقدار ملاس از ۷/۵ به ۱۵ درصد، سبب کاهش معنی‌دار مقادیر pH و ظرفیت بافری و افزایش معنی‌دار کربوهیدرات‌های محلول در آب، کل اسیدهای چرب فرار و نقطه فلیگ (شاخص کیفی) شد ($P<۰/۰۵$).

همه فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P<۰/۰۵$). در این رابطه، مقدار pH در تیمارهای حاوی ۱۵ درصد ملاس (تیمارهای ۲ و ۴) در مقایسه با تیمارهای حاوی ۷/۵ درصد ملاس (تیمارهای ۱ و ۳) کاهش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$)، اما مقدار WSC، اسید لاکتیک و شاخص کیفی در تیمار حاوی سیلاژ کمپوست قارچ خاک زدا شده به همراه ۱۵ درصد ملاس (تیمار ۴) بالاترین مقدار بود ($P<۰/۰۵$). در بین تیمارهای آزمایشی، تیمار حاوی سیلاژ کمپوست قارچ با ۷/۵ درصد ملاس (تیمار ۱) نیز دارای کمترین مقدار WSC، TVFA و اسید لاکتیک بود. مشابه این نتایج، در یک پژوهش افزودن ملاس (در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) به سیلاژ علف نی، سبب کاهش pH آن شد (مشایخی و قربانی، ۱۳۸۴). اما در یک تحقیق دیگر، افزودن مقادیر ۴ و ۸ درصد ملاس به سیلاژ کانولا اثری بر pH و غلظت آمونیاک آن نداشت (Balakhial *et al.*, 2008). بیان شده است که افزودن ۱۰ درصد ملاس به سیلاژ سورگوم سبب کاهش pH و آمونیاک و افزایش WSC و شاخص کیفی سیلاژ می‌شود (شبخوان و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه‌ای هم که روی سیلاژ تاج-خروس انجام گرفت، مشخص شد مصرف ملاس (مقادیر صفر، ۵ و ۱۰ درصد) سبب افزایش خطی مقدار TVFA و اسید لاکتیک در سیلاژ تاج خروس می‌شود (Rezaei *et al.*, 2009).

در سیلاژهای مورد مطالعه، مقدار pH بالاتر از حد مطلوب بود که نشان‌دهنده کیفیت نسبتاً ضعیف آنها بود. احتمالاً عدم وجود مقدار کافی WSC در سیلاژ قبل از سیلو کردن (علی‌رغم اضافه کردن ملاس به آنها) سبب شد که فرآیند تخمیر محدود شده و pH کاهش معنی‌داری نشان ندهد (ولی زاده و همکاران، ۱۳۹۴). مطابق جدول ۲، حذف خاک از کمپوست سبب کاهش معنی‌دار ظرفیت بافری سیلاژها از ۲۵/۴۴۵ به ۲۳/۳۵۵ شد ($P<۰/۰۵$). همچنین،

جدول ۲- فراسنجه‌های تخمیری سیلاژهای مورد مطالعه

Table 2. Fermentation parameters of the studied silages

Treatments*	pH	WSC (%DM)	TVFA (mmol)	Acid lactic (g/kg DM)	NH_3-N (mmol)	Flige point	BC (meq/l)
Treatment 1	6.00[b]	1.69[c]	18.01[c]	11.32[c]	4.11[b]	33.16[c]	27.52[a]
Treatment 2	5.74[c]	2.52[b]	48.42[a]	13.78[b]	4.24[b]	45.33[b]	23.36[b]
Treatment 3	6.06[a]	2.36[b]	48.72[a]	13.39[b]	7.22[a]	27.37[c]	21.76[b]
Treatment 4	5.17[d]	3.18[a]	31.53[b]	15.80[a]	3.83[b]	65.90[a]	22.95[b]
SEM	0.006	0.158	1.379	0.486	0.661	1.627	0.522
Soil separation							
With soil	5.87[a]	2.10[b]	33.22[b]	15.87[b]	4.17	39.248[b]	25.445[a]
Without soil	5.61[b]	2.76[a]	39.97[a]	18.40[a]	5.53	46.638[a]	22.355[b]
SEM	0.004	0.111	0.975	0.343	0.467	1.151	0.369
Molasses addition							
7.5 %	6.03[a]	2.02[b]	33.22[b]	17.15	5.66	30.270[b]	24.644[a]
15%	5.45[b]	2.84[a]	39.97[a]	17.12	4.04	55.615[a]	23.156[b]
SEM	0.004	0.111	0.975	0.343	0.467	1.151	0.369
P value							
Treatment	0.0001	0.012	0.0002	0.0059	0.0419	0.0003	0.0055
Soil separation (R)	0.0001	0.0140	0.0081	0.0065	0.1104	0.0105	0.0041
Molasses addition (M)	0.0001	0.0064	0.0081	0.9538	0.0700	0.0001	0.0465
R× M interaction	0.0001	0.9751	0.0001	0.0033	0.0564	0.0013	0.0069

