دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

اثرات افزودن پلی‌اتیلن‌گلیکول بر تولید گاز متان در شکمبه، قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم تفاله‌های انگور و لیموترش

امیررضا صفائی[۱]، نورمحمد تربتی‌نژاد[۲]، هرمز منصوری[۳] و سعید زره‌داران[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسوول: amirrezasafaei@yahoo.com)
۲ و ۴- استاد و دانشیار، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۴

چکیده

در این پژوهش، اثرات اضافه کردن پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG) به تفاله‌های انگور و لیموترش بر روند تولید گاز متان حاصل از تخمیر شکمبه‌ای، قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم، بررسی شد. تفاله‌های انگور و لیموترش باقیمانده از تولید آبمیوه جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. تفاله‌ها در فضای مسقف و با تهویه مناسب خشک و آسیاب (با الک یک میلی‌متر) شدند. ترکیبات شیمیایی این تفاله‌ها شامل پروتئین خام، دیواره سلولی، خاکستر خام، چربی خام، ترکیبات فنلی، تانن کل و انرژی خام تعیین شد. آزمایش تولید گاز برای زمان‌های مختلف تخمیر شکمبه‌ای و نیز مقدار تولید گاز متان با شش تیمار شامل تفاله‌های انگور، لیموترش و شاهد (بدون و حاوی PEG) در قالب طرح فاکتوریل (۲×۳) که با ۳ تکرار انجام و نیز با نرم‌افزار آماری R تجزیه و تحلیل شدند. ترکیبات شیمیایی تفاله انگور با تفاله لیموترش متفاوت (P<۰/۰۵) شد. مقدار تولید گازمتان (در ۲۴ ساعت تخمیر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم) تفاله انگور (بدون و حاوی PEG) به‌ترتیب ۱۳/۳ و۲۷/۷ میلی‌لیتر و در تفاله لیموترش ۷۳/۸ و ۶۷/۳ میلی‌لیتر بود. در مجموع افزودن PEG به تفاله‌ها، باعث افزایش معنی‌داری در قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم شد. اضافه کردن PEG، باعث تغییر رفتار دوگانه‌ای در مقدار تولید گازمتان شد به‌نحوی که در تفاله‌های انگور و لیموترش به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۵) در تولید گازمتان شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن‌گلیکول، تولید متان، انگور، لیموترش، تفاله

مقدمه

افزایش بازده شکمبه، سبب بهبود تولید در نشخوارکنندگان پرتولید شده که یکی از اهداف مدیریت صحیح تغذیه نشخوارکنندگان می‌باشد (۳۳،۸). روش‌های بهبود بازده شکمبه، منجر به کاهش اتلاف منابع انرژی و پروتئین از طریق کاهش تولید گازمتان و آمونیاک می‌شود (۳۹). تخمیر در جهت تولید افزایش متان باعث کاهش بهره‌وری ۱۰ تا ۲۰ درصدی بازده شکمبه می‌گردد (۲۹). از جمله

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

روش‌های دستکاری تخمیر شکمبه‌ای، کاربرد افزودنی‌های طبیعی و شیمیایی می‌باشد (۳۰). وجود ترکیبات ثانویه گیاهی مانند ساپونین، گوسیپول، اسیدهای‌آلی و تانن‌ها، در جیره نشخوارکنندگان دارای اثرات مثبتی ازجمله افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش تولید گازمتان، کاهش نفخ، کاهش تجزیه‌پذیری و کنترل فعالیت‌های نمادتودهای دستگاه گوارش می‌باشد (۲۵،۵). تانن موجود در تفاله انگور (۴،۱) به‌عنوان افزودنی طبیعی، دارای اثرات بیولوژیکی شامل افزایش تراوش پروتئین غنی شده پرولین در بزاق، کاهش فعالیت آنزیم‌های سلولاز و آمیلاز، حفاظت پروتئینی و مواد معدنی، خاصیت ضد سرطانی و ضد دیابتی می‌باشد (۲۹،۸،۷). هر گوسفند با میانگین وزن ۴۰ کیلوگرم، مقدار ۲۶/۱ لیتر به ازای هر کیلوگرم جیره مصرفی در هر روز، متان تولید می‌کند (۲۱). تولید متان در شکمبه، بر اثر فعالیت آرکیاهای متانوژنز صورت می‌گیرد که وجود تانن‌های متراکم در خوراک نشخوارگنندگان برای باکتری‌های متانوژنز سمی است (۳۵،۲۵،۷). لذا از PEG جهت خنثی کردن تانن و اثرات سمی آن، استفاده می‌شود. البته شاید کاهش اثرات سمی تانن‌های متراکم توسط PEG مناسب نباشد چون باعث افزایش تولید گاز متان می‌شود (۳۵). از تفاله لیموترش به‌عنوان تفاله میوه فاقد تانن که سرشار از کربوهیدرات غیرفیبری است، در تغذیه دام استفاده می‌گردد (۲۲،۱۸،۱۰). افزودن PEG به مواد تانن‌دار، باعث کاهش اثرات تانن در بدن نشخوارکنندگان می‌شود (۳۲،۲۶،۱). همچنین کاهش متان منجر به افزایش تولید شیر و گوشت در نشخوارکنندگان می‌گردد (۲۰،۹،۴). کشور ایران با تولید حدود ۳ میلیون تن انگور در سال، دارای رتبه ششم جهانی است. همچنین در ایران سالانه مقدار ۴۰۰ هزار تن لیموترش تولید شده که در خلال صنعت آبمیوه‌گیری انگور و لیموترش، به‌طور متوسط به‌ترتیب میزان ۱۰ و ۲۰ درصد میوه به تفاله تبدیل می‌گردد (۴۰،۳۴،۱۹). البته مقدار کمی از این حجم زیاد تفاله، در صنایع تبدیلی و تولید کود گیاهی مصرف می‌شود و بقیه تفاله‌ها سوزانده شده و یا دفن می‌گردد (۱۰). لذا بررسی اثرات بیولوژیکی تفاله انگور و نیز تفاله لیموترش بر میزان کل تولیدگاز حاصل از تخمیر شکمبه‌ای و کاهش تولید گاز متان، جهت تعیین دقیق ارزش غذایی و قرار گرفتن در زنجیره غذایی نشخوارکنندگان و همچنین کاهش آلاینده جو زمین، ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

