تحقیقات تولیدات دامی

سال دهم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۰ (۸۵-۷۳)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف مخمر در مقایسه با مونسین بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری پروتئین در جیره‌های با کنسانتره بالا

مهرداد تقی زاده[۱]، مصطفی یوسف الهی[۲*]، حمیدرضا میرزایی[۳]، عبدالفتاح سالم[۴]، آرش آذرفر[۵]، ایوب عزیزی[۶]

۱- دانش‌آموخته دکتری تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشگاه زابل
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه زابل
۳- دانشیار، دانشگاه پیام نور مشهد
۴- استاد، گروه تغذیه دام، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ایالتی مکزیک
۵- استاد، گروه علوم دامی، دانشگاه لرستان
۶- استادیار، گروه علوم دامی، دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۱۱)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر سطوح مختلف مخمر *ساکارومیسس سرویسیه* و مونسین در جیره‌های با کنسانتره بالا بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه با روش تولید گاز و تجزیه‌پذیری پروتئین به روش کیسه‌های نایلونی بررسی شد. تیمارهای آزمایشی شامل جیره شاهد (۷۵ درصد کنسانتره و ۲۵ درصد یونجه)، و مکمل نمودن جیره شاهد با سه سطح مختلف مخمر (۲/۵، ۵ و ۷/۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک خوراک) و سه سطح مختلف مونسین (۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک خوراک) بود. داده‌های آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه شد. نتایج نشان داد که افزودن مخمر بر خلاف مونسین سبب افزایش معنی‌دار تولید گاز تجمعی و پتانسیل تولید گاز (b) شد ($P<۰/۰۵$). میزان نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با افزودن سطوح مختلف مونسین به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد و سطوح مختلف مخمر کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). همچنین، میانگین اسیدهای چرب زنجیر کوتاه با افزودن مخمر نسبت به تیمار شاهد و سطوح مختلف مونسین افزایش معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). استفاده از مونسین سبب کاهش معنی‌دار میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام و ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین شد ($P<۰/۰۵$). بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان پیشنهاد نمود که افزودن پنج گرم مخمر با ۳۰ میلی‌گرم مونسین در کیلوگرم ماده خشک جیره غذایی با کنسانتره بالا می‌تواند باعث بهبود قابلیت تخمیر شکمبه و گوارش‌پذیری ماده آلی خوراک و افزایش دسترسی حیوان به انرژی جیره شود.

واژه‌های کلیدی: تولید گاز، *ساکارومایسس سرویسیه*، قابلیت هضم، نیتروژن آمونیاکی، یونوفر

* نویسندهٔ مسئول: iranmanesh1824@yahoo.com

doi: 10.22124/AR.2021.16154.1516

مقدمه

متخصصین تغذیه دام علاقه‌مند به دستکاری اکوسیستم شکمبه برای بهبود راندمان تولید نشخوارکنندگان هستند (Dawson *et al*., 1990). چنین هدفی با تنظیم مناسب جیره غذایی و استفاده از ترکیباتی مانند آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد شامل یونوفورها (مونسین، لازالوسید و غیره) تا حدود قابل توجهی حاصل شده است. اما همواره استفاده از این آنتی‌بیوتیک‌ها به دلیل خطری که وجود باقیمانده آن‌ها در شیر و گوشت برای مصرف‌کننده ایجاد می‌کند و افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی عوامل بیماری‌زای انسانی مورد سوال بوده است (جمعدار و زنوزی، ۱۳۹۳). بنابراین در سال‌های اخیر، محققان توجه خود را به یافتن مکمل‌هایی متمرکز نموده‌اند که علاوه بر توانایی بهبود عملکرد دام، فاقد تبعات نامطلوب بهداشتی و زیست‌محیطی نیز باشد. از جمله این ترکیبات می‌توان به پروبیوتیک‌ها اشاره نمود (انصاری و همکاران، ۱۳۹۱). امروزه استفاده از جیره‌های با کنسانتره بالا جهت افزایش عملکرد تولیدی حیوانات نشخوارکننده امری رایج است. متاسفانه استفاده از مقدار زیاد کنسانتره در جیره دام‌های پرواری باعث تغییر اکوسیستم شکمبه و کاهش طول عمر تولیدی حیوانات می‌شود. یکی از راه-کارهای حل این مشکل، استفاده از افزودنی‌های میکروبی از جمله مخمرها در تغذیه نشخوارکنندگان است. پروبیوتیک یک میکروارگانیسم یا مخلوطی از میکروارگانیسم‌ها است که مصرف آن، تأثیرات سودمندی را در حیوان به همراه داشته و می‌تواند موجب بهبود وضعیت تخمیر و افزایش جمعیت میکروبی شکمبه و در نتیجه، بهبود عملکرد پرواری دام‌ها به ویژه در شرایط استفاده از جیره‌های پرکنسانتره شود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۵). پروبیوتیک‌ها شامل میکروارگانیسم‌های زنده‌ای نظیر انواع باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمر هستند که بسته به نوع میکروارگانیسم‌های تشکیل-دهنده آن‌ها، دارای انواع مختلف و با خصوصیات و آثار ویژه-ای هستند. در بین پروبیوتیک‌های مختلف، می‌توان به مخمرها اشاره نمود. مخمر نوعی قارچ تک سلولی است که نه تنها از لحاظ صنعتی، بلکه از لحاظ تغذیه‌ای نیز به عنوان یک افزودنی خوراکی برای دام‌ها حائز اهمیت است. مهمترین مخمر مورد استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان، *ساکارومایسس سرویسیه (Saccharomyces cerevisae)* است (Adesogan, 2009). استفاده از این نوع مخمر در جیره نشخوارکنندگان آثار مطلوبی بر جمعیت باکتریایی شکمبه داشته، به‌طوری که باعث افزایش عملکرد باکتری‌های هضم-کننده الیاف نظیر *فیبروباکتر سوکسینوژنز*، *بوتریویبریو فیبروسولونس* و گونه‌های *رومینوکوکوس* می‌شود (Fonty and Chaucheyras-Durand, 2006). همچنین، استفاده از مخمرها به دلیل فراهم نمودن تیامین، که یک ویتامین مورد نیاز قارچ‌ها برای تکثیر است، باعث تحریک رشد قارچ‌های شکمبه می‌شود. لذا، استفاده از این افزودنی می‌تواند به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش هضم الیاف در شکمبه و افزایش مصرف خوراک شود (Fonty and Chaucheyras-Durand, 2006). همچنین، مخمرها با تحریک رشد پروتوزوآ باعث تثبیت pH شکمبه می‌شوند (Fonty and Chaucheyras-Durand, 2006). پروتوزوآهای شکمبه با باکتری‌های آمیلولیتیک برای استفاده از نشاسته رقابت نموده و با به دام انداختن گرانول‌های نشاسته، مانع از تخمیر نشاسته به لاکتات می‌شوند (Mendoza *et al*., 1993). بنابراین، مخمرها به‌طور غیرمستقیم خطر ابتلا به اسیدوز شکمبه‌ای را در دام‌ها کاهش می‌دهند، به‌طوری که تغذیه مخمر *ساکارومیسس سرویسیه* می‌تواند موجب بهبود وضعیت تخمیر و افزایش جمعیت میکروبی در شکمبه شود که نتیجه آن، بهبود عملکرد پرواری دام‌ها به ویژه در شرایط استفاده از جیره‌های حاوی کنسانتره زیاد است (رضایی و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین، مخمرها تعداد باکتری‌های تخمیرکننده و تولیدکننده پروتئین در شکمبه را افزایش می‌دهند که جفت شدن واکنش‌های تخمیر و تولید پروتئین در شکمبه باعث حداکثر جذب آمونیاک می‌شود (Fonty and Chaucheyras-Durand, 2006). بنابراین، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثر مکمل نمودن جیره‌های پرکنسانتره با سطوح مختلف مخمر *ساکارومیسس سرویسیه* در مقایسه با مونسین بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه در شرایط آزمایشگاهی و تجزیه‌پذیری پروتئین به روش کیسه‌های نایلونی بود.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایشی: پژوهش حاضر در ایستگاه دامپروری و آزمایشگاه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان و با استفاده از چهار رأس گوسفند نر نژاد لری فیستوله‌گذاری شده انجام شد. این آزمایش با استفاده از یک جیره فرضی بره‌های پرواری به عنوان سوبسترای تخمیر در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۱) که به آن، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ گرم مخمر *ساکارومایسس سرویسیه* و یا ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم مونسین در کیلوگرم ماده خشک افزوده شد، انجام پذیرفت. جیره پایه با نسبت ۲۵ به ۷۵ درصد علوفه به کنسانتره و بر اساس احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان کوچک تنظیم شد (NRC, 2007). برای تهیه جیره‌های آزمایشی، ابتدا جیره پایه تهیه شده و با استفاده از آسیاب با اندازه ذرات یک میلی‌متری آسیاب شد. سپس سطوح مورد نظر از هر افزودنی کاملاً با آن مخلوط شد. مخمر مورد استفاده در این تحقیق از شرکت تک ژن زیست تهیه شد که میزان کلنی آن برابر با ۲×۱۰^{۱۲} CFU[1] بود.

