مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۳۳ شماره ۱/ سال۱۴۰۲/ صفحات ۴۳ تا ۶۲
DOI: 10.22034/AS.2022.43672.1597

بررسی ترکیبات شیمیایی و ارزش غذایی مایع شکمبه خشک شده با روش خشک کردن پاششی به همراه هیدروکلوئیدهای مختلف در شرایط برون تنی

فریبا رضائی سرتشنیزی[1*]، حسین عبدی بنمار[2] و جمال سیف دواتی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/٤/۱۸
[1]دانش آموخته دکترای تغذیه دام دانشگاه محقق اردبیلی
[2] گروه علوم دامی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: Faribarezai38@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: با توجه به تولید مقادیر زیادی مایع شکمبه در کشتارگاه‌ها و آلوده کردن محیط زیست با فرآوری آن می‌توان از آلودگی محیط زیست کاست و تولید یک افزودنی خوراکی را در تغذیه دام فراهم کرد. بنابراین لازمه استفاده بهینه از مایع شکمبه کشتارگاهی خشک شده تعیین ترکیبات شیمیایی و فعال بودن آن از نظر بیولوژیکی است. **هدف**: در این پژوهش ترکیبات شیمیایی و ارزش غذایی مایع شکمبه خشک شده با روش خشک کردن پاششی و هیدروکلوئیدهای مختلف در شرایط برون تنی مطالعه شد. **روش کار**: مایع شکمبه گرفته **شده از** کشتارگاه بعد **از** صاف کردن با چهار هیدروکلوئید مالتودکسترین، کیتوزان، صمغ گوار وآلژینات سدیم با نسبت ۱ درصد (وزنی/حجمی) با روش خشک کردن پاششی خشک شد. بعد از مشخص شدن ترکیبات شیمیایی آن‌ها با نسبت ۱ و ۲ درصد به مدت ۲٤ ساعت روی خوراک‌های یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت انکوبه شدند. ترکیب شیمیایی، تولید گاز و فراسنجه‌های تغذیه‌ای، میزان انرژی قابل متابولیسم، کل اسیدهای چرب فرار، گوارش پذیری ماده آلی آن‌ها برآورد شد. **نتایج** نشان داد بین مایع شکمبه خشک شده با هیدروکلوئیدهای مختلف و بدون هیدروکلوئید از نظر ترکیبات شیمیایی تفاوت آماری معنی‌دار مشاهده شد ($P<0/05$). میزان گاز تولیدی حاصل از انکوباسیون علف خشک یونجه با مایع شکمبه فرآوری شده در تمام زمان‌ها به جز ساعت ۲٤ و ٤۸ پس از انکوباسیون معنی دار بود ($P<0/05$). همچنین علف یونجه فرآوری شده با نمونه‌های مایع شکمبه خشک شده از نظر فراسنجه‌های تولید گاز باهم تفاوت معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). در مورد کاه گندم و سیلاژ ذرت، میزان گاز تولیدی به جز ساعت ٦ و ۱۲ در تمام زمان‌ها معنی‌دار بودند ($P<0/05$). بیشترین مقدار ماده آلی قابل هضم (DOM)، انرژی قابل متابولیسم (ME) و انرژی ویژه شیردهی (NE_L) مربوط به کاه گندم فرآوری شده با مایع شکمبه تازه بود. فراسنجه‌های تغذیه‌ای، میزان انرژی قابل متابولیسم، کل اسیدهای چرب فرار، گوارش پذیری ماده آلی در سیلاژ ذرت نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر مایع شکمبه خشک شده با هیدروکلوئیدهای مختلف قرار گرفتند ($P<0/05$). **نتیجه‌گیری کلی**: باتوجه به نتایج مشاهده شده مایع شکمبه خشک شده با روش خشک کردن پاششی با هیدروکلوئیدهای مختلف از نظر بیولوژیکی فعال است و برای انتخاب بهترین تیمار نیاز به تحقیقات بیشتری است.