تفاله‌های انگور سیاه و لیموترش از کارخانه آبمیوه‌گیری سن‌ایچ (عالیفرد) تهیه و به موسسه تحقیقات علوم دامی کشور منتقل شد. تفاله‌ها در فضای مسقف و با تهویه مناسب، خشک و آسیاب (الک یک میلی‌متر) شدند. ترکیبات شیمیایی تفاله‌ها مشتمل بر ماده‌خشک، پروتئین‌خام، دیواره سلولی، چربی

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

خام، خاکسترخام، ترکیبات‌فنلی، تانن‌کل و انرژی‌خام (به روش AOAC) و با ۳ تکرار تعیین شد (۳۸،۱۶،۲). آزمایش اندازه‌گیری کل‌گاز تولیدی به روش منک و استینگاش (۲۴) برای زمان‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت تخمیر شکمبه‌ای انجام شد (۲۳). در هتر سرنگ تولید گاز حاوی پلی‌اتیلن‌گلیکول، مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه آزمایشی، ۲۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی، ۱۰ میلی‌لیتر شیرابه شکمبه (به‌دست آمده از ۳ راس گاو نر تالشی فیستولا گذاری شده) و دو برابر وزن نمونه‌های آزمایشی، PEG (MERCK, MW=6000) ریخته شد. در روش اندازه‌گیری تولید گازمتان به روش ماکار و ورکو (۲۱) پس از قرائت سرنگ‌ها (طی زمان‌های مختلف تخمیر) در آزمایش تولید گاز، به سه سرنگ مقدار ۴ میلی‌لیتر سود ۱۰ مولار اضافه شده و بعد از گذشت ۱۰ دقیقه، دوباره سرنگ‌های مزبور قرائت و حذف شدند. اختلاف حجم به‌دست آمده، بیانگر میزان انتشار گازمتان بود (۲۱،۱۲). آزمایش تولید کل گاز و مقدار تولید گازمتان با شش تیمار شامل تفاله‌های انگور، لیموترش و علوفه یونجه به‌عنوان تیمار شاهد (بدون و حاوی PEG) در قالب طرح فاکتوریل (۲×۳) با سه تکرار انجام و نتایج با نرم‌افزار آماری R تجزیه و تحلیل شد (۳۳).

همچنین با استفاده از رابطه ($P = b (1-e^{-ct})$ مقدار تولید گاز بخش محلول در آب، بخش دیر تخمیر و نیز نرخ تولید گاز، توسط نرم‌افزار کمکی Fitcurve برازش شدند (۲۸). مقدار اسیدهای چرب زنجیره کوتاه و قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، ماده آلی در ماده خشک، ماده آلی و نیز انرژی خالص شیردهی، انرژی متابولیسمی از رابطه‌های ذیل برآورد شدند (۳۷،۲۳،۱۷،۱۴). رابطه‌های مورد استفاده بعضی از محققان (۳۸،۲۴،۱۶،۱۴) عبارتند از:

(میلی مول) اسیدهای چرب زنجیره کوتاه = ۰/۰۲۲۲ Gas − ۰/۰۰۴۲۵

(مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) انرژی قابل متابولیسم = ۲/۲ + ۰/۱۳۶ Gas + ۰/۰۷۵ CP

(مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) انرژی خالص شیردهی = -۰/۳۶ + ۰/۱۵۶ Gas + ۰/۰۰۵۴ CP + ۰/۰۱۴ EE - ۰/۰۰۵۴ Ash

(درصد) قابلیت هضم ماده آلی = ۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹ Gas + ۰/۴۵ CP

(درصد) قابلیت هضم ماده خشک = ۲۹ + ۱۰/۲ (a+b) − ۱۱۹۹ (c)

(درصد) قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک = OM (۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹ Gas + ۰/۴۵ CP)

CP = پروتئین خام (گرم در کیلو گرم ماده خشک)

OM = ماده آلی (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)

Gas = تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک در ۲۴ ساعت تخمیر شکمبه‌ای)

a، b و c به ترتیب گاز بخش محلول در آب (میلی لیتر)، بخش نامحلول در آب و دیر تخمیر (میلی لیتر) و سرعت تولید گاز (میلی لیتر بر ساعت)

t = زمان تولید گاز (ساعت)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

در نهایت داده‌های به‌دست آمده در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی (۲×۳) و با استفاده از نرم‌افزار آماری R نسخه 3.0.2 تجزیه و تحلیل شدند (۳۳). این نرم‌افزار قابلیت تعیین حداقل سطح معنی‌داری و خطای استاندارد میانگین‌ها را دارد (۳۳).