آزمون تولید گاز: جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف مخمر و یا مونسین با استفاده از آزمون تولید گاز مورد بررسی قرار گرفتند (Marten and Barnes, 1980). برای این منظور، محتویات شکمبه از چهار رأس گوسفند نر نژاد لری فیستوله شده با میانگین وزن ۵۵ کیلوگرم، که حداقل به مدت دو هفته با یک جیره غذایی حاوی ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره در سطح نگهداری تغذیه شدند، قبل از خوراک‌دهی وعده صبح جمع‌آوری شد. محتویات شکمبه هر چهار رأس گوسفند در هر مرحله در یک فلاسک عایق که از قبل به وسیله گاز دی اکسید کربن بی‌هوازی شده بود، در دمای ۳۹ درجه سلسیوس کاملاً مخلوط شد و سریعاً (در کمتر از ۲۰ دقیقه) به آزمایشگاه منتقل شد. محتویات شکمبه به وسیله دو لایه پارچه تنظیف صاف شد و مایع شکمبه صاف شده برای انجام آزمون تولید گاز مورد استفاده قرار گرفت. آزمون تولید گاز بر اساس روش مارتن و بارنس صورت گرفت (Marten and Barnes, 1980). به این منظور، ابتدا میزان ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه جیره کاملاً خشک آسیاب شده با اندازه ذرات یک میلی‌متر به داخل هر ویال برای تعیین فراسنجه‌های آزمون تولید گاز قرار داده شد (شش ویال به ازای هر تیمار). سپس، به هر ویال که از قبل دمای آن با قرار دادن در بن‌ماری به ۳۹ درجه سلسیوس رسیده بود، پنج میلی‌لیتر مایع شکمبه صاف شده (به عنوان مایع تلقیح) و ۲۵ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی افزوده شد (Merten and Barnes, 1980). جهت حصول اطمینان از شرایط بی‌هوازی، گاز دی اکسید کربن به شیرابه شکمبه صاف شده و بزاق مصنوعی قبل و پس از تزریق به داخل ویال‌ها نیز تزریق شد. میزان سه ویال هم به عنوان بلانک (حاوی فقط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی) در نظر گرفته شد. سپس درب ویال‌ها بسته شد و در بن‌ماری با دمای حدود ۳۹ درجه سلسیوس انکوبه شدند. میزان گاز تولیدی در ویال‌ها با دستگاه فشارسنج در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون اندازه‌گیری شد. در پایان، اعداد فشار با استفاده از منحنی استاندارد به حجم تبدیل شد. به منظور تعیین فراسنجه‌های تولید گاز از معادله $P= b(1 - e^{-ct})$ استفاده شد (Ørskov and McDonald, 1979). که در این معادله، P، تولید گاز، b، پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)، c، ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)، t، مدت زمان انکوباسیون (ساعت) و e برابر با عدد نپر بود.

فراسنجه‌های تخمیر: برای اندازه‌گیری میزان pH و آمونیاک تولیدی، پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون، سه ویال از هر تکرار از بن‌ماری خارج شده و پس از ثبت گاز تولیدی، بلافاصله میزان pH هر ویال با استفاده از دستگاه pH متر (مدل ۷۴۴؛ شرکت Metrohm سوئیس) اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی با استفاده از معرف‌های فنول و هیپوکلریت اندازه-گیری شد (Broderick and Kang, 1980). به منظور تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی، بقایای حاصل از هر ویال، به مدت ۴۸ ساعت به داخل آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس انتقال داده شد تا خشک شوند. سپس با استفاده از معادله زیر میزان قابلیت هضم ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی محاسبه شد:

۱۰۰ × وزن نمونه اولیه (میلی‌گرم)/ وزن بقایا (میلی‌گرم) - وزن نمونه اولیه (میلی‌گرم) = قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک

1. Colony Forming Units

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب مواد مغذی جیره پایه مورد استفاده (بر حسب درصد ماده خشک جیره)

Table 1. Ingredients and nutrient composition of the base ration used (% of DM)

Food items	Ingredient composition (% of DM)
Barley grain	37.5
Corn grain	18.75
Soybean meal	4.75
Wheat bran	12
Alfalfa hay	25
Salt	0.5
Dicalcium phosphate	0.5
Vit. & Min. supplement*	1
Energy and nutrients composition (g/kg)	
DM	93.8
OM	92.5
Cp	14.6
NDF	33.3
ADF	18.7
Ca	0.58
P	0.43
ME (Mcal/kg DM)	2.59

*Each kilogram of supplement contains:190 grams of calcium, 90 grams of phosphorus, 19 grams of magnesium, 3 grams of copper, 3 grams of iron, 2 grams of manganese, 3 grams of zinc, 100 milligrams of cobalt, 100 milligrams of iodine, 1 milligram of selenium, 500,000 units of international vitamin A , 100,000 units of vitamin D3, 100 milligrams of vitamin E.