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost (SMC) silage plus 7.5% molasses, 2) SMC silage plus 15% molasses, 3) Washed SMC silage plus 7.5% molasses and 4) Washed SMC silage plus 15% molasses. BC: Buffering capacity, TVFA: Total volatile fatty acid, WSC: Water soluble carbohydrates.

Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).

افزودن ملاس نیز مقدار آن‌را به طور معنی‌داری کاهش داد (P<۰/۰۵). ظرفیت بافری همبستگی بالایی با غلظت اسیدهای آلی، مواد معدنی کاتیونی و پروتئین خام موجود در سیلاژ دارد و افزایش محتوای مواد معدنی و پروتئین در سیلاژ سبب افزایش ظرفیت بافری می‌شود (ولی زاده و همکاران، ۱۳۹۴). به نظر می‌رسد پایین بودن غلظت مواد معدنی در سیلاژهای خاک‌زدا شده و حذف بخشی از خاک آن و نیز مصرف ملاس (بخصوص سطح ۱۵ درصد آن) تا حدودی از افزایش ظرفیت بافری سیلاژهای مورد مطالعه جلوگیری کرده است. ظرفیت بافری از جمله خواصی است که از تبدیل شدن مواد خوراکی به یک سیلاژ باکیفیت جلوگیری می‌کند. این خاصیت به وسیله ترکیبات مختلفی از قبیل انواع نمک‌ها (مانند سولفات‌ها، نیترات‌ها، کلریدها)، نمک اسیدهای آلی و پروتئین‌ها به وجود می‌آید (شجاع و همکاران، ۱۳۶۸). در سیلاژ حاوی کمپوست قارچ خاک‌زدایی شده با ۱۵ درصد ملاس (تیمار ۴)، مقدار عددی شاخص کیفی ۶۵/۹۰ به‌دست آمد که نشان‌دهنده کیفیت خوب آن بود. اما سایر تیمارها در گروه سیلاژهای با کیفیت رضایت‌بخش قرار گرفتند که مهم‌ترین علت آن pH بالاتر آنها بود. در پژوهشی که روی سیلاژ سورگوم انجام گرفت، مشخص شد که مصرف ۱۰ درصد ملاس به همراه سیلاژ سورگوم سبب شد که شاخص کیفی از ۸۲/۸۴ به ۱۰۴/۰۲ افزایش یابد (شبخوان و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین، در آزمایشات دیگری نیز افزایش مقدار ۵ درصد ملاس بر سیلاژ آفتابگردان، اثر مثبت بر تخمیر داشته و منجر به افزایش شاخص کیفی سیلاژ از ۱۰۴/۱۸ به ۱۰۷/۰۳ شد (Konca *et al.*, 2016).

نتایج مربوط به قابلیت هضم مواد مغذی سیلاژها به روش درون‌تنی در جدول ۳ ارایه شده است. مطابق جدول فوق، اثر حذف خاک فقط قابلیت هضم ماده آلی را تحت تأثیر قرار داد و سبب افزایش معنی‌دار آن شد (P<۰/۰۵). افزودن ملاس نیز سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم NDF و ADF سیلاژها شد (P<۰/۰۵)، اما اثری بر قابلیت هضم سایر مواد مغذی نداشت. در بین تیمارهای آزمایشی نیز فقط درصد قابلیت هضم ماده آلی تفاوت معنی‌داری نشان داد و مقدار آن در تیمار حاوی کمپوست قارچ خاک‌زدایی شده به همراه ۱۵ درصد ملاس (تیمار ۴) افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار کمپوست قارچ حاوی ۷/۵ درصد ملاس (تیمار ۱) داشت (P<۰/۰۵). در رابطه با تعیین قابلیت هضم سیلاژ کمپوست قارچ، تحقیق منتشر شده‌ای مشاهده نشد. در یک تحقیق، مقادیر صفر،