نتایج و بحث

نتایج ترکیبات شیمیایی (جدول ۱) نشان داد که ماده‌آلی، دیواره سلولی، ترکیبات فنلی و تانن کل در تفاله‌انگور بیشتر (P<۰/۰۵) از تفاله لیموترش شد که با گزارشات محققین دارد (۳۶،۳،۱). آنها نشان دادند که تفاله انگور به سبب داشتن حدود ۵۰ گرم تانن در کیلوگرم ماده خشک می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد نشخوارکنندگان داشته باشد. البته وجود پکتین در تفاله لیموترش باعث افزایش چشمگیری در میزان کربوهیدرات‌های غیرفیبری می‌شود. پروتئین تفاله انگور از علوفه یونجه به‌صورت معنی‌داری کمتر بود (P<۰/۰۵) که شاید باند شدن پروتئین با ترکیبات تانن‌دار موجود در این تفاله باعث دستکاری و بهبود بازده تخمیر شکمبه و نیز کاهش مقدار تولید گازمتان شود (۳۱،۶). همچنین میزان چربی‌خام در این دو نوع تفاله آزمایشی یکسان شد (P>۰/۰۵). در پژوهش سالاما و همکاران (۳۶) میزان پروتیئن‌خام، دیواره سلولی، ترکیبات فنلی و تانن‌کل علوفه یونجه به ترتیب ۱۸/۲، ۵۳، ۱/۰۲، ۰/۶ درصد ماده خشک گزارش شده که تفاوت این مقادیر با یونجه آزمایشی، مربوط به رقم یونجه تولید شده در شرایط آب و هوایی ایران می‌باشد (۳۵).

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی تفاله برخی میوه‌ها (درصد ماده خشک)

تیمارها	پروتئین‌خام	ماده آلی	دیواره سلولی	خاکستر خام	چربی‌خام	قندهای غیرفیبری	ترکیبات فنلی	تانن‌کل
یونجه (شاهد)	۱۴/۴^{a}	۹۰/۴^{c}	۵۳/۶^{b}	۹/۶^{a}	۱/۳^{b}	۲۱/۱^{c}	۱/۴^{b}	۰/۷^{b}
تفاله انگور	۸/۲^{c}	۹۶/۲^{a}	۵۷/۸^{a}	۳/۷^{c}	۶/۷^{a}	۲۳/۴^{b}	۵/۸^{a}	۴/۵^{a}
تفاله لیموترش	۹/۳^{b}	۹۳/۲^{b}	۲۲/۴^{c}	۶/۵^{b}	۶/۴^{a}	۵۵/۲^{a}	۱/۱^{c}	۰/۳^{c}
SEM	۲/۳	۲/۱	۱۳/۷	۲/۱	۲/۱	۱۳/۵	۱/۹	۱/۶
سطح احتمال	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
سطح احتمال مقایسات تیمار ۱ مقابل تیمار ۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
تیمار ۱ مقابل تیمار ۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۶
تیمار ۲ مقابل تیمار ۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵) و SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

با توجه به نتایج ترکیبات شیمیایی، تفاله انگور قابلیت جایگزین شدن به‌عنوان تامین کننده فیبر غیر علوفه‌ای را دارد (۳) و تفاله لیموترش نیز می‌تواند منبع تولید انرژی در نشخوارکنندگان باشد. بر اساس جدول ۲ میزان تولید کل گاز حاصل از تخمیر شکمبه‌ای تفاله‌های آزمایشی متفاوت ($P<۰/۰۵$) شد به‌نحوی که در ساعت‌های مختلف تخمیر در شرایط برون‌تنی، تفاله لیموترش به‌دلیل وجود کربوهیدرات غیرفیبری، ۲/۵ برابر بیشتر از تفاله‌انگور گاز تولید کرد. تحقیق کمالک و همکاران (۱۵) بیان می‌کند که ترکیبات ثانویه گیاهی موجود در تفاله انگور موجب کاهش تولیدگاز می‌شود.

جدول ۲- اثرات (افزودن و متقابل) PEG بر میزان کل تولید گاز تیمارهای آزمایشی (میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم)

