یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

اثر پیش فرآوری ضایعات کمپوست قارچ خوراکی (افزودن ملاس و سیلو کردن) بر کینتیک تولید گاز در طول ۱۴۴ ساعت انکوباسیون با مایع شکمبه گوسفند

خلیل زابلی[۱]، سارا کلوندی[۲] و مصطفی ملکی[۳]

[۱] استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، zaboli@basu.ac.ir

[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، sarakalvandi@gmail.com

[۳] استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، malecky_mostafa@yahoo.fr

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر پیش فرآوری بر کینتیک تولید گاز در ضایعات کمپوست قارچ خوراکی (SMC) انجام شد. پیش فرآوری شامل اضافه کردن مقدار صفر، ۷/۵ و ۱۵ ملاس به SMC و سپس سیلو کردن آن به مدت ۶۰ روز بود. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) سیلاژ SMC بدون افزودن ملاس (شاهد)، ۲) سیلاژ SMC به همراه ۷/۵ درصد ملاس و ۳) سیلاژ SMC به همراه ۱۵ درصد ملاس بودند. در پایان دوره سیلو کردن، درصد ماده خشک و ترکیب شیمیایی تیمارها با روش‌های استاندارد تعیین شد. علاوه بر این، کینتیک تولید گاز در سیلاژها بررسی گردید. برای این منظور، هر یک از تیمارها در داخل سرنگ‌های شیشه‌ای مدرج به همراه مایع شکمبه بافری شده گوسفند انکوباسیون شده و حجم گاز تولید شده در طول ۱۴۴ ساعت اندازه-گیری شد. سپس، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای، انرژی قابل متابولیسم (ME)، قابلیت هضم ماده آلی (OMD) و میزان تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA) در هر یک از تیمارها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که اضافه کردن سطوح مختلف ملاس، تأثیری بر ترکیب شیمیایی تیمارها نداشت. اما حجم گاز تولید شده (GP_{144})، پتانسیل تولید گاز (A) و سرعت تولید گاز (c) در تیمارهای حاوی ملاس به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود ($p<۰/۰۵$). همچنین، استفاده از سطح ۱۵ درصد ملاس در سیلاژ SMC، سبب افزایش مقادیر ME، OMD و SCFA آن در مقایسه با تیمار شاهد شد ($p<۰/۰۵$). به طور کلی، افزودن ۱۵ درصد ملاس به ضایعات کمپوست قارچ، سبب بهبود ارزش غذایی سیلاژ آن شد.

کلمات کلیدی: کینتیک تولید گاز، پارامترهای تخمیر شکمبه‌ای، سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ و ملاس.

The effect of pre-processing (molasses adding and ensiling) on gas production kinetic of spent mushroom compost during 144 hour incubation with rumen fluid of sheep

Khalil zaboli[1], Sara kalvandi[2] and Mostafa malecky[3]

[1] Assistant professor, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. zaboli@basu.ac.ir

[2] M.Sc. student, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. sarakalvandi@gmail.com

[3] Assistant professor, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. malecky_mostafa@yahoo.fr

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of pre-processing on gas production kinetic of spent mushroom compost (SMC). Per-processing consisted of adding 0, 7.5 and 15% molasses in SMC and subsequently ensiling for 60 days. Treatments consisted of 1) SMC ensiled without adding molasses (control), 2) SMC ensiled with 7.5% molasses and 3) SMC ensiled with 15% molasses. At the end of ensiling period, the silages (treatments) were tested for their Dry matter and chemical composition by using standard methods. Additionally, the gas production kinetic of the silages was evaluated. For this purpose, each treatment was incubated in calibrated glass syringes with buffered rumen fluid of sheep and volume of gas produced was measured during 144 hours. Then, rumen fermentation parameters, metabolizable energy (ME), organic matter digestibility (OMD) and short chain fatty acids production (SCFA) in each treatment were calculated. Results showed that adding different levels of molasses did not affect chemical composition

۱- نویسنده مسئول : خلیل زابلی، گروه علوم دامی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران تلفاکس تماس: ۰۸۱۳۴۴۲۴۰۱۲

of treatments. However, volume of gas production (GP_{144}), asymptotic gas production (A) and rate of gas production (c) in the molasses containing treatments were significantly higher than the control ($p<0.05$). Also, using 15% molasses in SMC ensiled, increased its ME, OMD and SCFA values compared to control ($p<0.05$). In general, adding 15% molasses to spent mushroom compost improved the nutritional value of its silage.