قابلیت هضم ماده آلی و مقدار انرژی قابل سوخت و ساز جیره‌های آزمایشی پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون با استفاده از معادلات زیر تخمین زده شدند (Steingass and Menke, 1988):

OMD (گرم در کیلوگرم) =۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹۳$GP_{۲۴}$ +۰/۰۶۵۱Ash + ۰/۴۵CP

ME(مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) =۲/۲+۰/۱۳۶$GP_{۲۴}$ + ۰/۰۵۷CP + ۰/۰۰۲۹CP^2

میزان اسیدهای چرب زنجیر کوتاه بر اساس معادله زیر برآورد شد (Getachew *et al*., 2002):

اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (میلی‌مول) = ۰/۰۲۲۲GP_{24} - ۰/۰۰۴۲۵

که در این روابط، G_{24}، حجم گاز تولید (میلی‌لیتر) شده در ۲۴ ساعت، ME، انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک)، Ash، میزان خاکستر خام (درصد) و CP، پروتئین خام (درصد) سوبسترای تخمیر هستند.

شاخص PF (نسبت میلی‌گرم ماده آلی تجزیه شده به میلی-لیتر گاز تولیدی) که معرف مقدار تولید پروتئین میکروبی است، بر اساس معادله پیشنهادی Vercoe *et al.* (2010) به شکل زیر محاسبه شد:

$$PF = c - (a-b)/ IVGP$$

که IVGP برابر با میزان گاز تجمعی تولید شده طی ۲۴ ساعت انکوباسیون است.

تجزیه‌پذیری پروتئین با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی: بر اساس نتایج آزمون تولید گاز، بهترین جیره‌های آزمایشی شامل تیمار ۱ (جیره پایه)، تیمار ۲ (جیره پایه بعلاوه ۵ گرم مخمر) و تیمار ۳ (جیره پایه بعلاوه ۳۰ میلی‌گرم مونسین) انتخاب شدند و میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام آن‌ها با استفاده از چهار رأس قوچ لری فیستوله شده (با میانگین وزن ۲ ± ۵۵ کیلوگرم) اندازه‌گیری شد. طول هر دوره آزمایشی ۲۱ روز بود، که ۱۴ روز برای عادت‌پذیری و هفت روز برای نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. در بین هر دوره نیز هفت روز فاصله به عنوان دوره جایگزینی و از بین رفتن آثار تیمار قبلی در نظر گرفته شد. دام‌های فیستوله شده با یک جیره پایه با نسبت ۶۰ به ۴۰ علوفه به کنسانتره به میزان دو بار در روز (۸ صبح و ۱۸ بعدازظهر) در حد اشتها تغذیه شدند. طی دوره آزمایش، دام‌ها به آب و سنگ نمک دسترسی آزاد داشتند. کیسه‌گذاری در روزهای ۱۵ تا ۱۹ هر دوره انجام گرفت. برای انجام آزمایش *in situ*، از کیسه‌هایی با جنس الیاف پلی‌استر (داکرون) به ابعاد ۶ × ۱۲

سانتی‌متر و با قطر منافذ تقریبی ۵۰ میکرون استفاده شد. نمونه‌های مواد خوراکی (جیره پایه) با استفاده از آسیاب با اندازه منافذ دو میلی‌متر آسیاب شدند. مقدار سه گرم از هر نمونه در داخل کیسه‌ها ریخته شد. با توجه به ابعاد کیسه-های مورد استفاده، نسبت اندازه نمونه به سطح کیسه تقریباً ۲۱ میلی‌گرم به ازای هر سانتی‌متر مربع بود. چهار کیسه نایلونی به یک لوله پلاستیکی به طول ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۰/۵ سانتی‌متر با استفاده از حلقه‌های لاستیکی بسته و از راه فیستوله در داخل شکمبه غوطه‌ور شدند. برای هر ماده خوراکی در هر زمان انکوباسیون (۰، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت)، تعداد دو کیسه برای هر دام (یعنی دو تکرار برای هر دام) در نظر گرفته شد. کیسه‌های مربوط به زمان صفر در شکمبه قرار داده نشد و تنها با آب سرد شسته شدند. کیسه‌ها پس از زمان انکوباسیون مورد نظر از شکمبه خارج شده و بلافاصله با آب سرد شستشو داده شدند تا فعالیت میکروبی متوقف شود. شستشوی کیسه‌ها تا زمان خروج آب زلال از کیسه‌ها ادامه یافت. پس از شستشو، کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند. فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین از رابطه غیرخطی ارائه شده به وسیله Ørskov and McDonald (1979) به شکل زیر محاسبه شد:

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

تجزیه‌پذیری موثر پروتئین خام با سرعت عبور دو درصد در ساعت نیز بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$ERD = a + b/ (c+k)$$

که در این رابطه، k سرعت نسبی عبور است.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM برنامه آماری SAS (2002) تجزیه و تحلیل شدند. اختلاف بین میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی و در سطح احتمال پنج درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

آزمون تولید گاز: حجم گاز تولیدی ناشی از افزودن مقادیر مختلف مخمر و مونسین به جیره پایه با کنسانتره زیاد (۷۵ درصد) در زمان‌های مختلف انکوباسیون در جدول ۲ نشان داده شده است. افزودن مقادیر و نسبت‌های مختلف مخمر، مقدار گاز تولید شده در مراحل مختلف انکوباسیون را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (P<۰/۰۵)، اما سطوح مختلف مونسین تأثیری بر مقدار گاز تولیدی نداشت (P>۰/۰۵). در ساعات ابتدایی (۶ ساعت اول)، میزان گاز تولید شده در تیمارهای آزمایشی حاوی سطوح مختلف مخمر نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود. هر چند با پیشرفت انکوباسیون، میزان گاز تولید شده در تیمارهای حاوی مخمر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت، به‌طوری که میزان گاز تولید شده بعد از ۲۴ ساعت در تمام سطوح تیمار مخمر نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). پس از اتمام انکوباسیون، بیشترین حجم گاز تولیدی در تیمار حاوی ۲/۵ و ۵ گرم مخمر و کمترین میزان آن در جیره‌های۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم مونسین مشاهده شد (P<۰/۰۵). همچنین، با افزایش زمان انکوباسیون، میزان حجم گاز تولیدی افزایش یافت. میزان گاز تولیدی یک شاخص خوب برای پیش‌بینی تخمیرپذیری و قابلیت هضم مواد خوراکی و نیز تولید پروتئین میکروبی به وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه است (Blummel and Ørskov, 1979). نتایج محققین نشان داد که افزودن مخمر *ساکارومایسس سرویسیه* به میزان ۱۰ و ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک به خوراک‌های علوفه‌ای سبب افزایش تولید گاز شد (Marrero *et al*., 2014). همچنین، استفاده از مخمر به میزان ۲/۵ و ۵ گرم در کیلوگرم تفاله دانه انار باعث افزایش معنی‌دار در میزان تولید گاز پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون شد (Besharati *et al*., 2014). افزایش تولید گاز در نتیجه افزودن مخمر به خوراک را می‌توان به دلیل افزایش تعداد باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز و افزایش فعالیت سلولیتیکی عنوان نمود (Tang *et al*., 2008). مخمرها به دلیل توانایی انتقال اکسیژن از محیط شکمبه، کنترل pH و یا فراهم نمودن بعضی از ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه، شرایط را برای افزایش تعداد باکتری‌های شکمبه فراهم می‌آورند (Fonty and Chaucheyras-Durand, 2006). نتیجه بررسی استفاده از دو گونه مختلف مخمر *ساکرومایسس سرویسیه* بر میزان تولید گاز در نشاسته ذرت، سیب زمینی و علوفه سورگوم نشان داد که با افزایش میزان مخمر، تولید گاز افزایش یافت.