ساعت‌ها / تیمارها	۳	۶	۹	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶
تیمارهای فاقد PEG	۱۷/۲	۲۹/۲	۳۷/۶	۴۲/۱	۴۹/۲	۵۳/۳	۵۸/۹	۶۴/۷
تیمارهای حاوی PEG	۱۸/۳	۳۱/۳	۴۰/۱	۴۴/۸	۵۲/۳	۵۶/۹	۶۲/۶	۶۹/۲
SEM	۳/۲	۵/۳	۷/۲	۸/۲	۹/۰	۹/۲	۹/۵	۱۰/۰
سطح احتمال	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۶
شاهد	۱۱/۸^{d}	۲۴/۵^{b}	۳۱/۳^{b}	۳۵/۵^{b}	۴۲/۵^{b}	۴۵/۸^{b}	۴۶/۹^{b}	۴۷/۲^{c}
شاهد با PEG	۱۱/۶^{d}	۲۴/۵^{b}	۳۱/۶^{b}	۳۶/۰^{b}	۴۳/۳^{b}	۴۷/۵^{b}	۴۹/۰^{b}	۵۱/۳^{b}
تفاله انگور	۹/۶^{c}	۱۳/۰^{d}	۱۵/۶^{d}	۱۶/۵^{d}	۲۰/۵^{d}	۲۴/۳^{d}	۳۲/۲^{d}	۴۰/۷^{d}
تفاله انگور با PEG	۱۲/۸^{b}	۱۷/۸^{c}	۲۱/۳^{c}	۲۳/۰^{c}	۲۸/۳^{c}	۳۲/۸^{c}	۴۰/۷^{c}	۴۹/۵^{c}
تفاله لیموترش	۳۰/۳^{a}	۵۰/۵^{a}	۶۶/۰^{a}	۷۴/۳^{a}	۸۴/۸^{a}	۸۹/۸^{a}	۹۷/۷^{a}	۱۰۶/۲^{a}
تفاله لیموترش با PEG	۳۰/۵^{a}	۵۱/۳^{a}	۶۷/۳^{a}	۷۵/۳^{a}	۸۵/۳^{a}	۹۰/۳^{a}	۹۸/۲^{a}	۱۰۶/۸^{a}
SEM	۴/۴	۷/۴	۱۰/۰	۱۱/۴	۱۲/۵	۱۲/۷	۱۳/۱	۱۳/۸
سطح احتمال	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها می‌باشد ($P<۰/۰۵$). PEG: پلی‌اتیلن‌گلیکول، SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

هرچند اضافه کردن PEG به تیمارهای آزمایشی، فقط در تفاله انگور باعث افزایش معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در تولید کل گاز شد. افزودن PEG به تیمارهای آزمایشی موجب افزایش میزان فراسنجه‌های تولید گاز (جدول ۳) و نیز اسید چرب زنجیره کوتاه (SCFA) در تفاله‌های آزمایشی شد. نرخ تولید گاز و میزان SCFA در تفاله انگور به‌صورت معنی‌داری کاهش داشت. در بین تیمارهای آزمایشی، میزان گاز بخش نامحلول و دیر تخمیر در تفاله لیموترش بسیار زیاد شد که مربوط به تخمیر مواد پکتینی موجود در پوست مرکبات ازجمله لیموترش می‌باشد. اثرمتقابل تیمار و PEG، فقط در میزان گاز بخش محلول در آب تفاله انگور (بدون و حاوی PEG) اثر معنی‌داری داشت.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

نتایج جدول ۴ نشان داد که مقدار تولید گاز آلاینده متان حاصل از تخمیر شکمبه‌ای (طی ساعت‌های مختلف) در تفاله انگور کمترین و در تفاله لیموترش بیشترین شد. گزارش حلیمی شبستری و همکاران (۱۳) در مورد تولید گاز متان تفاله انگور نیز مؤید نتایج مقدار تولید گاز متان در این تحقیق می‌باشند. آنها گزارش دادند که ترکیبات ثانویه گیاهی باعث کاهش تولید متان می‌شود. اثر متقابل بین تیمار و PEG در تمام ساعت‌های تولید گاز متان در تفاله انگور معنی‌دار (P<۰/۰۵) شد اما اثر افزودن PEG بین تیمارهای بدون و حاوی PEG تفاوتی نداشت. مقدار تولید گاز متان در تفاله لیموترش حدود ۵ برابر تفاله انگور بوده که دلایل بروز این نتیجه مربوط به بالا بودن میزان کربوهیدرات‌های غیرفیبری و کمتر شدن ترکیبات فنلی به‌ویژه تانن‌های متراکم در تفاله لیموترش می‌باشد.

جدول ۳- اثرات PEG بر فراسنجه‌های کل تولید گاز تیمارهای آزمایشی (میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم)

تیمارها	گاز بخش محلول	گاز بخش نامحلول دیر تخمیر	نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)	SCFA
تیمارهای فاقد PEG	۴/۴	۶۰/۳	۰/۰۹	۱/۱
تیمارهای حاوی PEG	۷/۸	۶۱/۳	۰/۰۹	۱/۲
SEM	/۵۳	۹/۰	۰/۰۲	۰/۲
سطح احتمال	۰/۱۴	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۷۹
شاهد	۰/۴۷^{c}	۴۷/۰^{b}	۰/۱۲^{a}	۰/۹^{c}
شاهد با PEG	۱/۹^{bc}	۴۹/۴^{b}	۰/۱۱^{b}	۱/۰^{b}
تفاله انگور	۲/۵^{b}	۳۸/۱^{c}	۰/۰۲^{d}	۰/۵^{e}
تفاله انگور با PEG	۱۱/۱^{a}	۳۸/۲^{c}	۰/۰۴^{c}	۰/۶^{d}
تفاله لیموترش	۱۰/۵^{a}	۹۵/۷^{a}	۰/۱۲^{a}	۱/۹^{a}
تفاله لیموترش با PEG	۱۰/۵^{a}	۹۶/۴^{a}	۰/۱۲^{a}	۱/۹^{a}
SEM	۲/۲	۱۲/۴	۰/۰۲	۰/۳
تفاوت	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵)، PEG: پلی‌اتیلن‌گلیکول، SCFA: اسید چرب زنجیره کوتاه (میلی‌مول) و SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