جدول ۳- قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی سیلاژها به روش درون تنی (درصد)

Table 3. Dry matter and nutrients digestibility of silages by *in vivo* method (%)

Treatments*	DM	CP	NDF	ADF	OM
Treatment 1	38.68	33.10	26.25	21.82	43.41[b]
Treatment 2	42.52	37.72	32.42	25.45	47.23[ab]
Treatment 3	41.19	37.44	28.38	22.09	48.44[ab]
Treatment 4	43.12	37.68	32.04	24.65	49.56[a]
SEM	1.989	1.674	2.009	1.441	1.647
Soil separation					
With soil	40.16	35.41	29.34	23.63	45.32[b]
Without soil	40.60	37.56	30.21	23.37	49.00[a]
SEM	1.406	1.183	1.420	1.019	1.165
Molasses addition					
7.5 %	39.93	35.27	27.31[b]	21.95[b]	45.92
15%	42.82	37.70	32.23[a]	25.05[a]	48.40
SEM	1.406	1.183	1.420	1.019	1.165
P value					
Treatment	0.4200	0.1751	0.1215	0.2213	0.0773
Soil separation (R)	0.4432	0.2124	0.6695	0.8587	0.0368
Molasses addition (M)	0.1619	0.1622	0.0239	0.0439	0.1491
R× M interaction	0.6351	0.2060	0.5396	0.7159	0.4224

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost (SMC) silage plus 7.5% molasses, 2) SMC silage plus 15% molasses, 3) Washed SMC silage plus 7.5% molasses and 4) Washed SMC silage plus 15% molasses. Means with different superscript letters in columns are significantly different ($P<0.05$).

DM: Dry matter. CP: Crude protein, NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber and MM: Mineral matter

۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کمپوست قارچ در جیره بره‌های پرواری بکار برده شد و مشاهده گردید که استفاده از مقدار ۲۰ درصد کمپوست قارچ در مقایسه با تیمار شاهد، اثری بر قابلیت هضم ماده خشک و سایر مواد مغذی (ماده آلی، NDF و ADF) جیره نداشت، اما مصرف ۳۰ درصد آن سبب کاهش درصد قابلیت هضم ماده خشک و سایر ترکیبات شیمیایی (ماده آلی، پروتئین خام، NDF و ADF) جیره شد (Fazaeli and Talebian Masoodi, 2006).

همچنین، اضافه کردن مقدار ۵ درصد ملاس به سیلاژ ذرت اثری بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، NDF و ADF آن در گوسفند نداشت (Aksu *et al.*, 2006). نتایج مشابهی نیز به وسیله سایر محققین در زمان اضافه کردن ۶ درصد ملاس به سیلاژ علوفه کاساوا در تلیسه‌های هلشتاین بدست آمد (VanMan and Wiktorsson, 2001). تحقیق دیگری مشخص نمود که استفاده از ملاس در سیلاژ شاخه و برگ سیب‌زمینی، سبب افزایش قابلیت هضم همه اجزای مواد مغذی (DM، OM، CP، NDF و ADF) آن در گوسفند شد (Nkosi *et al.*, 2010).

نتایج مربوط به کینتیک تخمیر شکمبه‌ای در طول ۱۴۴ ساعت انکوباسیون با استفاده از آزمون تولید گاز در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر حذف خاک از کمپوست قارچ فقط مقادیر حجم گاز پایانی (GP_{144})، پتانسیل تولید گاز (A) و زمان تأخیر (L) را در سیلاژها تحت تأثیر قرار داد و سبب افزایش معنی‌دار این فراسنجه‌ها شد ($P<۰/۰۵$). اضافه کردن ملاس به کمپوست قارچ، همه فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده در سیلاژها را تحت تأثیر قرار داد و باعث افزایش مقادیر GP_{144}، A، تجزیه‌پذیری ماده خشک (DDM_{144})، تجزیه‌پذیری ماده آلی (DOM_{144}) و نرخ تولید گاز (C) در آنها شد ($P<۰/۰۵$). همچنین، با افزایش سطح ملاس، مقادیر L و ثابت تولید گاز (B) کاهش معنی‌داری نشان دادند ($P<۰/۰۵$). در بین تیمارهای آزمایشی نیز همه فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده تغییر معنی‌داری نشان دادند ($P<۰/۰۵$). بر این اساس، مقدار GP_{144}، A، DDM_{144} و DOM_{144} در تیمار حاوی سیلاژ کمپوست قارچ خاک‌زدا شده به همراه ۱۵ درصد ملاس (تیمار ۴) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار حاوی سیلاژ کمپوست قارچ به همراه ۷/۵ درصد ملاس (تیمار ۱) بود ($P<۰/۰۵$). مشابه نتایج این تحقیق، استفاده از سطوح مختلف ملاس (صفر، ۱۰ و ۱۵ درصد) در تهیه سیلاژ گیاه