واژگان کلیدی: مایع شکمبه کشتارگاهی، خشک کردن، روش خشک کردن پاششی، هیدروکلوئید، تولید گاز، مالتودکسترین

مقدمه

کمبود جهانی خوراک دام موجب افزایش سهم هزینه تغذیه دام گردیده و درآمد ناشی از تولید فرآورده‌های دامی را تحت تأثیر قرار داده است. به منظور جبران این کمبود، بهره‌برداری و استفاده بهینه از پسماندها و تولیدات جانبی کشاورزی به عنوان خوراک و افزودنی‌های خوراکی در تغذیه نشخوارکنندگان برای بهبود تولیدات دامی اجتناب ناپذیر است (نگسی و همکاران ۲۰۰۷). در کشتارگاه‌ها، فرآورده‌های جانبی متعددی نظیر خون، پوست، روده، چربی و ... وجود دارند که همگی در صنایع مختلف کاربرد دارند، اما در حال حاضر تنها فرآورده جانبی در کشتارگاه که با وجود مواد مغذی بسیار، مشکل آفرین شده، محتویات شکمبه دام‌های کشتاری است. روزانه مقادیر زیادی محتویات شکمبه به عنوان محصولات جانبی در کشتارگاه‌ها تولید می‌شوند (سد و همکاران ۲۰۱۵). این محتویات در شکمبه که اولین قسمت معده نشخوارکنندگان است و حدود ۸۰ درصد ظرفیت معده نشخوارکنندگان بالغ را تشکیل می‌دهد، تولید می‌شوند (ابوحیف و همکاران ۱۹۹۹). تقریباً ۵/۳-۲/۷ کیلوگرم (بر اساس ماده خشک) از محتویات شکمبه‌ای از گاو در طول کشتار بدست می‌آید (ریوس رینکون و همکاران ۲۰۱۰). مقدار محتویات شکمبه با نوع حیوان نشخوارکننده، وزن بدن و مقدار متوسط آن که ۱۰ کیلوگرم در هر حیوان برای نشخوارکنندگان کوچک و ٤٠ کیلوگرم برای نشخوارکنندگان بزرگ متفاوت است (افاضلی و همکاران ۲۰۱٤؛ ابدیشاهیان و همکاران ۲۰۱٦). در هر مترمکعب از محتویات شکمبه ۰/٦-۰/٥ مترمکعب فاز مایع وجود دارد. از طرف دیگر شامل سطوح بالایی از آمونیاک و فسفر است که وقتی در کشتارگاه‌ها دفع شود، باعث آلودگی محیطی می‌شود. از این‌رو یافتن استفاده‌های مداوم از مایع شکمبه مهم است (تریت و اسچوچاردت ۱۹۹۲). مزایایی بازیافت این ضایعات اول کاهش آلودگی محیط زیست است و دوم تولید یک منبع خوراک برای نشخوارکنندگان است (موندال و همکاران ۲۰۱۳).

یو و همکاران (۲۰۱۳) پیشنهاد دادند که مایع شکمبه می‌تواند به عنوان یک منبع آنزیم‌ها بکار رود و شامل آنزیم‌های میکروبی شامل زایلاناز، گالاکتوزیداز، سلولاز، همی سلولاز و آلفا آمیلاز که کربوهیدرات‌های پیچیده را می‌شکند. همچنین مایع شکمبه شامل میکروارگانیسم‌های مختلفی مانند باکتری‌ها، پروتوزوا و قارچ‌ها است و یک منبع متابولیت‌های میکروبی مانند پروتئین میکروبی، آنزیم‌ها، اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب فرار، ویتامین‌ها و مواد معدنی دارد.

مایع شکمبه یک جمعیت گوناگون زیادی از باکتری و میکروارگانیسم‌های دیگر را دارد. باکتری شکمبه‌ای یک پوشش ضخیم پلی‌ساکارید باکتریایی (BPS) دارد، بنابراین این مایع شامل صدها مولکول پلی‌ساکارید باکتریایی است فعالیت مایع شکمبه‌ای به نظر نمی‌رسد به مقدار زیادی به جیره وابسته باشد. پلی‌ساکاریدهای باکتریایی آنتی‌ژن‌های قوی هستند و حتی بعد از اتوکلاو کردن فعال باقی می‌مانند. در واقع پلی‌ساکاریدهای باکتریایی یک عامل فعال در مایع شکمبه‌ای هستند. پلی‌ساکاریدهای باکتریایی فقط تحریک کننده تولید آنتی‌بادی نیستند، همچنین می‌توانند به عنوان همراه برای افزایش توانایی آنتی‌ژن‌های دیگر، القا کننده ماکروفاژها برای آزادسازی سیتوکین‌ها باشند، تأثیر این مواد در سیستم ایمنی نشخوار کنندگان به مقدار زیادی نادیده گرفته شده است (موسکاتو و همکاران ۲۰۰۲).