جدول ۲- میانگین تولید گاز تجمعی (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) جیره‌های حاوی سطوح مختلف مخمر و مونسین در زمان‌های مختلف انکوباسیون

Table 2. Average cumulative gas production (mL/200 mg dry matter) of diets with different levels of yeast and monensin at different incubation times

Time (hrs)	Treatment*							SEM	*P*-value
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7		
2	4.89^{a}	3.4^{c}	3.7^{bc}	4.7^{a}	4.1^{abc}	4.4^{ab}	4.95^{a}	0.25	0.013
4	9.7^{a}	5.1^{d}	7.4^{bc}	9.2^{a}	6.5^{cd}	8.6^{ab}	9.2^{a}	0.44	0.007
6	14.6^{a}	10.2^{c}	12.1^{bc}	14.1^{ab}	11.3^{c}	13.4^{ab}	14.1^{ab}	0.57	0.003
8	18.2^{ab}	15.8^{b}	16.8^{b}	20.3^{a}	16.7^{b}	17.9^{ab}	17.5^{b}	0.73	0.05
12	25.5^{bc}	24.8^{bc}	26.7^{ab}	28.7^{a}	24.5^{bc}	24.3^{bc}	23.7^{c}	0.76	0.02
16	33.1^{cd}	34.8^{bc}	37.1^{ab}	37.7^{a}	32.9^{cd}	31.3^{d}	31^{d}	0.74	0.005
24	41.1^{bc}	46.8^{a}	48.4^{a}	48^{a}	43.5^{b}	39.8^{c}	40.4^{c}	0.98	0.001
36	50.9^{bc}	55.9^{a}	57.7^{a}	57^{a}	51.8^{b}	47.7^{c}	48.9^{bc}	0.94	0.001
48	57.2^{cd}	60.6^{ab}	62.8^{a}	62.4^{a}	56.8^{dc}	53.3^{d}	54.5dc	0.99	0.003
72	61.4^{bc}	64.2^{ab}	66.7^{a}	66.4^{a}	60.3^{dc}	57.6^{d}	58.4^{cd}	0.93	0.002
96	64.15^{bc}	67.1^{ab}	69.7^{a}	69.9^{a}	62.2^{dc}	60.4^{d}	60.5^{d}	0.96	0.001

* T_1 (control): Basal diet; T_2: 2.5 g yeast per kg dry matter of basal diet; T_3: 5 g yeast per kg dry matter of basal diet; T_4: 7.5 g yeast per kg dry matter of basal diet; T_5: 15 mg monensin per kg dry matter of basal diet; T_6: 30 mg of monensin per kg dry matter of basal diet; T_7: 45 mg monensin per kg dry matter of basal diet.

a-d Means within the same row with different superscript letters differ significantly ($P<0.05$).

این محققین افزایش میزان تولید گاز با استفاده از مخمر را در نتیجه افزایش پروپیونات ذکر نموده‌اند (Lila *et al*., 2004). بعضی از باکتری‌های شکمبه نظیر *Selenomonas ruminantium* پروپیونات را از راه سوکسینات تولید می‌کنند که با تولید گاز دی اکسید کربن و در نتیجه افزایش حجم گاز تولیدی طی انکوباسیون همراه است (Wolin and Miller, 1988). بر خلاف نتایج این تحقیق، در پژوهش نقابی و همکاران (۱۳۹۳)، استفاده از ۲/۵ گرم مخمر در کیلوگرم ماده خشک علوفه آترپلکس با افزایش تولید گاز همراه نشد که علت آن، وجود متابولیت‌های ثانویه از قبیل تانن موجود در گیاه مذکور ذکر شده است و با افزایش سطح مخمر *ساکارومایسس سرویسیه* به پنج گرم در کیلوگرم ماده خشک، تولید گاز در آزمایش مذکور به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین، نتایج برخی از محققین نشان داد که اگر چه استفاده از مخمر *ساکارومایسس سرویسیه* به میزان ۱/۵ ×۱۰^۷ cfu/g DM خوراک باعث افزایش تولید گاز شد، اما این افزایش به‌صورت معنی‌دار نبود (Elmasry *et al*., 2016). از آنجایی که مقدار گاز تولید شده از یک ماده خوراکی به عنوان شاخصی از قابلیت تخمیر آن بوده و در نتیجه ارزش انرژی‌زایی آن را نشان می‌دهد، استفاده از مخمر به منظور افزایش کارآیی استفاده از مواد خوراکی مفید است. تخمیر کربوهیدرات‌های جیره‌ای به اسیدهای چرب فرار با تولید گاز همراه است که این گاز از هیدروژن، دی اکسید کربن و متان تشکیل شده است. مخمر به عنوان محرک برای تجزیه مواد مغذی به وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه علاوه بر افزایش تولید گاز به واسطه کاهش تولید متان و آمونیاک می‌تواند تغییرات کیفی را در کل گاز تولیدی ایجاد کند (Hristov *et al*., 2013). نتایج آزمون گاز در این تحقیق نشان می‌دهد که مونسین بر خلاف سطوح مختلف مخمر سبب کاهش میزان تولید گاز شد. مونسین با اتصال به غشاء سلولی باکتری‌ها و افزایش نفوذپذیری غشاء به یون‌های هیدروژن و خروج یون‌های پتاسیم از سلول باعث کاهش جمعیت میکروبی (باکتری‌های گرم مثبت) در شکمبه می‌شود (Grainger *et al*., 2007)، که این کاهش تولید گاز می‌تواند به دلیل کاهش تولید گاز متان در نتیجه مهار باکتری‌های تولیدکننده متان باشد (Wischer *et al*., 2013; Osorio *et al*., 2017). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهند استفاده از مونسین به میزان ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره بره‌های پرواری پرکنسانتره باعث کاهش میزان گاز تولیدی می‌شود (Kazunari *et al*., 1985). این محققین میزان کاهش گاز تولیدی را به واسطه کاهش میزان گاز متان عنوان نمودند و اعلام داشتند که میزان گاز دی اکسید کربن کاهش معنی-داری نداشته است و نسبت متان به دی اکسید کربن را

کاهش داد. در پژوهشی دیگر، تاثیر افزودن سطوح مختلف مونسین سدیم بر فرآیند تخمیر و فراسنجه‌های تولید گاز یونجه، جو و مخلوط یونجه و جو در شرایط آزمایشگاهی در محیط کشت خالص قارچ‌های شکمبه گوسفند مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد که افزودن ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مونسین سدیم سبب کاهش قابل توجه تولید گاز از بخش قابل تخمیر و کل تولید گاز علوفه یونجه و دانه جو شد (سبحانی راد و الهی ترشیزی، ۱۳۹۵).