Keywords: Gas production kinetic, rumen fermentation parameters, spent mushroom compost and molasses.

۱- مقدمه

با پیشرفت صنعت کشاورزی، انواع مختلف فرآورده‌های جانبی، ضایعات و باقی‌مانده محصولات کشاورزی نیز تولید می‌گردد. بخش زیادی از این مواد عمدتاً محتوای لیگنوسلولزی داشته و به دلیل عدم وجود روش‌های مناسب فرآوری، بدون استفاده بوده و انباشت آنها سبب آلودگی زیست محیطی نیز می‌گردد. یکی از این باقیمانده‌ها، ضایعات کمپوست قارچ خوراکی می‌باشد که پس از بهره‌برداری و تولید قارچ، به عنوان یک ماده غیر قابل استفاده، دور ریخته می‌شود. بر اساس منابع موجود، در ایران سالیانه در حدود ۹۰ هزار تن قارچ خوراکی تولید می‌گردد و به ازای هر تن برداشت قارچ، بیش از دو تن ضایعات کمپوست باقی می‌ماند و دفع این حجم وسیع از ضایعات تولید شده و در وسعت زیاد، علاوه بر آنکه تبدیل به مشکل زیست محیطی بزرگی شده است، سبب هدر دادن مواد غذایی با ارزش موجود در آن نیز می‌شود (Raanai et al., 2015).

ضایعات کمپوست قارچ دارای رطوبت نسبتاً زیادی است. به نظر می‌رسد با اضافه کردن برخی افزودنی‌ها به آن، احتمالاً بتوان آنرا به صورت سیلاژ نگهداری نمود. یکی از افزودنی‌هایی که برای این منظور به کار برده می‌شود، ملاس چغندر قند می‌باشد و مطالعات بسیار زیادی در رابطه با استفاده از ملاس جهت بهبود تخمیر در مواد سیلویی انجام شده است (Mahala and Khalifa, 2007; Valizadeh et al., 2015).

به منظور تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی، از روش‌های مختلف درون‌تنی (*in vivo*) و برون‌تنی (*in vitro*) استفاده می‌شود. استفاده از روش‌های درون‌تنی دارای ارزش زیادی است. اما این روش‌ها پر هزینه و زمان‌بر بوده و نیاز به حجم زیادی از ماده خوراکی جهت آزمایش دارد. لذا امروزه استفاده از روش‌های برون‌تنی توسط اکثر محققین ترجیح داده می‌شوند. یکی از این روش‌های برون تنی، آزمون تولید گاز می‌باشد که به منظور بررسی قابلیت هضم و محتوای انرژی مواد خوراکی مورد استفاده در تغذیه دام استفاده می‌شود (Menke et al., 1979). آزمون تولید گاز اطلاعات با ارزشی در خصوص کینتیک هضم خوراک در شکمبه ارایه می‌دهد و با توجه به اینکه نیاز به تجهیزات ارزان قیمتی دارد، لذا امروزه به‌عنوان یک تکنیک آزمایشگاهی، به‌طور وسیعی مورد پذیرش قرار گرفته است. در این روش، مقدار مشخصی از یک ماده خوراکی در داخل یک سرنگ شیشه‌ای مدرج و یا بطری همراه با مایع شکمبه بافری شده انکوباسیون می‌شود. در طول زمان انکوباسیون، مواد مغذی موجود در ماده خوراکی (بخصوص کربوهیدرات‌های ساختمانی) توسط میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی موجود در مایع شکمبه مورد هضم و تخمیر قرار گرفته و تولید گاز می‌کند و روند تولید گاز در آن به‌صورت یک منحنی غیر خطی ارایه می‌گردد. ترکیب گاز تولید شده بستگی به سوبسترای مورد استفاده داشته و عمدتاً شامل دی‌اکسیدکربن و متان می‌باشد و بین حجم گاز تولید شده و ارزش انرژی‌زایی ماده خوراکی رابطه مستقیمی وجود دارد (Getachew et al., 2004).