رطوبت بالای مایع که از کشتارگاه جمع آوری می‌شوند یکی از مشکلاتی است که نیاز به راه حل مناسب دارد (ابوحیف و همکاران ۱۹۹۹). برای خشک کردن ترکیبات فعال از نظر زیستی روش خشک کردن پاششی اخیراً به کار رفته است (آلو و همکاران ۲۰۰۷). این روش یک روش ساده، سریع و یک تکنیک اقتصادی برای به‌دست آوردن پودر از یک محلول یا یک سوسپانسیون مایع (مثل یک سوسپانسیون آنزیمی) است (باجسیک و

کرانجسیویک ۲۰۰۱). این روش به طور گسترده‌ای در صنایع داروسازی و صنایع مربوط به شیر برای خشک کردن شیر، آب پنیر، آنتی‌بیوتیک‌ها، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها بکار می‌رود (دیووس و همکاران ۲۰۱۰). مزیت اصلی این روش این است که موادی که به صورت محلول سوسپانسیون یا امولسیون هستند در یک فرآیند یک مرحله‌ای بوسیله تبخیر رطوبت به پودر تبدیل می‌شوند (نمالدی و همکاران ۲۰۰۶) و به علت زمان کوتاه خشک کردن و درجه حرارت نسبتاً کوتاه، روش خشک کردن پاششی به طور موفقیت آمیزی برای مواد حساس به حرارت استفاده شده است (نمالدی و همکاران ۲۰۰۶). به علاوه خشک کردن پاششی مایع را به شکل جامد تغییر می‌دهد و باعث حمل و نقل، ذخیره، بررسی آسان و مخلوط کردن و توزیع یکسان در فرمولاسیون غذایی در مقادیر کم می‌شوند (تان و همکاران ۲۰۰۵). چون در زمان خشک کردن به روش خشک کردن پاششی مواد به مدت چند ثانیه در معرض درجه حرارت زیاد قرار می‌گیرند بعضی از هیدروکلوئیدها به عنوان مواد پایدار کننده برای محافظت مولکول‌های فعال از گرما بکار می‌روند. این مواد شامل کربوهیدرات‌ها (مثل نشاسته، مالتودکسترین و دکستروزها)، صمغ‌ها (صمغ عربی، صمغ آکاسیا، آلژینات‌ها و کارگینال‌ها)، پروتئین‌ها (پروتئین‌های شیر، آب پنبر و ژلاتین) (اقباشلو و همکاران ۲۰۱۲)، کیتوزان (گوئین ۲۰۰۴) هستند. این مواد پایداری را در طول فرآیند ساخت و ذخیره بهبود می‌دهند و همچنین استرس و دناتوره شدن پروتئین را در زمان خشک کردن با روش خشک کردن کاهش می‌دهند (مایوری و همکاران ۲۰۰۵). بنابراین هدف از افزودن هیدروکلوئیدها محافظت مایع شکمبه در طی روش خشک کردن پاششی از دمای زیاد است. تاکنون مطالعه‌ای در مورد خشک کردن مایع شکمبه با روش خشک کردن پاششی با هیدروکلوئیدهای مختلف صورت نگرفته است. این تحقیق به منظور این‌که این ترکیبات بعد از خشک شدن به روش خشک کردن پاششی از نظر بیولوژیکی فعال هستند، و همچنین مایع شکمبه قابلیت تبدیل به یک منبع آنزیمی را دارد، صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