فراسنجه‌های تخمیر: نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های تولید گاز و تخمیر در جدول ۳ نشان داده شده است. افزودن مخمر در همه سطوح مورد استفاده منجر به افزایش معنی‌دار پتانسیل تولید گاز (ضریب b) شد (P<۰/۰۵)، اما افزودن مخمر به جیره تاثیری بر سرعت نسبی تولید گاز (ضریب c) نداشت (P>۰/۰۵)، که مطابق با نتایج مطالعه انصاری و همکاران (۱۳۹۱) بود. انصاری و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند که افزودن میزان ۲/۵، ۵ و ۷/۵ گرم مخمر در کیلوگرم ماده خشک جیره گوسفندان نژاد زل با افزایش معنی‌دار در پتانسیل تولید گاز همراه بود که علت آن را، تحریک فعالیت و جمعیت باکتری-های شکمبه عنوان نمودند. در مطالعه حاضر با افزودن مونسین، پتانسیل تولید گاز در مقایسه با تیمار شاهد به-صورت عددی کاهش یافت (P>۰/۰۵). مطابق این نتایج، در یک تحقیق، افزودن ۳۳ میلی‌گرم مونسین در کیلوگرم ماده خشک جیره تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل تولید گاز نداشت (خرمی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین در پژوهش دیگری، افزودن ۳۵۰ میلی‌گرم مونسین به جیره گاوهای شیری در شرایط برون‌تنی تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل تولید گاز و ثابت نرخ تولید گاز نداشت (Benchaa *et al*., 2006). تیمارهای آزمایشی تاثیری بر میزان اسیدهای چرب زنجیر کوتاه، نیتروژن آمونیاکی، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل سوخت و ساز نداشتند (P<۰/۰۵). نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که بین تولید اسیدهای چرب زنجیر کوتاه با میزان هضم مواد و همچنین، تولید گاز رابطه مستقیم و خطی وجود دارد (Menke and Steingass, 1988) و افزایش تولید گاز به مفهوم تجزیه بیشتر مواد آلی و تولید اسیدهای چرب بیشتر است. به همین دلیل، افزایش میزان اسیدهای چرب فرار در پژوهش حاضر در نتیجه مصرف مخمر را می‌توان به افزایش گاز تولیدی نسبت داد. نتایج برخی تحقیقات صورت گرفته در این خصوص نیز نشان داد که میانگین کل اسیدهای چرب فرار شکمبه با افزایش میزان مخمر در جیره افزایش یافت (Dolezal *et al*., 2005). نتایج این تحقیق نشان داد که محدوده تغییرات اسیدهای چرب بین ۰/۸۴ (تیمار شاهد) تا ۱/۲۷ مول در لیتر (تیمار مخمر) متغیر بود. مطابق با نتایج این تحقیق، در تحقیقی با استفاده از سطوح مختلف مخمر نشان داده شد که استفاده از ۰/۵ درصد مخمر در مطالعات آزمایشگاهی باعث افزایش معنی‌دار میزان کل اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد (Mustafa Ali *et al*., 2012). همچنین، افزودن ۴، ۸ و ۱۲ گرم مخمر در کیلوگرم ماده خشک جیره در یک مطالعه باعث افزایش میزان کل اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر در خوراک‌های علوفه‌ای شد (Elghandour *et al*., 2014). افزایش میزان اسیدهای چرب فرار می‌تواند به دلیل ایجاد شرایط و عوامل رشد به وسیله مخمر و در نتیجه افزایش باکتری‌های سلولولیتیک در شکمبه باشد (Piva *et al*., 1993).

در مطالعه حاضر، افزودن سطوح مختلف مونسین به جیره تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شکمبه نداشت. مطابق با نتایج این تحقیق، افزودن ۲۵ میلی‌گرم مونسین در کیلوگرم ماده خشک جیره با ۵۰ درصد کنسانتره تأثیر قابل توجهی بر میزان اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر نداشته است (Garcoaa *et al*., 2000). همچنین، نتایج فراتحلیل صورت گرفته در خصوص استفاده از مونسین در جیره‌های دارای کنسانتره بالا نشان داد که میزان کل اسیدهای چرب شکمبه تحت تاثیر سطح مورد استفاده از مونسین قرار نگرفت (Ellis *et al*., 2012). بر خلاف این نتایج، برخی از تحقیقات بیانگر کاهش معنی‌دار میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در نتیجه استفاده از مونسین بود، به‌طوری که افزودن مونسین به میزان ۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک در جیره‌های پرکنسانتره (۸۰ درصد کنسانتره) سبب کاهش میزان کل اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر شد که این کاهش مربوط به کاهش میزان استات و بوتیرات بود، در حالی که میزان اسید پرپیونات در این مطالعه با افزودن مونسین افزایش

جدول ۳- فراسنجه‌های تخمیر تیمارهای آزمایشی حاوی سطوح مختلف مخمر و مونسین

Table 3. Fermentation parameters of experimental treatments containing different levels of yeast and monensin

Item	Treatment*							SEM	*P*-value
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7		
b	65^b	74.94^a	72.4^a	71.01^a	64.76^b	61.3^b	62.09^b	1.18	0.001
c	0.04	۰.037	0.039	0.042	0.04	0.039	0.04	0.056	0.65
pH	6.51^b	6.91^a	6.94^a	6.92^a	6.6^b	6.69^b	6.59^b	0.07	0.02
SCFA (mmol)	0.92^b	1.01^a	1.03^a	1.04^a	0.93^b	0.88^b	0.91^b	0.02	0.01
Ammonia nitrogen (mg/100 mL)	14.8^a	15.41^a	15.3^a	15.5^a	10.01^b	9.7^b	9.4^b	0.27	0.001
OMD	62.98^e	65.39^{bc}	66.46^a	65.24^{bc}	63.9^d	66.1^{ab}	62.3^e	0.223	0.001
ME (MJ/kg DM)	$9.5b^c$	10.06^a	10^a	10.02^a	10.01^a	9.68^b	9.4^c	0.05	0.002
PF	2.73^c	2.98^b	3.11^{ab}	2.75^c	3.1^{ab}	3.27^a	3.3^a	0.06	0.001

* T_1 (control): Basal diet; T_2: 2.5 g yeast per kg dry matter of basal diet; T_3: 5 g yeast per kg dry matter of basal diet; T_4: 7.5 g yeast per kg dry matter of basal diet; T_5: 15 mg monensin per kg dry matter of basal diet; T_6: 30 mg of monensin per kg dry matter of basal diet; T_7: 45 mg monensin per kg dry matter of basal diet.

b: Gas production from low degradable fraction; c: Gas production rate; SCFA(mmol): Short chain fatty acid; OMD: Organic matter digestibility; ME: Metabolizable energy; PF: Partitioning factor (mg/mL of organic matter decomposed into mL of produced gas).

a-e Means within the same row with different superscript letters differ significantly (P<0.05).