بر این اساس، هدف از پژوهش حاضر، اثر پیش‌فرآوری ضایعات کمپوست قارچ از طریق اضافه کردن ملاس و سیلو کردن آن به مدت ۶۰ روز بود تا اثر این پیش فرآوری بر فرآیند تولید گاز و ارزش غذایی آن مورد بررسی قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

ضایعات کمپوست قارچ از یکی از سالن‌های کشت قارچ خوراکی (*Agaricus bisporus*) و ملاس چغندر قند نیز از کارخانه قند حسین آباد، هر دو واقع در استان همدان تهیه شدند. سطوح مختلف ملاس (صفر، ۷/۵ و ۱۵ درصد) به صورت جداگانه به ضایعات کمپوست قارچ اضافه شده و پس از آماده سازی، در داخل سه عدد سیلوی استوانه‌ای سیمانی به ارتفاع ۱ متر و قطر ۱ متر که در روی سطح زمین کار گذاشته شده بودند، سیلو شدند. پس از گذشت ۶۰ روز، درب سیلوها باز و نمونه‌برداری از آن‌ها به‌طور جداگانه انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ بدون افزودن ملاس (شاهد)، ۲) سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ به همراه ۷/۵ ملاس و ۳) سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ به همراه ۱۵ درصد ملاس بودند. مقدار ماده خشک و خاکستر خام نمونه‌ها بر اساس وزن‌سنجی و به ترتیب پس از خشک شدن در آون با دمای ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۴۸ ساعت) و سوزاندن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۴ ساعت) تعیین شد. نیتروژن (N) نمونه‌ها به روش کجلدال محاسبه شد و سپس مقدار پروتئین خام آن بر اساس ۶/۲۵ × N محاسبه شد (AOAC, 1990). مقدار دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) نیز مطابق روش استاندارد اندازه‌گیری شد (Van Soest et al., 1991).

به منظور بررسی کینتیک تولید گاز از روش آزمون تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی استفاده شد (Menke and Steingass, 1988). برای این

منظور، ابتدا مایع شکمبه پیش از وعده خوراکدهی صبحگاهی از تعداد ۳ رأس گوسفند نر مهربان و مجهز به فیستولای شکمبه‌ای گرفته شد. این دام‌ها دو بار در روز در ساعات ۸:۰۰ و ۱۷:۰۰ با جیره‌ای که حاوی علوفه و کنسانتره بود، در حد نیاز نگهداری تغذیه می‌شدند. مایع شکمبه گرفته شده از گوسفندان بر روی هم ریخته شده و سریعاً در شرایط بی‌هوازی و داخل فلاسک (دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد) به آزمایشگاه منتقل شد. مایع شکمبه گرفته شد با پارچه متقال چهار لایه صاف شده و با محلول بافر که از قبل تهیه شده بود، به نسبت ۱ به ۲ مخلوط و به عنوان مایع شکمبه بافری شده برای استفاده بعدی در شرایط بی‌هوازی و در داخل انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از هر کدام از نمونه خوراک‌ها که قبلاً خشک و آسیاب شده بودند (در ۳ تکرار) به داخل سرنگ‌های شیشه‌ای مدرج (با حجم ۱۵۰ میلی‌لیتر) ریخته شد و سپس به داخل هر کدام از سرنگ‌ها مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه بافری شده افزوده شد. پیستون همه سرنگ‌ها با وازلین چرب شد تا حرکت آنها در داخل سیلندر به راحتی صورت گیرد.

به منظور تصحیح گاز تولیدی مربوط به فعالیت میکروبی مایع شکمبه، تعداد ۲ عدد سرنگ به عنوان بلانک نیز در نظر گرفته شد. این سرنگ‌ها فاقد نمونه خوراک بودند و در داخل آنها فقط از مایع شکمبه بافری شده استفاده شده بود. همه سرنگ‌های آماده شده (سرنگ‌های حاوی نمونه خوراک و سرنگ‌های بلانک) به داخل بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و حجم گاز تولید شده (بر حسب میلی‌لیتر) 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 گردید. آزمایش در سه دوره ۱۴۴ ساعته جداگانه (run) تکرار شد و نتایج به دست آمده با استفاده از رویه Nonlinear regression در نرم افزار SPSS 16.0 for windows به مدل غیر خطی ارایه شده در معادله ۱ برازش داده شد (France et al., 2000) :

معادله ۱ :
$$Y = A(1 - e^{-[c(t-L)-b(\sqrt{t}-\sqrt{L})]})$$

در معادله ۱، Y حجم گاز تولید شده در زمان t (ml/200 mg DM)، A پتانسیل تولید گاز (ml/200 mg DM)، c سرعت تولید گاز (h^{-1})، b ثابت تولید گاز ($h^{-0.5}$)، t زمان انکوباسیون (h) و L فاز تأخیر (h) بود.