جدول ۴- فراسنجه‌های تولید گاز در طول ۱۴۴ ساعت انکوباسیون در سیلاژهای مورد مطالعه

Table 4. Gas production parameters during 144 h incubation in the studied silages

Treatments*	GP_{144}	A	L	c	b	DDM_{144}	DOM_{144}
Treatment 1	32.35^{b}	33.33^{b}	1.43^{b}	0.025^{b}	-0.008^{ab}	77.36^{b}	85.98^{b}
Treatment 2	35.57^{ab}	36.13^{ab}	0.76^{b}	0.028^{ab}	-0.008^{ab}	84.48^{a}	90.75^{a}
Treatment 3	34.91^{ab}	36.07^{ab}	3.24^{a}	0.024^{b}	0.018^{a}	81.08^{a}	89.81^{a}
Treatment 4	38.79^{a}	40.28^{a}	0.89^{b}	0.031^{a}	-0.049^{b}	83.65^{a}	90.51^{a}
SEM	1.641	1.565	0.525	0.0010	0.0130	1.148	0.916
Soil separation							
With soil	33.96^{b}	34.73^{b}	1.095^{b}	0.026	-0.008	80.92	88.36
Without soil	36.85^{a}	38.18^{a}	2.06^{a}	0.028	-0.015	82.36	90.16
SEM	1.043	1.089	0.138	0.0010	0.0090	0.812	0.647
Molasses addition							
7.5 %	33.63^{b}	34.70^{b}	2.33^{a}	0.025^{b}	0.005^{a}	79.22^{b}	87.89^{b}
15%	37.18^{a}	38.20^{a}	0.82^{b}	0.029^{a}	-0.029^{b}	84.07^{a}	90.63^{a}
SEM	1.043	1.089	0.138	0.0010	0.0090	0.812	0.647
P value							
Treatment	0.0494	0.0464	0.0031	0.0117	0.0140	0.0005	0.0026
Soil separation (R)	0.0468	0.0492	0.0333	0.3937	0.6187	0.2172	0.0591
Molasses addition (M)	0.0412	0.0443	0.0027	0.0038	0.0189	0.0002	0.0054
R× M interaction	0.8713	0.7198	0.2347	0.1316	0.0199	0.0564	0.0337

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost (SMC) silage plus 7.5% molasses, 2) SMC silage plus 15% molasses, 3) Washed SMC silage plus 7.5% molasses and 4) Washed SMC silage plus 15% molasses.

GP_{144}: Volume of gas produced after 144 h of incubation (ml/200 mg DM), A : Asymptotic gas production (ml/200 mg DM), L= Lag time (h^{-1}), c: Fractional rate of gas production (h^{-1}), b: Shape parameters ($h^{-1/2}$), DDM^{144}= Dry matter disappearance after 144 h of incubation (%), and DOM_{144}: Organic matter disappearance after 144 h of incubation (%).

Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).

آتریپلکس سبب افزایش حجم گاز پایانی (GP_{96})، A، سرعت تولید گاز (c) و تجزیه‌پذیری هضم ماده آلی (DOM_{96}) در طول ۹۶ ساعت انکوباسیون شد (نقابی و همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه دیگری نیز اضافه کردن ۱۰ درصد ملاس به سیلاژ گیاه کامل نی اثری بر GP_{96} و A نداشت، ولی سبب کاهش مقدار L شد (ولی زاده و همکاران، ۱۳۹۴). اما بر خلاف نتایج بدست آمده، در یک مطالعه دیگر، اضافه کردن ۱۰ درصد ملاس به کاه کنجد اثری بر GP_{96}، A، c و OMD_{96} نداشت (Shoryabi, 2014). همچنین، مصرف سطوح مختلف (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) ملاس در سیلاژ سورگوم اثری بر A و c نداشت، اما مقدار OMD افزایش نشان داد (Mahala and Khalifa, 2007).