یافت (Wingard and McLeod, 2014). دلیل احتمالی کاهش میزان اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر به وسیله مونسین، مهار انتخابی باکتری‌های گرم مثبت شکمبه است که می‌تواند منجر به تغییر الگوی اسیدهای چرب شکمبه شود (Duffield *et al*., 2008). باکتری‌های گرم منفی موجود در شکمبه (عامل تولید پروپیونات و سوکسینات) دارای غشاهای خارج سلولی مقاومی نسبت به مونسین هستند، اما باکتری‌های گرم مثبتی که اسید استیک تولید می‌کنند نسبت به مونسین حساس هستند. لذا، مونسین با کاهش جمعیت باکتری‌های گرم مثبت و تغییر جمعیت میکروبی شکمبه به نفع باکتری‌های گرم منفی باعث افزایش نسبت پروپیونات به استات در شکمبه می‌شود (Wingard and McLeod, 2014).

در این پژوهش، افزودن سطوح مختلف مخمر به‌طور معنی‌داری سبب افزایش pH شکمبه شد (P<۰/۰۵). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج رستم زاده و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت داشت. مخمر *ساکارومایسس سرویسیه* می‌تواند به دلیل کاهش غلظت اسید لاکتیک از راه افزایش فعالیت باکتری‌های مصرف‌کننده لاکتات، مانع کاهش pH شکمبه شود (Nisbet and Martin, 1991). نتایج برخی مطالعات مؤید این مطلب است که استفاده از مخمر *ساکارومیسس سرویسیه* در جیره‌های علوفه‌ای (سیلوی ذرت) باعث کاهش میزان لاکتات و افزایش pH شد (Guedes *et al*., 2008). اگر چه میزان نیتروژن آمونیاکی با افزودن مخمر در پژوهش حاضر افزایش پیدا کرد، اما این افزایش قابل توجه نبود. مطابق با این نتایج، در یک مطالعه (Thruneaet *al*.،2009) نشان داده شد که استفاده از مخمر *ساکارومایسس سرویسیه* در جیره حاوی ۶۰ درصد کنسانتره اثر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه نداشت. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر، استفاده از مخمر در جیره‌های علوفه‌ای (سیلوی ذرت علوفه‌ای) تأثیری بر میزان نیتروژن آمونیاکی نداشت (Guedes *et al*., 2008). بر خلاف این نتایج، در مطالعه Hristov *et al.* (2010)، استفاده از مخمر به میزان ۵۶ گرم به ازای هر رأس گاو شیری با کاهش میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه همراه شد که دلیل این امر، افزایش تولید پروتئین میکروبی گزارش شده است. نتایج مطالعه حاضر بیانگر این است که میزان نیتروژن آمونیاکی تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای حاوی سطوح مختلف مونسین بود. این کاهش در میزان نیتروژن آمونیاکی در نتیجه افزودن مونسین می‌تواند دلیلی بر کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده پروتئین (*کلستریدیوم استیکلاندی* و *پپتواستریپتوکوکوس ائروبیوس*) و در نتیجه کاهش میزان نیتروژن آمونیاکی هنگام استفاده از مونسین باشد (Bohnert *et al*., 2000).

قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل سوخت و ساز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر افزودن سطوح مختلف مخمر و

مونسین (به‌جز سطح ۴۵ میلی‌گرم مونسین) قرار گرفت. مطابق با این نتایج، افزودن ۲/۵ و ۵ گرم مخمر به جیره غذایی حاوی دانه انار با افزایش معنی‌دار قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل سوخت و ساز همراه شد (Besharati *et al*., 2015). بر خلاف این نتایج، استفاده از ۲۵ میلی‌گرم مونسین و یک گرم مخمر، اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک جیره‌های غذایی حاوی ۵۰ درصد کنسانتره داشت (Garcia *et al*., 2000).

شاخص PF در این تحقیق در دامنه عددی قابل قبول ۲/۷۴ تا ۴/۶۵ قرار داشت. افزایش شاخص PF نشان‌دهنده بهبود بازده تخمیر و تولید پروتئین میکروبی است (Blummel *et al*., 1997). همچنین، رابطه خطی و منفی بین شاخص PF و گاز متان وجود دارد (Vercoe *et al*., 2010) و تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهند که با افزایش شاخص PF، میزان گاز متان و نیتروژن آمونیاکی به میزان بیشتری کاهش می‌یابد (نوریان سرور و روزبهان، ۱۳۹۳). نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که استفاده از مخمر و مونسین به جیره پایه با افزایش معنی‌دار PF همراه شد (P<۰/۰۵). در کل، نتایج مربوط به فراسنجه‌های تخمیر نشان داد که سطوح ۲/۵ گرم مخمر و ۳۰ میلی‌گرم مونسین به دلیل بهبود قابلیت تخمیر شکمبه، بهبود قابلیت هضم ماده آلی و میزان اسیدهای چرب زنجیر کوتاه زنجیر، کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی و بهبود ضریب تفکیک، به عنوان سطوح بهینه این دو افزودنی در آزمایشات بعدی پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفت.

تجزیه‌پذیری پروتئین: نتایج مربوط به اثر سطوح منتخب مخمر و مونسین (۵ گرم مخمر و ۳۰ میلی‌گرم مونسین در کیلوگرم ماده خشک) بر تجزیه‌پذیری پروتئین جیره پایه به روش کیسه‌گذاری در جدول ۴ نشان داده شده است. افزودن مخمر اثر معنی‌داری بر ضرایب تجزیه‌پذیری و میزان تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه نداشت (P>۰/۰۵). مطابق با این نتایج، قاسمی و همکاران (۱۳۸۷) اثر *ساکارومایسس سرویسیه* را بر هضم دو منبع علوفه‌ای مختلف (یونجه و ذرت سیلویی) با دو سطح صفر و ۵ گرم مخمر بررسی کردند و نتایج آنها نشان داد که میزان فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام تحت تأثیر افزودن مخمر قرار نگرفتند.

اگر چه استفاده از مخمر در آزمایش تولید گاز با افزایش قابلیت هضم ماده آلی و تولید گاز همراه شد، اما در آزمایشات *in situ* تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه نداشت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزودن مونسین باعث کاهش میزان تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین و ضریب b (میزان تجزیه‌پذیری بخش غیرمحلول) شد. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، استفاده از مونسین به میزان ۲۷۰ میلی‌گرم به ازای هر رأس گوساله در جیره‌های پرکنسانتره، سبب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه شد (Surber and Bowman, 1998). علت کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین خام در شکمبه می‌تواند اثر مونسین بر کاهش فعالیت پروتئولیتیکی شکمبه باشد (Bergen and Bates, 1984). بر خلاف این نتایج، در پژوهشی، افزودن ۲۵ میلی‌گرم مونسین در جیره گوسفندان اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین نداشت (Garcoaa *et al*., 2000).