در تحقیقات حلیمی‌شبستری و همکاران (۱۳) آمده است که علوفه یونجه و دانه جو به‌ترتیب ۷ و ۱۲ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت تخمیر شکمبه‌ای به ازای ۰/۲ گرم ماده خشک (غیر تجمعی)، گاز متان تولید می‌کنند. سالاما و همکاران (۳۶) نیز در تحقیقی تاکید می‌کنند که تولید متان در شکمبه، بر اثر فعالیت آرکیاهای متانوژنز صورت می‌گیرد. وجود تانن‌های متراکم در خوراک نشخوارکنندگان، برای آرکیاها سمی است و در نهایت باعث کاهش تولید گاز متان می‌گردد (۳۵).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۴- اثرات PEG بر مقدار تولید گاز متان تیمارهای آزمایشی (میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم)

ساعت / تیمارها	۳	۶	۹	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶
تیمارهای فاقد PEG	۱۳/۱	۲۴/۳	۳۲/۱	۳۶/۳	۴۲/۱	۴۷/۴	۵۱/۹	۵۳/۶
تیمارهای حاوی PEG	۱۳/۵	۲۵/۲	۳۳/۸	۳۸/۲	۴۳/۹	۴۹/۱	۵۳/۶	۵۵/۹
SEM	۱/۶	۲/۶	۳/۴	۳/۷	۴/۲	۴/۶	۵/۲	۵/۰
سطح احتمال	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۶
شاهد	۹/۳^{d}	۲۰/۵^{d}	۲۷/۳^{d}	۳۱/۰^{d}	۳۶/۸^{d}	۴۱/۳^{d}	۴۴/۲^{d}	۴۶/۶^{d}
شاهد با PEG	۱۰/۳^{c}	۲۱/۵^{c}	۲۸/۳^{c}	۳۲/۵^{c}	۳۹/۳^{c}	۴۵/۲^{c}	۴۸/۶^{c}	۵۰/۲^{c}
تفاله انگور	۲/۳^{f}	۶/۰^{f}	۸/۸^{f}	۱۰/۵^{f}	۱۳/۳^{f}	۱۵/۸^{f}	۱۸/۵^{f}	۲۰/۳^{f}
تفاله انگور با PEG	۷/۸^{e}	۱۵/۰^{e}	۲۰/۸^{e}	۲۳/۵^{e}	۲۷/۷^{e}	۳۱/۶^{e}	۳۵/۵^{e}	۳۷/۷^{e}
تفاله لیموترش	۲۶/۸^{a}	۴۵/۵^{a}	۵۹/۳^{a}	۶۶/۰^{a}	۷۳/۸^{a}	۸۱/۳^{a}	۸۸/۷^{a}	۹۰/۳^{a}
تفاله لیموترش با PEG	۲۳/۳^{b}	۴۰/۰^{b}	۵۳/۳^{b}	۶۰/۰^{b}	۶۷/۳^{b}	۷۴/۳^{b}	۸۱/۲^{b}	۸۳/۲^{b}
SEM	۴/۳	۶/۷	۸/۷	۹/۶	۱۰/۴	۱۱/۲	۱۲/۱	۱۲/۱
سطح احتمال	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها می‌باشد ($P<۰/۰۵$). PEG: پلی‌اتیلن‌گلیکول و SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

استفاده از PEG جهت خنثی کردن تانن و اثرات سمی آن، نکته قابل توجه می‌باشد (۳۵). البته شاید کاهش این اثرات سمی تانن‌های متراکم توسط PEG مناسب نباشد چون باعث افزایش تولید گاز متان می‌شود. افزودن PEG به خوراک‌های دارای تانن (به‌ویژه تانن متراکم) باعث ازدیاد تولید کل گاز حاصل از تخمیر در شکمبه می‌گردد. افزودن PEG به خوراک‌های بدون تانن، شاید تولید کل گاز را سبب نشود ولی تولید گاز متان را بیشتر می‌کند لذا در کاربرد PEG باید دقت فراوان شود. نرخ تولید گاز متان در تفاله انگور کمترین و در تفاله لیموترش بیشترین مقدار شد. مقدار تولید گازمتان بخش محلول و نیز نامحلول دیر تخمیر در تفاله انگور بدون و حاوی PEG معنی‌دار شد. اما میزان تولید کل گاز بخش نامحلول دیر تخمیر در دو تیمار مذکور یکسان بود. تولید گاز متان بخش محلول فقط در تفاله انگور بدون و حاوی PEG معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) شد. مقدار تولید گازمتان حاصل از تخمیر شکمبه‌ای علوفه یونجه در زمان ۲۴ ساعت تخمیر (به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه) اندکی بیشتر از یونجه آزمایشی بوده که مربوط به افزایش مواد تانن‌دار در یونجه پژوهش حاضر می‌باشد (۳۶).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۵- اثرات PEG بر فراسنجه‌های تولید گاز متان در تیمارهای آزمایشی (میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم)