هنگامی که یک خوراک با استفاده از مایع بافری شکمبه در شرایط برون‌تنی انکوبه می‌شود، کربوهیدرات‌ها به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، گازها (عمدتاً CO_2 و CH_4) و سلول‌های میکروبی تبدیل می‌شوند (McDonald *et al.*, 1994). همچنین، تفاوت در محتوای ترکیب شیمیایی خوراک‌ها مثل نشاسته، کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی، ماده آلی، پروتئین خام، NDF، ADF و محتوای کربوهیدرات‌های محلول می‌تواند منجر به تفاوت در میزان تولید گاز شود (Makkar, 2010). کربوهیدرات‌های محلول (مانند ملاس) به عنوان منبع انرژی محسوب می‌شوند. لذا با افزایش منبع انرژی، فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌ها در شکمبه افزایش یافته و به تبع آن حجم تولید گاز افزایش پیدا می‌کند.

در فاز تاخیر (L)، جمعیت میکروبی تکثیر می‌یابند و روی ذرات خوراک، کلنی تشکیل می‌دهند. این فرآیند برای هضم ترکیبات نامحلول خوراک ضروری است و عمدتاً تحت تأثیر محتوای دیواره سولی غیر قابل هضم و نیز میزان ترکیبات ضد مغذی است (Dehority, 2003). به نظر می‌رسد اضافه کردن ملاس به تیمارهای ۲ و ۴ سبب افزایش تحریک و فعالیت میکروبی شکمبه شده و مقدار L را کاهش می‌دهد. مقادیر DDM_{144} و DOM_{144} نشان‌دهنده پتانسیل هضم‌پذیری یک ماده خوراکی در صورت ماندگاری در شکمبه است. بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر فوق در تیمارهای حاوی کمپوست قارچ دور از انتظار نبود زیرا ترکیب اصلی کمپوست را کاه تشکیل می‌دهد که برای هضم شدن به زمان زیادی نیاز دارد.

همچنین اضافه کردن ۱۵ درصد ملاس به کمپوست قارچ نیز سبب شد که این مقادیر تا حدوی بهبود نشان دهد.

نتایج مربوط به کینتیک تولید گاز در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون در جدول ۵ ارایه شده است. مطابق اطلاعات این جدول، حجم گاز تولید شده در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون (GP_{24})، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک (AIVDMD)، آمونیاک (NH_3) و کل اسیدهای چرب فرار (TVFA) تحت تأثیر حذف خاک قرار نگرفتند، اما مقدار ضریب تفکیک (PF) با حذف خاک، افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). اثر افزودن ملاس به سیلاژ کمپوست قارچ سبب افزایش معنی‌دار GP_{24}، AIVDMD و TVFA شد (P<۰/۰۵). در بین تیمارهای آزمایشی نیز همه فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده (به غیر از NH_3) تفاوت معنی‌داری نشان دادند (P<۰/۰۵). در این رابطه، در تیمارهای حاوی ۱۵ درصد ملاس (تیمارهای ۲ و ۴) مقادیر GP_{24} و AIVDMD و TVFA به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای حاوی ۷/۵ درصد ملاس (تیمارهای ۱ و ۳) بودند (P<۰/۰۵). مشابه نتایج تحقیق حاضر، در مطالعه‌ای که روی سیلاژ تفاله زیتون انجام گرفت، مشخص شد که استفاده از ۵ درصد ملاس در سیلاژ تفاله زیتون سبب افزایش حجم تولید گاز ۲۴ ساعته (GP_{24}) از ۶/۵ به ۸/۳ میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک شد (Abarghoei *et al.*, 2011). همچنین، استفاده از سطوح صفر، ۵ و ۱۰ درصد ملاس در سیلاژ تاج‌خروس سبب افزایش GP_{24} شد و بیان گردید که استفاده از ملاس از راه افزایش تجزیه دیواره سلولی سبب افزایش تولید گاز شده است (Rezaei *et al.*, 2009).