نیمه عمر تولید گاز ($T_{0.5}$) با استفاده از معادله ۲ تعیین شد (France et al., 2000).

معادله ۲ :
$$T_{0.5} = [\frac{-\frac{c}{2} + \sqrt{\{\frac{c^2}{4} + b[bL + c\sqrt{L} - \ln(0.5)]\}}}{b}]^2$$

در معادله ۲، $T_{0.5}$ زمانی از انکوباسیون که در آن نصف حداکثر گاز تولید می شود (h)، c سرعت تولید گاز (h^{-1})، b ثابت تولید گاز ($h^{-0.5}$) و L فاز تأخیر (h) بود.

فراسنجه‌های مربوط به پیش بینی ارزش غذایی شامل انرژی قابل متابولیسم (ME)، قابلیت هضم ماده آلی (OMD) و میزان تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA) با استفاده از معادله های ۳ ، ۴ و ۵ برآورد شدند (Menke and Steingass, 1988) :

معادله ۳ :
$$ME = 2.20 + 0.136GP + 0.057CP + 0.0029CP^2$$

در معادله ۳، ME انرژی قابل متابولیسم (Mj/kg DM)، GP حجم گاز تولیدشده در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون (ml/200 mg DM) و CP درصد پروتئین خام (%) می‌باشد.

معادله ۴ :
$$OMD = 14.88 + 0.889GP + 0.45CP + 0.0651X$$

در معادله ۴، OMD قابلیت هضم ماده آلی (%)، GP حجم گاز تولیدشده در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون (ml/200 mg DM)،CP درصد پروتئین خام (%) و X درصد خاکستر (%) می باشد.

معادله ۵ :
$$SCFA = 0.0222GP - 0.00425$$

در معادله ۵، SCFA میزان تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (Mmol)، GP حجم گاز تولیدشده در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون (ml/200 mg DM) می باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت (SAS, 2004). مدل آماری استفاده شده به صورت $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود که در آن Y_{ij} مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام، μ اثر میانگین، T_i اثر تیمار i ام و e_{ij} اثر خطای آزمایش مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام بود. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه توکی در سطح خطای ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث:

نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ ارایه شده است. مطابق جدول فوق، درصد ماده خشک و سایر مواد مغذی (ماده آلی، پروتئین خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز) در تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و اضافه کردن سطوح مختلف ملاس تأثیری بر ترکیبات فوق نداشت. لازم به ذکر است که در خصوص اثر اضافه کردن ملاس بر ترکیب شیمیایی ضایعات کمپوست قارچ و تهیه سیلاژ از آن، فقط یک تحقیق در دسترس ما قرار گرفت. اما در رابطه با اثر افزودن ملاس بر ترکیب شیمیایی سیلاژهای

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

مختلف، گزارشات فراوانی وجود دارد. مشابه نتایج ما، در یک تحقیق از سطح صفر و ۵ درصد ملاس جهت تهیه سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ استفاده شده و گزارش شد که اضافه کردن ۵ درصد ملاس به سیلاژ کمپوست قارچ تأثیری بر درصد ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام آن نداشت (Zaboli et al., 2015).

همچنین، Shoryabi (2014) از سطح ۱۰ درصد ملاس جهت تهیه سیلاژ کاه کنجد استفاده کرده و مشاهده نمود که درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز آن تفاوتی با تیمار شاهد نشان نداد. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققین با مصرف ۱۰ درصد ملاس در سیلاژ علف نی به دست آمد (Mashaykhi and Ghorbani, 2005).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی سیلاژها پس از ۶۰ روز سیلو کردن (بر حسب درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of silages after 60 days ensiling (DM %).