ابتدا مایع شکمبه از کشتارگاه اردبیل گرفته شد و داخل یک فلاسک آب ولرم به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس، مایع شکمبه حاوی مواد هضمی به وسیله یک مخلوط کن به مدت ۲ دقیقه ضمن تزریق گاز دی اکسید کربن مخلوط گردید و با استفاده از یک پارچه توری و یک پارچه کتانی ٤ لایه صاف گردید. بعد از صاف کردن با استفاده از ٤ هیدروکلوئید شامل آلژینات سدیم (سیگما-آلدریچ، CAS Number: 9005-38-3)، صمغ گوار (سیگما آلدریچ CAS Number: 9003-30-0)، کیتوزان (سیگما آلدریچ، CAS Number:9012-76-4) و مالتودکسترین (سیگما آلدریچ، CAS N umber: 90-50-36) در نسبت ۱ درصد (وزنی/حجمی) به همراه مایع شکمبه بدون هیدروکلوئید با استفاده از روش خشک کردن پاششی یا دستگاه خشک کن پاششی مقیاس آزمایشگاهی (Armfield Mini Spray Dryer, England) با دو نازل با قطر داخلی ۰/۵ میلی لیتر خشک شدند. این سیستم در یک جریان مشترک کار می‌کند. دمای هوای ورودی و خروجی به ترتیب ۱۲۰ درجه سانتیگراد و ۵۰ درجه سانتیگراد برای خشک کردن این مایع بود. تغییر سرعت خوراک در ۲٤۰-٦٤۰ میلی لیتر در ساعت برای رسیدن به دمای خروجی ثابت لازم بود. سرعت جریان پاشش ۵۰۰ لیتر در ساعت بود و میزان اسپری کردن ۷۰ درصد بود. بنابراین پودرهای تولید شده در این مرحله شامل ۱) مایع شکمبه خشک شده به روش خشک کردن پاششی با ۱ درصد مالتودکسترین (RM1)، ۲) مایع شکمبه خشک شده به روش خشک کردن پاششی با ۱ درصد کیتوزان (RC1)، ۳) مایع شکمبه خشک شده به روش خشک کردن پاششی با ۱ درصد صمغ گوار (RG1)، ٤) مایع شکمبه خشک شده به روش خشک کردن پاششی با ۱ درصد آلژینات سدیم (RA1) و ۵)مایع شکمبه خشک شده به روش

خشک کردن پاششی بدون هیدروکلوئیدها (RN). نمونه‌ها در کیسه‌های پلی استر دو لایه ذخیره شده و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شدند. پودرهای تولید شده برای درصد ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری، خاکستر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و کربوهیدرات‌های غیر فیبری بر طبق روش AOAC آنالیز شدند.

در این آزمایش، برای بررسی فعال بودن مایع شکمبه از نظر بیولوژیکی و همچنین بررسی قابلیت مایع شکمبه کشتارگاهی برای تولید یک منبع آنزیمی از سه خوراک یونجه، سیلاژ ذرت و کاه گندم استفاده شد. کاه گندم و علف یونجه در ٦٠ درجه سانتی گراد برای ٢٤ ساعت و سیلاژ ذرت در دمای ٦٠ درجه سانتی گراد برای ٤٨ ساعت در آون خشک شدند. علوفه‌ها برای درصد ماده خشک، کل، پروتئین خام، عصاره اتری بر طبق روش AOAC آنالیز شدند.

برای تعیین تولید گاز و فراسنجه‌های تغذیه‌ای، ۱ و ۲ گرم از هرکدام پودرهای تولید شده در ۱۰۰ میلی لیتربافر فسفات ۰/۱ مولار با pH ٦/٨ حل شد و بر روی خوراک‌های مورد نظر اسپری شد (۱۰ میلی لیتر به ازای ۵ گرم خوراک) و به مدت ٢٤ در دمای ۳۹ درجه سانتی گراد انکوبه شدند. این پیش فرآوری مواد با آنزیم‌ها به خاطر مطالعات قبلی انتخاب شده است (گرالدو و همکاران ۲۰۰۸ ; وانگ و همکاران ۲۰۰۱) و نشان داده که یک اثر متقابل آنزیم–خوراک قبل از انکوبه کردن با مایع شکمبه‌ای می‌تواند اثرات سودمند آنزیم‌ها یا تخمیر شکمبه‌ای را افزایش دهد. یک نمونه مایع شکمبه تازه و بافر فسفات به عنوان گروه شاهد منفی و مثبت به ترتیب استفاده شدند. بنابراین تیمارها برای علف یونجه شامل علف یونجه فرآوری شده با محلول ۱ درصد مالتودکسترین (1%RMA)، محلول ۲ درصد مالتودکسترین (2%RMA)، محلول ۱ درصد کیتوزان (1%RCA)، محلول ۲ درصد کیتوزان (2%RCA)، محلول ۱ درصد صمغ گوار (1%RGA)، محلول ۲ درصد صمغ گوار (2%RGA)، محلول ۱ درصد آلژینات سدیم (1%RAA)، محلول ۲ درصد آلژینات سدیم (2%RAA)، محلول ۱ درصد مایع شکمبه بدون هیدروکلوئید (1%RNA)، محلول ۲ درصد مایع شکمبه بدون هیدروکلوئید (1%RNA)، مایع شکمبه تازه (FRF) و بافر فسفات (BSPA). برای کاه گندم شامل کاه گندم فرآوری شده محلول ۱ درصد مالتودکسترین (1%RMW)، محلول ۲ درصد مالتودکسترین(2%RMW)، محلول ۱ درصد کیتوزان (1%RCW)، محلول ۲ درصد کیتوزان (2%RCW)، محلول ۱ درصد صمغ گوار (1%RGW)، محلول ۲ درصد صمغ گوار (2%RGW)، محلول ۱ درصد آلژینات سدیم (1%RAW)، محلول ۲ درصد آلژینات سدیم (2%RAW)، محلول ۱ درصد بدون هیدروکلوئید (1%RNW)، محلول ۲ درصد بدون هیدروکلوئید (2%RNW)، مایع شکمبه تازه (FRF)، بافر فسفات (BPSW). برای سیلاژ ذرت شامل سیلاژ ذرت فرآوری شده با محلول ۱ درصد مالتودکسترین (1%RM)، محلول ۲ درصد مالتودکسترین (2%RM)، محلول ۱ درصد کیتوزان (1%RC)، محلول ۲ درصد کیتوزان (2%RC)، محلول ۱ درصد صمغ گوار (2%RC)، محلول ۲ درصد صمغ گوار (2%RG)، محلول ۱ درصد آلژینات سدیم (1%RA)، محلول ۲ درصد آلژینات سدیم (2%RA)، محلول ۱درصد بدون هیدروکلوئید (1%RN)، محلول ۲ درصد بدون هیدروکلوئید (2%RN)، مایع شکمبه تازه (FRF) و بافر فسفات (BPS).