تیمارها	متان تولیدی از بخش محلول	متان تولیدی بخش نامحلول دیر تخمیر	نرخ تولید متان (میلی‌لیتردر ساعت)	نسبت متان تولیدی (غیر تجمعی) به کل گاز
تیمارهای فاقد PEG	۴/۶	۴۹/۰	۰/۱۰	۱۲/۱
تیمارهای حاوی PEG	۵/۱	۵۰/۷	۰/۱۱	۱۳/۲
SEM	۰/۴	۴/۷	۰/۰۱	۰/۷
سطح احتمال	۰/۵۸	۰/۸۸	۰/۱۹	۰/۴۳
شاهد	۳/۷^{c}	۴۲/۹^{d}	۰/۱۰^{d}	۱۳/۴^{c}
شاهد با PEG	۳/۶^{c}	۴۶/۶^{c}	۰/۱۱^{c}	۱۶/۰^{a}
تفاله انگور	۲/۷^{d}	۱۷/۶^{f}	۰/۰۷^{e}	۱۳/۷^{c}
تفاله انگور با PEG	۴/۶^{b}	۳۳/۱^{e}	۰/۱۰^{d}	۱۵/۱^{b}
تفاله لیموترش	۷/۵^{a}	۸۲/۸^{a}	۰/۱۳^{a}	۹/۲^{d}
تفاله لیموترش با PEG	۷/۱^{a}	۷۶/۲^{b}	۰/۱۲^{b}	۸/۶^{d}
SEM	۰/۹	۱۱/۲	۰/۰۱	۱/۴
سطح احتمال	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵). PEG: پلی‌اتیلن‌گلیکول و SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

افزودن PEG به تفاله انگور باعث خنثی شدن اثر تانن شده و در نتیجه موجب افزایش چشمگیری در مقدار تولید گاز متان شد. البته در تفاله لیموترش که مواد تانن‌دار بسیار کم بوده، افزودن PEG موجب کاهش مقدار تولید گاز متان شد که این یافته دارای نوآوری بوده و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. بر اساس جدول ۶ تمام شاخص‌های انرژی و شاخص‌های قابلیت هضم تیمارهای آزمایشی متفاوت (P<۰/۰۵) شد. میزان انرژی خام تفاله انگور به دلیل افزایش در میزان ماده آلی، دیواره سلولی، چربی خام و ترکیبات فنلی، بیشتر از بقیه تیمارهای آزمایشی (P<۰/۰۵) شد. اما انرژی متابولیسمی، انرژی خالص شیردهی و قابلیت هضم تفاله انگور کمتر (P<۰/۰۵) از خوراک‌های دیگر آزمایشی شد (۲۷،۲۴). قابلیت هضم ماده خشک تفاله انگور ۲۵ تا ۳۸ درصد گزارش شد که نوع و رقم انگور در آزمایشات آنها با این تحقیق متفاوت بود (۲۷). افزودن PEG به تفاله لیموترش، اثری در تمام شاخص‌های انرژی و قابلیت هضم نداشت و فقط باعث کاهش تولید گاز متان شد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۶- اثرات (افزودن و متقابل) PEG بر شاخص‌های انرژی (MJ/Kg) و قابلیت هضم (٪) تیمارهای آزمایشی

تیمارها	شاخص انرژی			شاخص قابلیت هضم		
	خام	قابل‌متابولیسم	خالص شیردهی	ماده خشک	ماده آلی	ماده آلی در ماده خشک
تیمارهای فاقد PEG	۱۸/۷	۹/۶	۵/۴	۳۶/۷	۶۳/۹	۴۰/۴
تیمارهای حاوی PEG	۱۸/۷	۱۰/۰	۵/۸	۳۷/۱	۶۶/۶	۴۰/۸
SEM	۱/۲	۱/۲	۱/۱	۱/۶	۸/۰	۱/۵
سطح احتمال	۱	/۸۱۲	۰/۸۱	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۸۸
شاهد	۱۷/۸^{b}	۸/۸^{b}	۴/۶^{b}	۳۷/۳^{b}	۵۹/۷^{b}	۴۰/۹^{b}
شاهد با PEG	۱۷/۸^{b}	۸/۹^{b}	۴/۷^{b}	۳۶/۸^{b}	۶۰/۵^{b}	۴۰/۵^{c}
تفاله انگور	۲۰/۷^{a}	۵/۶^{d}	۲/۱^{d}	۳۰/۷^{c}	۳۷/۰^{c}	۳۴/۶^{e}
تفاله انگور با PEG	۲۰/۷^{a}	۶/۷^{c}	۳/۰^{c}	۳۲/۱^{c}	۴۴/۰^{b}	۳۵/۹^{d}
تفاله لیموترش	۱۷/۵^{c}	۱۴/۴^{a}	۹/۵^{a}	۴۲/۳^{a}	۹۴/۸^{a}	۴۵/۷^{a}
تفاله لیموترش با PEG	۱۷/۵^{c}	۱۴/۵^{a}	۹/۶^{a}	۴۲/۵^{a}	۹۵/۳^{a}	۴۵/۹^{a}
SEM	۲/۹	۱/۷	۱/۴	۲/۲	۱۱/۱	۲/۱
سطح احتمال	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵)، PEG: پلی‌اتیلن‌گلیکول و SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