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام

Table 4. Effect of experimental diets on the crude protein degradability parameters

Item	Treatment*			SEM	*P*-value
	1	2	3		
a	16.35	16.44	15.8	0.136	0.73
b	68.7[a]	69.7[a]	54.54[b]	0.76	0.001
a+b	85.06[a]	86.18[a]	70.28[b]	0.84	0.001
c	4.9	5.1	5.2	0.23	0.26
Effective degradability	65.1[a]	66.5[a]	54.7[b]	0.63	0.001

* Treatment 1 (control): Basal diet; Treatment 2: 5 g yeast per kg dry matter; Treatment 3: 30 mg of monensin per kg of dry matter; a: Degradability rate of soluble part (%); b: Degradability of the insoluble part (%); c: Fixed rate of degradability (% per hour). [a-b] Means within the same row with different superscript letters differ significantly (P<0.05).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن مخمر (سطح ۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) به جیره‌های با کنسانتره بالا، سبب بهبود قابلیت تخمیر شکمبه و گوارش‌پذیری ماده آلی خوراک شد، البته بدون آن که تأثیری بر میزان تجزیه‌پذیری پروتئین داشته باشد. همچنین، افزودن مونسین (سطح ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) همانند افزودن مخمر، باعث بهبود قابلیت تخمیر شکمبه و گوارش‌پذیری ماده آلی خوراک شد. این آثار مثبت حاصل از افزودن مخمر و مونسین می‌تواند به دلیل تغییر الگوی تخمیر شکمبه در جهت افزایش بازدهی تخمیر و بهبود بازده استفاده از مواد مغذی باشد. پیشنهاد می‌شود جهت تأیید این نتایج، سطوح مذکور در تغذیه دام‌های پرواری نیز مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع

انصاری ع.، تقی زاده ا.، و جانمحمدی ح. ۱۳۹۱. اثرات سطوح مختلف مخمر *ساکارومایسس سرویسیا* بر اکوسیستم شکمبه‌ای و جمعیت پروتوزوآیی گوسفندان نژاد قزل. پژوهش‌های علوم دامی، ۲۲(۱): ۵۳-۶۲.

جمعدار ف.، و زنوزی ش.۱۳۹۳. باقیمانده آنتی بیوتیک‌ها در فرآورده‌های دام و آثار آن بر سلامت انسان. دومین همایش ملی بهینه‌سازی زنجیره تولید، توزیع و مصرف در صنایع غذایی. گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

خرمی ب.، وکیلی س. ا.، و دانش مسگران م. ۱۳۹۳. اثر برخی اسانس‌های گیاهی بر تجزیه پذیری مواد خوراکی، قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد گوساله های پرواری هلشتاین. پژوهش های علوم دامی، ۴۲(۲): ۱۳۷-۱۵۰.

رستم زاده پ.، تقی زاده ا.، حسن خانی ع.، و مقدم غ. ع. ۱۳۹۴. تاثیر مخمر *ساکارومایسس سرویسیا* بر قابلیت هضم بره‌های پرواری و فاکتورهای شکمبه‌ای و متابولیت‌های خونی گوسفند. پژوهش های علوم دامی، ۲۵(۲): ۱۷۵-۱۸۶.

رضایی م.، رضائیان م.، میرهادی س. ا. و مرادی م. ۱۳۸۵. اثر مصرف مخمر بر فراسنجه‌های تخمیر، جمعیت میکروبی شکمبه و عملکرد گوساله‌های پرواری. تحقیقات دامپزشکی، ۶۲(۶): ۴۰۳-۴۰۹.

سبحانی راد س.، و الهی ترشیزی م. ۱۳۹۵. اثر مونسین یا پروتکسین بر فراسنجه‌های تولید گاز یونجه و جو در محیط کشت خالص قارچ‌های شکمبه. پژوهش‌های علوم دامی ایران، ۸(۲): ۲۹۸-۳۰۷.

قاسمی ا.، نیکخواه ع.، و کفیل زاده ف. ۱۳۸۷. اثر مخمر *ساکارومیسس سرویسیه* (اس سی ۴۷) بر روی تجزیه پذیری، تخمیر و جمعیت پروتوزوآی شکمبه گاوهای تغذیه شده با دو منبع علوفه‌ای. علوم کشاورزی ایران، ۳۹(۲): ۳۳۷-۳۴۴.

نقابی ن.، جلیلوند ق.، یوسف الهی م.، و شجاعیان ک. ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف مخمر *ساکارومیسس سرویسزیه* و ملاس بر ارزش غذایی *آتریپلکس لنتی فورمیس* سیلو شده. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱(۳): ۳۱-۵۰.

نوریان سرور م. ا.، و روزبهان ی. ۱۳۹۳. اثر سه نوع برگ اکالیپتوس بر روی تخمیر شکمبه ای، جمعیت پروتوزوآ و تولید متان به روش برون تنی. علوم دامی ایران، ۴۵(۴): ۳۷۴-۳۶۳.

Adsogan A. T. 2009. Using dietary additives to manipulate rumen fermentation and improve nutrient utilization and animal performance. 20th Florida Ruminant Nutrition Symposium, USA.

Bohnert D. W., Harmon D. L., Dawson K. A., Larson B. T., Richards C. J. and Streeter M. N. 2000. Efficacy of laidlomycin propionate in low- protein diets fed to growing beef steers. Effects on steer performance and ruminal nitrogen metabolism. Journal of Animal Science, 37: 173-180.

Benchaar C., Petit H. V., Berthiaume R., Whyte T. D. and Chouinard P. Y. 2006. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. Journal of Dairy Scienc, 89: 4352-4364.

Bergen W. C. and Bates D. E. 1984. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. Journal of Animal Science, 58: 1465-1483.

Besharati M. 2015. Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* supplemented pomegranate seed using *in vitro* gas production technique. Slovak Journal of Animal Science, 48(2): 64-70

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.

Blümmel M. and Ørskov E. R. 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Animal Feed Science and Technology, 40: 109-119.

Broderick G. and Kang J. H. 1980. Automated simultaneous determination of ammoniaand total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Dairy Science, 63: 64-75.

Dawson K. A., Newman K. E. and Boiling J. E. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. Journal of Animal Science, 68: 3392-3398.

Dolezal P., Dolezal J. and Trinacty J. 2005. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation in dairy cows. Czech Journal of Animal Science, 50(11): 503-510.

Duffield T. F., Rabiee A. R. and Lean I. J. 2008. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 1. Metabolic effects. Journal of Dairy Science, 91: 1334-1346.

Elghandour M., Vazquez Chagoyan J. C., Salem A., Kholif A., Martínez Castaneda J., Camacho L. and Cerrillo M. 2014. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* at direct addition or pre-incubation on *in vitro* gas production kinetics and degradability of four fibrous feeds. Italian Journal of Animal Science, 13: 3075-3081.

Ellis J. L., Dijkstra J., Bannink A., Kebreab E., Hook S. E., Archibeque S. and France J. 2012. Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. Journal of Animal Science, 90: 2717-2726.

Elmasry A. M. A., Mendoza G. D., Miranda L. A., Vázquez G., Salem A. Z. M. and Hernández P. A. 2016. Effects of types and doses of yeast on gas production and *in vitro* digestibility of diets containing maize (*Zea mays*) and lucerne (*Medicago sativa*) or oat hay. South African Journal of Animal Science, 46(4): 391-397.

Fonty G. and Chaucheyras-Durand F. 2006. Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. Biologia Bratislava, 6(61): 741-750.

Garcoaa C. C. G., Mendoza M. G. D., Gonzaalez M. S., Cobos P. M., Ortega C. M. E. and Ramirez L. R. 2000. Effect of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and monensin on ruminal fermentation and digestion in sheep. Animal Feed Science and Technology, 83: 165-170.