Treatments*	DM	OM	CP	NDF	ADF
1	35.01	55.64	6.97	29.86	21.46
2	35.03	55.27	7.60	26.40	21.19
3	35.06	54.72	7.77	25.85	20.19
SEM	0.453	0.204	0.758	1.208	0.462
p-value	0.9964	0.1078	0.7739	0.1779	0.2702

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost silage (SMCS, control), 2) SMCS plus 7.5% molasses and 3) SMCS plus15% molasses.
DM: Dry matter. CP: Crud protein, NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber and MM: Mineral matter.
SEM: Standard error of means.

گزارش شده است که اضافه کردن ملاس به سیلاژ انرژی بیشتری جهت تخمیر آن در دسترس میکروارگانیسم ها قرار داده و سبب افزایش فعالیت آنها می‌شود. این افزایش فعالیت می‌تواند سبب شکستن پیوند بین لیگنین و همی‌سلولز در ترکیبات لیگنوسلولزی شده و از طریق محلول کردن این ترکیبات و خروج آنها به صورت پس‌آب، سبب تغییر نسبت مواد مغذی باقیمانده در سیلاژ شود (Mashaykhi and Ghorbani, 2005). همچنین، با افزودن ملاس به سیلاژ، کربوهیدرات‌های قابل تخمیر موجود در ملاس به‌عنوان منبع انرژی توسط باکتری‌ها مصرف شده و این باکتری‌ها کمتر به سراغ تجزیه پروتئین‌ها برای تأمین انرژی مورد نیاز خود می‌روند (Balakhial et al., 2008). از آنجاییکه درصد ترکیبات شیمیایی اندازه‌گیری شده در تیمارهای ما تحت تأثیر افزودن ملاس قرار نگرفت، به نظر می‌رسد که مقدار ملاس اضافه شده به حدی زیاد نبوده است که بتواند شرایط مساعدتری برای تخمیر میکروبی ایجاد نماید.

منحنی تولید گاز در تیمارهای آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، حجم گاز تولید شده در تیمارهای حاوی ملاس (۷/۵ و ۱۵ درصد) بالاتر از تیمار بدون ملاس (شاهد) بود. به عبارت دیگر، استفاده از ملاس از طریق تحریک رشد میکروب‌های شکمبه تا حدودی سبب افزایش تولید گاز شد.

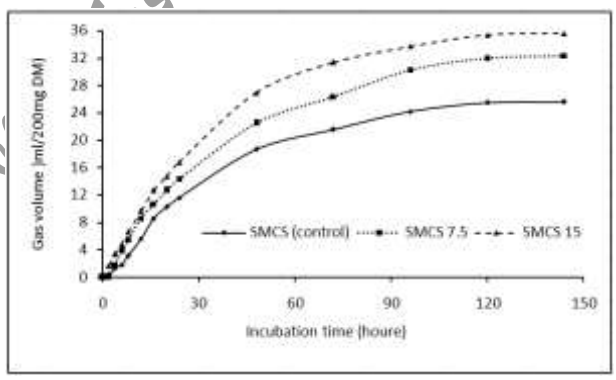

Figure 1. The gas production curve in treatments (SMCS: Spent mushroom compost silage (control), SMCS 7.5: SMCS plus 7.5% molasses and SMCS 15: SMCS plus15% molasses)

شکل ۱- منحنی تولید گاز در تیمارهای آزمایشی (SMCS: سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ (شاهد)، SMCS7.5: سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ به همراه ۷/۵ درصد ملاس و SMCS15: سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ به همراه ۱۵ درصد ملاس)

نتایج مربوط به فراسنجه‌های کینتیک تخمیر شکمبه‌ای در طول ۱۴۴ ساعت انکوباسیون متوالی در جدول شماره ۲ ارایه شده است. مطابق جدول فوق، حجم گاز تولید شده (GP_{144})، پتانسیل تولید گاز (A) و سرعت تولید گاز (c) در تیمارهای حاوی ملاس به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود ($p<۰/۰۵$). اما مقدار ثابت تولید گاز (b) و فاز تأخیر (L) در تیمارهای حاوی ملاس به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود ($p<۰/۰۵$). زمانی از انکوباسیون که در آن نصف حداکثر گاز تولید می شود ($T_{0.5}$) نیز در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

مشابه نتایج ما، استفاده از سطح ۱۰ درصد ملاس در تهیه سیلاژ علوفه نی سبب شد که مقدار GP، A و c به طور معنی‌داری افزایش و مقدار L کاهش نشان دهد (Valizadeh et al., 2015). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققین در موقع استفاده از سطوح ۵ و ۱۰ درصد ملاس در تهیه سیلاژ علوفه تاج خروس مشاهده شد (Rezaei et al., 2009). اما بر خلاف نتایج ما، Shoryabi (2014) گزارش کرد که اضافه کردن سطوح ۵ و ۱۰ درصد ملاس به سیلاژ کاه کنجد اثری بر مقادیر GP، A و c نداشت.