در مجموع ارزش غذایی تفاله لیموترش از تفاله انگور بیشتر شد اما اضافه کردن PEG، باعث تغییر رفتار دوگانه‌ای در تولید گازمتان شد به‌نحوی که در تفاله‌های انگور و لیموترش به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۵) در تولید گازمتان شد. با توجه به یافته‌های این تحقیق تاکید می‌گردد که استفاده مناسب از تفاله انگور بدون افزودن PEG در جیره غذایی نشخوارکنندگان، می‌تواند باعث بهبود بازده تخمیر شکمبه‌ای و کاهش گاز آلاینده متان شود. اگر PEG به مواد متراکم پرانرژی و دارای کربوهیدرات‌های غیرفیبری ازجمله تفاله لیموترش اضافه گردد نیز باعث کاهش تولید گاز متان شده، هرچند در میزان تولید کل گاز تفاوتی ندارد. لذا افزودن PEG به مواد متراکم پر انرژی می‌تواند باعث بهبود بهره‌وری تخمیر شکمبه شود. همچنین استفاده مناسب از تفاله انگور در تغذیه نشخوارکنندگان، به سبب داشتن تانن می‌تواند مفید باشد.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم تحقیقاتی شرکت عالیفرد (سن‌ایچ) به‌جهت تامین تفاله‌های آزمایشی، تشکر می‌گردد. همچنین از ریاست و معاونین محترم موسسه تحقیقات علوم دامی کشور به‌دلیل تامین منابع مالی و نیز از مدیر و کارشناسان آزمایشگاه‌های علوم دامی موسسه، قدردانی می‌شود.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

منابع

1. Alipour, D. and Y. Rouzbehan. 2006. Effects of ensiling grape pomace and addition of polyethylene glycol on in vitro gas production and microbial biomass yield. Journal of Animal Feed Science and Technology, 137: 138-149.
2. A.O.A.C. 2005. Official methods of analysis. 16th edn. Association of Official Analytical Chemistis, Arlington, VA, USA.
3. Bahrami, Y., A.D. Foroozandeh, F. Zamani, M. Modarresi, S. Eghbal-Saeid and S. Chekani-Azar. 2010. Effect of diet with varying levels of dried grape pomace on dry matter digestibility and growth performance of male lambs. Journal of Animal and Plant Sciences, 6.1: 605-610.
4. Beauchemin, K.A., S.M. Mcginn, T.F. Martinez and T.A. McAllister. 2007. Use of condensed tannin extract from *quebracho* trees to reduce methane emission from cattle. Journal of Animal Sciences, 85: 1900-1906.
5. Benchaar, CH. and H. Greathead. 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. Journal of Animal Feed Science and Technology, 167: 338-355.
6. Ben-Salem, H. 1999. Intake, digestibility, urinary excretion of purine derivatives and growth by sheep given fresh, air dried or polyethylene treated foliage of *Acacia cyanophylla* lindl. Journal of Animal Feed Science and Technology, 78: 297-311.
7. Church, D.C. 1991. Livestock Feeds and feeding. Prentice-Hall. International, Inc. 350. 3 ed. 97-99 pp.
8. Cottle, D.J., J.V. Nolan and S.G. Wiedemann. 2011. Ruminant enteric methane mitigation: A review. Journal of Animal Production Science, 51: 491-514
9. Dijkstra, J., S.M. Van Zijderveld, J.A. Apajalahti, A. Bannink, W.J.J. Gerrits, J.R. Newbold, H.B. Perdok and H. Berends. 2011. Relationships between methane production and milk fatty acid profiles in dairy cattle. Journal of Animal Feed Science and Technology, 167: 590-595.
10. Food and Agriculture Organization. 2004. Assessing quality and safety of animal feeds. 315 pp.
11. Food and Agriculture Organization. 2010. Statistic. Statistical year book. P: 562.
12. Fievez, V., C. Boeckaert, B. Vlaeminck, J. Mestdagh and D. Demeyer. 2007. In vitro examination of DHA-edible micro-algae: Effect on rumen methane production and apparent degradability of hay. Journal of Animal Feed Science and Technology, 136: 80-95.
13. Halimi-Shabestari, A., R. Salamatdoust-nobar, N. Maheri-Sis, A. Ghorbani, K. Mirzadeh-Ahari, A. Noshadi, H. Samadi and J. Saliminezhad. 2011. Evaluation effects of clove methanol extract on methane production in the in vitro condition. Pakistan Journal of Nutrition, 10(12): 1154-1157.
14. Getachew, G., H.P.S. Makkar and K. Becker. 1998. Localization and quantification of tannins in multipurpose tree leaves using a histochemical approach with image analysis. 2nd International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC):1-30.
15. Kamalak, A., O. Canbolat, Y. Gurbuz, O. Ozay, C.O. Ozkan and M. Sakarya. 2004. Chemical composition and in vitro gas production characteristics of several tannin containing tree leaves. Journal of Livestock Research for Rural Development, 6: 16-22.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