Getachew G., Makkar H. and Becker K. 2002. Tropical browses: content of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acids and *in vitro* gas production. Journal of Agricultural Science, 139: 341-352.

Grainger C., Auldist M. J., Clarke T., Beauchemin K. A., McGinn S. M., Hannah M. C., Eckard R. J. and Lowes L. B. 2007. Use of monensin controlled-release capsules to reduce methane emissions and improve milkproduction of dairy cows offered pasture supplemented with grain. Journal of Dairy Science, 91: 1159-1165.

Guedes D., Gonçalves M. A., Rodrigues A. and Dias S. 2008. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. Animal Feed Science and Technology, 145(1-4): 27-40.

Hristov A. N., Varga G., Cassidy T., Long M., Heyler K., Karnati S. K., Corl B., Hovde C. J. and Yoon I. 2010. Effect of Saccharomyces cerevisiae fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows. Journal of Dairy Science., 93(2): 682-692.

Hristov A. N., Firkins J. L., Dijkstra J., Kebreab E., Waghorn G., Makkar H. P., Adesogan A. T., Yang W., Lee C., Gerber P. J., Henderson B. and Tricarico J. M. 2013. Special topics: mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. Journal of Animal Science, 91: 5045-5069.

Kazunari U., Akira M. and Ryoji K. 1985. Effect of monensin on ruminal VFAs and gas production of sheep fed high concentrate diet. Japan Journal of Zootechnical Science, 56(10): 822-826.

Lila Z. A. Mohammed N., Yasui T., Kurokawa Y., Kanda S. and Itabashi H. 2004. Effects of a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation *in vitro*. Journal of Animal Science, 82: 1847-1854.

Marrero Y, Ruiz O., Corrales A., Jay O., Galindo J. and Castillo Y. 2014. *In vitro* gas production of fibrous substrates with the inclusion of yeast. Cuban Journal of Agricultural Science, 48(2): 119-123.

Marten G. C. and Barnes R. F. 1980. Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation and fungal enzymes systems. Pp. 61-71. In: Pidgen W. J., Balch C. C. and Graham M. (Ed.). Standardization of Analytical Methodology for Feeds. International Development Research Center, Ottawa, Canada.

Mendoza G. D., Britton R. A. and Stock R. A. 1993. Influence of ruminal protozoa on site and extent of starch digestion and ruminal fermentation. Journal of Animal Science, 71: 1572-1578.

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

Mustafa Ali K., Iben C. and Riedrich Knaus W. 2012. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* on fermentation parameters and nutrient degradability in an *in vitro* study. MSc Thesis. University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Department of Sustainable Agricultural Systems, Institute of Livestock Sciences.

Nisbet D. J. and Martin S. A. 1991. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. Journal of Animal Science, 69: 4628-4633.

NRC (National Research Council). 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants, Sheep, Goats, Cervide and New York Camelids. National Academy of Science, Washington, D.C.

Ørskov E. R. and McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 92: 499-503.

Osorio A. I., German D. M., Alberto M. L., Martínez D., Abel P. and Martínez J. 2017. Effect of calcium propionate and monensin on *in vitro* digestibility and gas production. Revista Brasileira de Zootecnia, 46(4): 348-353.

Piva G. S, Belladonna S., Fusconi G. and Sicbaldi F. 1993. Effects of yeast on dairy cow performance ruminal fermentation, blood components, and milk manufacturing properties. Journal of Dairy Science, 76: 2717-2722.

SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Surber L. M. M. and Bowman J. G. P. 1998. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. Journal of Animal Science, 76: 1945-1954.

Tang S. X., Tayo G. O., Tan Z. L., Sun Z. H., Shen L. X., Zhou C. S., Xiao W. J., Ren G. P., Han X. F. and Shen S. B. 2008. Effects of yeast culture and fibrolytic enzyme supplementation on *in vitro* fermentation characteristics of low-quality cereal straws. Journal of Animal Science, 86: 1164-1172.

Thrunea M., Bach A., Ruiz-Morenoa G., Sterna M. D. and Linn J. G. 2009. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal pH and microbial fermentation in dairy cows: Yeast supplementation on rumen fermentation. Livestock Science, 124(1-3): 261-265.

Vercoe E. P., Makkar H. P. S. and Schlink A. C. 2010. *In vitro* screening of plant resources for extranutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies (Ed.), In: *In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis, New York: Springer, pp. 106-144.

Wingard S. and McLeod K. 2014. Effect of direct-fed micribials and monensin on *in vitro* rumen. Dissertations of Animal and Food Sciences, University of Kentucky, USA.

Wischer G., Boguhn J., Steinga H., Schollenberger M., Hartung K. and Rodehutscord M. 2013. Effect of monensin on *in vitro* fermentation of silages and microbial protein synthesis. Archives of Animal Nutrition, 67(3): 219-234.

Wolin M. J. and Miller T. L. 1988. Microbe interactions in Rumen: Microbial ecosystem. Hobson P. N. (Ed.) Elsevier Science, Essex, UK, P. 343.

Animal Production Research

Vol. 10, No. 2, 2021 (73-85)

University of Guilan

Research paper

Effect of different levels of yeast in comparison with monensin on the ruminal fermentation parameters and protein degradability in high concentrate diets

M. Taghizadeh[1], M. Yousef Elahi[2*], H. R. Mirzaei[3], A. Z. M. Salem[4], A. Azarfar[5], A. Azizi[6]

1. Former Ph.D. Student of Animal Nutrition, Department of Animal Science, University of Zabol, Zabol, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science, University of Zabol, Zabol, Iran
3. Associate Professor, Payam-e Noor University, Mashhad, Iran
4. Professor, Faculty of Veterinary Medicine, Autonomous University of the Mexico State, Mexico
5. Professor, Department of Animal Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran
6. Assistant Professor, Department of Animal Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran

(Received: 05-04-2020 – Accepted: 01-08-2020)

Abstract

This study aimed to investigate the effect of different levels of yeast and monensin in high concentrate diets on the ruminal fermentation parameters by *in vitro* gas production method and protein degradability by *in situ* nylon bag technique. Experimental treatments included control diet (75% concentrate and 25% alfalfa) and supplemented control with three levels of yeast (2.5, 5, and 7.5 g per kg dry matter of diet) and three levels of monensin (15, 30, and 45 mg per kg dry matter of diet). The results showed that the addition of yeast in contrast to monensin resulted in a significant increase in cumulative gas production and the potential of gas production (b) ($P<0.05$). Ammonia nitrogen content was significantly decreased by adding different levels of monensin compared with the control treatment ($P<0.05$). Also, the average of short-chain fatty acids was significantly increased by adding yeast compared with the control treatment and different levels of monensin ($P<0.05$). The rumen degradable protein and its fractional degradation rate were significantly reduced by monensin supplementation ($P<0.05$). Based on the results of this study it can be suggested that the addition of 5 g yeast and 30 mg monensin (per kg DM) in high concentrate diets can improve ruminal fermentability and organic matter digestibility of feed and increase the accessibility of animal to diet energy.

Keywords: Gas production, *Saccharomyces cerevisiae*, Digestibility, Ammonia nitrogen, Ionophore

*Corresponding author: iranmanesh1824@yahoo.com

doi: 10.22124/AR.2021.16154.1516