علت کمتر بودن مقدار GP_{144} و A در تیمار شاهد، احتمالاً به دلیل پایین بودن مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب در آن در مقایسه با تیمارهای حاوی ملاس می‌تواند باشد. به عبارت دیگر، اضافه کردن ملاس به ضایعات کمپوست قارچ از طریق فراهم کردن کربوهیدرات‌های محلول در آب سبب افزایش فعالیت میکروبی و به تبع آن بهبود تولید گاز می شود (Van Soest, 1994). روند تولید گاز در شکمبه یک فرآیند فرعی حاصل از تخمیر کربوهیدرات‌ها به استات، پروپیونات و بوتیرات است. تولید گاز به مقدار بیشتری از بخش کربوهیدرات خوراک ناشی شده و سایر اجزای خوراک مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و خاکستر تأثیر کمتری در تولید گاز دارند. همچنین ماهیت و نوع فیبر موجود در نمونه خوراک نیز بر میزان گاز تولیدی تأثیر گذار است (Getachew et al., 2004).

در فاز تاخیر (L) جمعیت میکروبی تکثیر می‌یابند و بر 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 می‌باشد (Dehority, 2003). به نظر می‌رسد که اضافه کردن ملاس به تیمارهای ۲ و ۳ سبب افزایش تحریک و فعالیت میکروبی شکمبه شده و مقدار L را کاهش داده باشد.

جدول۲- فراسنجه‌های کینتیک تخمیر شکمبه‌ای برآورد شده توسط مدل مورد مطالعه

Table 2. Ruminal fermentation kinetic parameters estimated by the studied model

Treatments*	GP_{144}	A	c	b	L	$T_{0.5}$
1	25.57 ^{b}	26.01 ^{b}	0.033 ^{a}	-0.042 ^{b}	2.27 ^{a}	30.89
2	32.35 ^{a}	33.33 ^{a}	0.025 ^{b}	-0.008 ^{a}	1.43 ^{ab}	29.09
3	35.57 ^{a}	36.13 ^{a}	0.028 ^{b}	-0.0008 ^{a}	0.36 ^{b}	26.57
SEM	1.670	1.504	0.001	0.007	0.458	2.413
p-value	0.0010	0.0002	0.0037	0.0028	0.0238	0.4577

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost (SMC) ensiled without adding molasses (control), 2) SMC ensiled with 7.5% molasses and 3) SMC ensiled with 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), c : Fractional rate of gas production (h^{-1}), b : Shape parameters ($h^{-0.5}$) and L= Lag time (h^{-1}),

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

SEM: Standard error of means

نتایج مربوط به فراسنجه‌های ارزش غذایی پیش بینی شده توسط آزمون تولید گاز در جدول شماره ۳ ارایه شده است. مطابق جدول فوق، استفاده از مقدار ۷/۵ درصد ملاس در تهیه سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ در مقایسه با تیمار شاهد تأثیری بر مقدار انرژی قابل متابولیسم (ME) و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA) در شکمبه نداشت. اما مصرف مقدار ۱۵ درصد ملاس سبب شد تا مقادیر ME، SCFA و قابلیت هضم ماده آلی (OMD) به طور معنی‌داری افزایش نشان دهد (p<۰/۰۵).

جدول ۳- فراسنجه‌های ارزش غذایی پیش بینی شده توسط آزمون تولید گاز

Table 3. Nutritional values parameters that predicted by *in vitro* gas production technique

Treatments*	ME (Mj/kg DM)	SCFA (Mmol)	OMD (%)
1	3.83 ^{b}	0.252 ^{b}	26.14 ^{b}
2	4.19 ^{ab}	0.314 ^{ab}	31.05 ^{a}
3	4.52 ^{a}	0.368 ^{a}	33.10 ^{a}
SEM	0.007	0.027	1.105
p-value	0.0263	0.0231	0.0005

* Treatments included: 1) Spent mushroom compost (SMC) ensiled without adding molasses (control), 2) SMC ensiled with 7.5% molasses and 3) SMC ensiled with 15% molasses.