دلیل افزایش گاز تولیدی در تیمارهای حاوی ملاس را می‌توان به قابلیت هضم بالای آنها نسبت داد زیرا بین قابلیت هضم و تولید گاز همبستگی مثبتی وجود دارد. در یک مطالعه از سطوح صفر، ۱۲/۵، ۲۵ و ۳۷/۵ درصد کمپوست قارچ در جیره گاوهای بومی استفاده شد و مشاهده گردید که مقدار TVFA و NH_3 شکمبه تحت تأثیر قرار نگرفتند. در مطالعه حاضر، مقدار PF در تیمارهای آزمایشی در دامنه طبیعی قرار نداشتند و مقدار آنها بالاتر از حد طبیعی بود که علت آن احتمالاً به دلیل بالا بودن درصد خاکستر خام (پایین بودن درصد ماده آلی) سیلاژها در مقایسه با خوراک‌های معمول است زیرا میزان گاز تولید شده با محتوای ترکیب شیمیایی یک خوراک و بخصوص با محتوای ماده آلی آن همبستگی مثبتی دارد (Getachew *et al.*, 2004).

جدول ۵- فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای تولید گاز در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون و قابلیت هضم سیلاژهای مورد مطالعه

Table 5. Ruminal fermentation parameters of gas production during 24 h and digestibility in the studied silages

Treatments*	GP_{24}	AIVDMD	NH_3	TVFA	PF
Treatment 1	27.49^{b}	42.21^{b}	9.04	175.86^{b}	5.37^{b}
Treatment 2	32.50^{a}	46.10^{a}	8.57	205.52^{a}	5.69^{b}
Treatment 3	28.44^{b}	37.50^{c}	8.47	173.61^{b}	7.59^{a}
Treatment 4	32.38^{a}	43.94^{ab}	8.80	202.89^{a}	6.52^{ab}
SEM	2.064	1.186	0.283	7.390	0.409
Soil separation					
With soil	29.99	44.15	8.81	190.69	5.53^{b}
Without soil	30.44	42.72	8.63	188.25	7.06^{a}
SEM	1.459	0.838	0.200	5.225	0.289
Molasses addition					
7.5 %	27.99^{b}	39.86^{b}	8.76	174.74^{b}	6.48
15%	32.44^{a}	45.02^{a}	8.68	204.20^{a}	6.10
SEM	1.459	0.838	0.200	5.225	0.289
P value					
Treatment	0.2122	0.0001	0.4901	0.0023	0.0026
Soil separation (R)	0.8309	0.0068	0.5441	0.7423	0.0008
Molasses addition (M)	0.0389	0.0001	0.7966	0.0002	0.3650
R× M interaction	0.7895	0.2915	0.1639	0.9798	0.0965

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost (SMC) silage plus 7.5% molasses, 2) SMC silage plus 15% molasses, 3) Washed SMC silage plus 7.5% molasses and 4) Washed SMC silage plus 15% molasses. GP_{24}= Volume of gas produced after 24 h incubation (ml/500 mg DM), AIVDMD: Apparent in vitro mg/ml (%), NH_3: Ammonia (mmol), TVFA= Total volatile fatty acids (m mol), PF: Partitioning factor (mg/ml).

Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که جداسازی خاک و افزودن ملاس به سیلاژ کمپوست باقیمانده از کشت قارچ، سبب کاهش pH و افزایش درصد کربوهیدرات‌های محلول در آن و به تبع آن، بهبود شاخص کیفی سیلاژ شد. همچنین، فرآوری سیلاژ کمپوست قارچ باعث بهبود فراسنجه‌های کینتیک تخمیر شکمبه‌ای آن شد (هر چند که افزایش سطح ملاس در مقایسه با اثر حذف خاک تأثیر بیشتری بر این فراسنجه‌ها داشت).

فهرست منابع

رعنایی ع. ر.، مختاری م.، علیدادی ح. و احرام پوش م. ح. ۱۳۹۴. بررسی خصوصیات شیمیایی و درجه رسیدگی ورمی کمپوست به دست آمده از پسماندهای فرآیند تولید قارچ دکمه‌ای. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط، ۱ (۱): ۵۹-۴۹.

زابلی خ.، براتی مصلح ا. و علی عربی ح. ۱۳۹۴. بررسی ترکیبات شیمیایی ضایعات کمپوست قارچ دکمه ای سیلو شده با استفاده از سطوح مختلف ملاس. سومین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار، ۲۱ خرداد، دانشگاه شهید مفتح، همدان صص: ۶-۱.

شبخوان س.، باشتنی م. و نعیمی پور یونسی ح. ۱۳۹۵. تأثیر استفاده از ملاس و آب پنیر بر ارزش غذایی و برخی خصوصیات کیفی علوفه سورگوم سیلو شده. نشریه پژوهش های علوم دامی، ۲۶ (۱): ۴۱-۲۷.