16. Khazaal, K., Z. Parissi, C. Tsiouvaras, A. Nastis and E.R. Ørskov. 1996. Assessment of phenolics related antinutritive levels using the in vitro gas production technique: A comparison between different molecular weight of polyvinylpolypyrrolidone or polyethylene-glycol. Journal of Science Food Agriculture, 71: 405-414.
17. Khazaal, K., M.T. Dentino, J.M. Ribeiro and E.R. Ørskov. 1995. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays feed to sheep: comparison between using fiber components: in vitro digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. Journal of Animal Science, 61: 527-538.
18. Madrid, J., F. Harnandez, M.A. Pulgar and J.M. Cid. 1996. Dried lemon as energetic supplement of diet based on urea-treated barley straw effects on intake and digestibility in goats. Journal of Animal Feed Science Technology, 63: 89-98.
19. Makkar, H.P.S. 1995. Applications of the in vitro gas method in the evaluation of feed resources and enhancement of nutritional value of tannin-rich tree/browse leaves and agro-industrial by-products. Animal Production and Health Section. International Atomic Energy Agency, Vienna.
20. Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Journal of Small Ruminant Research, 49: 241-256.
21. Makkar, H.P.S. and P.E. Vercoe. 2007. Measuring Methane Production from Ruminants. Eds. Springer: Dordrecht. The Netherlands. 148 pp.
22. Mansfield, H.R., M.D. Stern and D.E. Otterby. 1994. Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and in vitro fermentation by rumen microorganisms. Journal Dairy Science, 77: 205-211.
23. Menke, K.H. and H. Steingass. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro production using rumen fluid. Journal of Animal Research and Development, 28: 7-55.
24. Moghaddam, M., A. Taghizadeh, A. Nobakht and A. Ahmadi. 2012. Determination of metabolizable energy of grape pomace and raisin vitis leaves using in vitro gas production technique. International Journal of Agriculture: Research and Review. 2: 891-896.
25. National Research Council. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids. 6th ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
26. Oliveira, R.A., C.D. Narciso, R.S. Bisinotto, M.C. Perdomo, M.A. Ballou, M. Dreher and J.E.P. Santos. 2010. Effects of feeding polyphenols from pomegranate extract on health, growth, nutrient digestion and immunocompetence of calves. Journal Dairy Science, 93: 4280-4291.
27. Oluyemi, F. and C.S. Ough. 1990. Effect of structural constituents of cell wall on the digestibility of grape pomace. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38: 966-968.
28. Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 92: 499-512.
29. Ozduven, L. 2005. Determination of fermentation and feed value characteristics of grape pomace silage. Journal of Science, 6: 45-50.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

30. Patra, A.K. and J. Saxena. 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: A review of the effects on microbial populations. Antonie van Leeuwenhoek, 96: 363-375.
31. Pirmohammadi, R., O. Hamidi and A. Mohsenpur-Azari. 2007a. Effects of polyethylene-glycol (PEG) addition on composition, degradability and digestibility of white grape pomace. Journal of Animal and Veterinary Advanaces, 6.9: 1135-1139.
32. Pirmohammadi, R., A. Golgasemgarebagh and A. Mohsenpur-Azari. 2007b. Effects of ensiling and drying of white grape pomace on chemical composition, degradability and digestibility for ruminants. Journal of Animal and Veterinary Advanaces, 6.9: 1079-1082.
33. R statistical software. 2013. R 3.0.2. (www.r-project.org). The R Journal, (5/1). June.
34. Radmehr, A. 2011. Amarnameh Keshavarzi. 2rd end. Ministry of Jahade-Keshavarzi Press, Tehran, IRAN. 425 pp. (In Persian)
35. Sallama, S.M.A.H., I.C.S. Buenob, P.B. Godoy, E. F. Nozella, D.M.S.S. Vittib and A.L. Abdalla. 2010. Ruminal fermentation and tannins bioactivity if some browses using a semi-automated gas production technique. Journal of Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12:1-10.
36. Schroder, J.M. 1999. By-products and regionally available alternative feedstuffs for dairy cattle. Extension dairy specialist, NDSU animal and range sciences-NDSU Extension service, AS: 1180.
37. Tisserand, J.I. and M. Valls. 2004. Evaluation of the nutritive value of mediterranean roughages. Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza (IAMZ): International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM).
38. Van Soest, P.J. 1967. New chemical procedures for evaluation forages. Journal of Animal Science, 23: 838-847.
39. Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press. Ithaca. NY. Chaps 3 and 8: 22-39: 108-121.
40. Wadhwa, M. and M.P.S. Bakshi. 2013. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. FAO. Publication. 58 pp.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

Effects of Adding Poly-Ethylene-Glycol on Methane Production in Rumen, Digestion and Metabolic Energy of Grape and Lime Pomaces

Amir-Reza Safaei[1], Nor-Mohammad Torbatinejad[2], Hormoz Mansouri[3] and Saeed Zerehdaran[4]

1- Ph.D. Student, Agricultural Science and Natural Resources University of Gorgan
(Corresponding author: amirrezasafaei@yahoo.com)
2 and 4- Professor and Associate Professor, Agricultural Science and Natural Resources University of Gorgan
3- Assistant Professor, Animal Science Research Institute
Received: November 30, 2013 Accepted: May 25, 2014

Abstract

This experiment was carried out to investigate the effects of adding Poly-Ethylene-Glycol (PEG) on grape and lime pomaces on methane production by ruminal fermentation, digestion and metabolism energy. Grape and lime pomaces remained from in fruit juices were collected and were transferred to laboratory. The pomaces were dried (by fit ventilation) and were milled (by sieve 1mm). Chemical compositions including CP, NDF, Ash, EE, GE, OM, NFC, TP and TT were measured. The gas production test for various ruminal fermentation periods and methane production were analysed using six treatments containing different amounts of grape pomace, lime pomace and control. Results were analyzed by R statistical software, using factorial design with three repetitions. Chemical composition of grape and lime pomaces were significantly ($P<0.05$) different. Methane production (in 24 hours for per 200 mg) of the grape pomace (with and without PEG) was 13.3 and 27.7 ml and for lime pomace (with and without PEG) was 73.8 and 67.3 ml respectively. In conclusion, a significant increase on digestion and metabolic energy was observed after adding PEG to grape and lime pomaces. Adding PEG to grape pomace increased methane production while it decreased methane production in lime pomace.

Keyword: Poly-Ethylene-Glycol, Methane production, Grape, Lime, Pomace

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]