ME: Metabolizablie energy, SCFA: Short chain fatty acids, OMD: Organic matter digestibility.

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

SEM: Standard error of means

مشابه نتایج ما، اضافه کردن مقادیر ۱۰ و ۱۵ درصد ملاس به سیلاژ گیاه آتریپلکس سبب افزایش مقادیر ME و OMD شد (Neghabi et al., 2013). همچنین در یک تحقیق مشاهده شد که مصرف ۵ و ۱۰ درصد ملاس در تهیه سیلاژ علوفه تاج خروس سبب افزایش معنی‌دار مقادیر ME و OMD شد (Rezaei et al., 2009). اما مصرف مقدار ۵ درصد ملاس در تهیه سیلاژ تفاله زیتون تفاوتی در این خصوص نشان نداد (Abarghoei et al., 2011). بر اساس نظر محققین، مقدار ME ، SCFA و OMD در یک خوراک می‌تواند تحت تأثیر ترکیب شیمیایی خصوصاً کربوهیدرات‌های محلول، پروتئین خام، NDF، ADF و همچنین، حجم گاز تولیدی باشد. بطوری که هر چه مقدار این ترکیبات بیشتر باشد، مقدار

ME ، SCFA و OMD نیز بیشتر خواهد بود (Getachew et al., 2004). تولید SCFA در شکمبه وابسته به تخمیر فیبر و کربوهیدرات‌ها می‌باشد. زیرا 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 SCFA نشان‌دهنده بالا بودن وسعت تخمیر خوراک می‌باشد (Dehority, 2003). همچنین، مقادیر ME ، OMD نشان‌دهنده ارزش انرژی زایی و هضم‌پذیری یک ماده خوراکی در صورت ماندگاری در شکمبه است. بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر فوق در تیمار شاهد دور از انتظار نبود. زیرا ترکیب اصلی ضایعات کمپوست قارچ را کاه و خاک تشکیل می‌دهد که یک ماده کم ارزش و با قابلیت هضم پایین است. اما اضافه کردن ملاس، بخصوص سطح ۱۵ درصد آن سبب شد که این مقادیر تا حدود قابل توجهی بهبود نشان دهند.

۴- نتیجه گیری

به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن ملاس (به خصوص سطح ۱۵ درصد آن) به سیلاژ ضایعات کمپوست قارچ، باعث بهبود روند تولید گاز و ارزش غذایی آن شد.

۵- مراجع

Abarghoei, M., Rouzbehan, Y., & 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.

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

Balakhial, A., Naserian ,A. A., Heravi Moussavi, A., Eftekhar Shahrodi, F., & 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.

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

France, J., Dijkstra, J., Dhanoa, M. S., Lopez, S., & 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., DePeters, E. J., **&** Robinson, P. H. (2004). *In vitro* gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. California Agriculture, 58(1):54-58.

Mahala, A. G., & 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.

Mashaykhi, M. R., **&** Ghorbani, G. R. (2005). Variation of chemical composition and digestibility of common reed forage during growth stage and characteristices of reed forage ensilage. Pajouhesh and Sazandegi, 68: 93-98. (In Persian)

Menke, K. H., & 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.

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., **&** Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. Journal of Agricultural Science, 93: 217-222.

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

Raanai, A., Mokhtari, M., Alidadi, H., **&** Ehrampoosh, M. H. (2015). The Investigation of the Chemical Properties and Maturation Degree of the Vermicompost obtained from the Wastes of Button Mushroom Production. Journal of Research in Environmental Health, 1(1): 49-59. (In Persian)

Rezaei, J., Rouzbehana, Y., & 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.

Valizadeh, R., Abyaneh, M. M., **&** Salahi, A. (2015). Chemical composition, rumen degradability and fermentation characteristics of fresh pragmates australis ensiled with different additivesIranian Journal of Animal Science Research, 7(2): 120-128. (In Persian).

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

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

Zaboli, K., Barati-mosleh, A., **&** Aliarabi, H. (2015). Investigation of chemical composition of mushroom compost waste silage using different levels of molasses, The Third National Conference of Medical Herbs and Stable Agriculture, 11 June 2015, Shahid Mofatheh College, Hamedan. Iran. (In Persian).