شجاع م.، ساعدی ه.، نیکپور تهرانی ک. و مروارید ع. ۱۳۶۸. اصول تغذیه دام و طیور (جلد ۲)، غذاهای دام و طیور و روش‌های نگهداری آنها. انتشارات دانشگاه تهران.

مشایخی م. ر. و قربانی غ. ر. ۱۳۸۴. تغییرات ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم علف نی در طی فصل رشد و خصوصیات سیلویی آن. پژوهش و سازندگی، ۶۸: ۹۸-۹۳.

نقابی ن.، جلیلوند ق.، یوسف الهی م. و شجاعیان ک. ۱۳۹۲. اثر سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سروریسیه و ملاس بر ارزش غذایی آتریپلکس لنتی فورمیس سیلو شده. نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱ (۳): ۵۰-۳۱.

ولی زاده ر.، محمودی ابیانه م. و صلاحی ا. ۱۳۹۴. تأثیر افزودن اوره، ملاس و سود بر ترکیب شیمیایی، تجزیه پذیری و خصوصیات تولید گاز گیاه کامل نی (*Pragmates austrialis*). نشریه پژوهش های علوم دامی ایران، ۷ (۲): ۱۲۸-۱۲۰.

Abarghoei M., Rouzbehan Y. and Alipour D. 2011. Nutritive value and silage characteristics of whole and partly stoned olive cakes treated with molasses. Journal of Agricultural Science and Technology, 13: 709-716.

Aksu T., Baytok E., Akif Karslı M. and Muruz H. 2006. Effects of formic acid, molasses and inoculant additives on corn silage composition, organic matter digestibility and microbial protein synthesis in sheep. Small Ruminant Research, 61: 29–33.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15thed. Association of Analytical chemists. Arlington, VA.

Bakshi M. P. S. and Langar P. N. 1991. Agaricus bisporus harvested spent wheat straw as livestock feed. Indian Journal of Animal Sciences, 61(6): 653-654.

Balabanli C., Albayrak S. Turk M. and Yuksel O. 2010. A research on determination of hay yields and silage qualities of some vetch + cereal mixtures. Turkish Journal of Field Crops, 15 (2): 204-209.

Balakhial A., Naserian A. A., Heravi Moussavi A., Eftekhar Shahrodi F. and Valizadeh R. 2008. Changes in chemical composition and *in vitro* DM digestibility of urea and molasses treated whole crop canola silage, Journal of Animal and Veterinary Advances, 7(9): 1042-1044.

Ball A. S. and Jackson A. M. 1995. The recovery of lignocellulose degrading enzymes from spent mushroom compost. Bioresource Technology, 54: 311-314.

Barnett A. G. and Reid R. L. 1957. Studies on the production of volatile fatty acid production from fresh grass. Journal of Agricultural Science, 48: 315.

Blümmel M., Makkar H. P. S. and Becker K. 1997. *In vitro* gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77: 24–34.

Broderick G. A. and 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.

Dehority B. A. 2003. Rumen Microbiology. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp: 372.

Fazaeli H. and Talebian Masoodi A. R. 2006. Spent wheat straw compost of Agaricus bisporus mushroom as ruminant feed. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 19(6): 845-851.

Figenschou D. L. and Marais J. P. 1991. Spectrophotometric method for the determination of microquantities of lactic acid in biological material. Analytical Biochemistry, 195 (2): 308-312.

France J., Dijkstra J., Dhanoa M. S., Lopez S. and Bannink A. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: Derivation of models and other mathematical considerations. British Journal of Nutrition, 83: 143–150.

Getachew G., Robinson P. H., Depeters E. J. and Taylor S. J. 2004. Relationships between chemical composition dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 111: 57-51.

Konca Y., Beyzi S. B., Ayaşan T., Kaliber M. and Kiraz A. B. 2016. The effects of freezing and supplementation of molasses and inoculants on chemical and nutritional composition of sunflower silage. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 29 (7): 965-970.

Kozloski G. V., Sengar C. C. D., Perottoni J. and Bonnecarrere Sanchez L. M. 2006. Evaluation of two methods for ammonia extraction and analysis in silage samples. Animal Feed Science and Technology, 127: 336-342.

Mahala A. G. and Khalifa I. M. 2007. The effect of molasses levels on quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. Research Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2: 43-46.

Makkar H. P. S. 2010. *In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In: Vercoe P. E., Makkar H. P. S., Schlink A. C. (Eds.), *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: Nuclear and related methodologies. IAEA, Dordrecht, the Netherlands, pp. 107–144.

McDonald P., Edwards R. A., Greenhalgh J. F. D., Morgan C. A., Sinclair L. A. and Wilkinson R. G. 1994. Animal Nutrition. 5th edition. Essex. Pearson Education Publishers.

Menke K. H. and Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtainedfrom chemical analysis *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research and Development, 28: 7-55.

Moharrery A. 2007. The determination of buffering capacity of some ruminant's feedstuff and their cumulative effects on TMR ration. American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2 (4): 72-78.

Murphy R. P. 1958. A method for the extraction of plant samples and the determination of total soluble carbohydrates. Journal of the Science of Food and Agriculture, 9(11): 714-717.

National Research Council. 2007. Nutrient requirements of small ruminants. The National Academies Press, Washington, D.C.

Nkosi B. D., Meeske R. and Groenewald I. B. 2010. Effects of ensiling potato hash with either whey or sugarcane molasses on silage quality and nutrient digestibility in sheep. Livestock Research for Rural Development, 22(1). http://www.lrrd.org/lrrd22/1/nkos22001.htm.

Oni A. O., Sowande O. S., Oni O. O., Aderinboye R. Y., Dele P. A., Ojo V. O. A., Arigbede O. M. and Onwuka C. F. I. 2014. Effect of additives on fermentation of cassava leaf Silage and ruminal fluid of West African Dwarf goats. Archivos de Zootecnia, 63(243): 449-459.

Rezaei J., Rouzbehana Y. and Fazaeli H. 2009. Nutritive value of fresh and ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses. Journal of Animal Feed Science and Technology, 151: 153–160.

SAS. 2004. Procedure User's Guide; Statistics. Statustical Analysis System Institute Inc., Cary, NC. USA.

Shoryabi Z. 2014. Study of chemical composition and nutritive value of treated sesame straw by using *in vitro* gas production method. Journal of Novel Applied Sciences, 3(9): 978-983.

Van Man N. and Wiktorsson H. 2001. Cassava tops ensiled with or without molasses as additive effects on quality, feed intake and digestibility by heifers. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 14 (5): 624-630.

Van Soest P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant, 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca, NY.

Van Soest P. J., Robertson J. B. and Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597.

Animal Production Research

Vol. 7, No. 2, 2018 (69-82)

University of Guilan

Effect of spent mushroom compost (*Agaricus bisporus*) silage processing on its chemical composition, digestibility and ruminal fermentation kinetic in Mehraban sheep

S. Kalvandi[1], Kh. Zaboli[2*], M. Malecky[2]

1. MSc. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: 12-12-2017 – Accepted: 26-04-2018)

Abstract

This study was conducted *in vivo* to investigate effect of processing (soil removal and molasses addition) on chemical composition, digestibility and ruminal fermentation kinetic of spent mushroom compost silage (SMCS) using Mehraban sheep. Experimental treatments consisted of 1) SMCS with 7.5 % molasses, 2) SMCS with 15 % molasses, 3) soil-free SMCS with 7.5 % molasses and 4) soil-free SMCS with 15 % molasses, which were examined using a completely randomized design with a 2×2 factorial arrangement. The chemical composition and fermentative characteristics of the silages were determined after 60 days. Then, silages digestibility was determined *in vivo* and their ruminal fermentation kinetics were investigated using *in vitro* gas production method. Results showed that soil removal of SMCS resulted in a decrease in its crude protein (from 7.65 to 6.53 %) and ash (from 46.46 to 36.40 %) contents ($P<0.05$). Moreover, soil removal of SMCS increased its organic matter digestibility (from 45.32 to 49.00 %) and molasses addition increased NDF digestibility (from 27.31 to 32.23 %) and that of ADF digestibility from 21.95 to 25.05 % ($P<0.05$). Both soil removing and molasses addition increased the asymptotic gas production (A) of the silages (from 34.73 to 38.18 ml and from 34.70 to 38.20 ml, respectively). Molasses addition enhanced also the dry matter degradability (from 79.22 to 84.07 %) of the silages ($P<0.05$). Generally, separation of soil from compost reduced ash and crude protein percentage and increased organic matter digestibility and asymptotic gas production in the compost silage.

Keywords: Nutritional value, Additive, Gas production test, Spent mushroom compost silage, Mehraban sheep

[*]Corresponding author: zaboli@basu.ac.ir