تعیین فراسنجه‌های تخمیری به روش تولید گاز

برای اندازه‌گیری میزان گاز تولیدی از روش منک و همکاران (۱۹۷۹) استفاده شد. بعد از آسیاب با غربال ۱ میلی‌متری، مقدار ۵±۲۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه در داخل سرنگ‌های شیشه‌ای مدرج مخصوص با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر قرار داده شد. برای هر نمونه ماده خوراکی ۳ تکرار (سرنگ) و دو اجرا در نظر گرفته شد. مایع شکمبه صاف شده با محیط کشت تهیه شده مطابق روش منک و همکاران (۱۹۷۹) و روش تصحیح شده منک و

استینگاس(۱۹۸۸) به نسبت‌های ۱ (مایع شکمبه) به ۲ (محیط کشت) مخلوط شد. در حالی که جریان گاز کربنیک به داخل مخلوط ادامه داشت. با استفاده از پیپت مخصوص مقدار ۳۰ گرم از مخلوط مایع شکمبه و محیط کشت در داخل هر سرنگ حاوی نمونه ریخته شد و سپس سرنگ‌ها در دستگاه انکوباتور (۳۹ درجه سلسیوس) که با سرعت یک دور در دقیقه برای مخلوط کردن مدوام محتویات سرنگ‌ها می‌چرخید، قرار داده شد. برای حذف خطای ناشی از گاز تولیدی در اثر عمل میکروارگانیسم‌ها روی مواد خوراکی موجود در مایع شکمبه از نمونه‌های شاهد (بدون اضافه کردن ماده خوراکی و حاوی ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی) استفاده شد. برای هر ۳ تکرار یک عدد سرنگ شاهد (بلانک) قرار داده شد و گاز تولیدی سرنگ‌های اصلی حاوی نمونه خوراکی تصحیح گردید. در زمان‌های ۳، ٦، ۱۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲ و ۹٦ ساعت پس از قرار دان سرنگ‌ها در انکوباتور، موقعیت پیستون و میزان گاز تولیدی قرائت و ثبت گردید. حجم گاز تولیدی بر اساس وزن نمونه خوراک در هر زمان با استفاده از رابطه‌ی شماره (۱) به صورت تصحیح گردید:

رابطه(۱)

$$V=(200\times(V_t-V_b))/W$$

که در این رابطه، V حجم گاز تصحیح شده (میلی‌لیتر) به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه خوراک، V_t حجم گاز تولیدی در سرنگ‌های حاوی نمونه خوراک (میلی‌لیتر)، V_b حجم گاز تولیدی در سرنگ‌های فاقد نمونه خوراک (میلی‌لیتر)، W وزن ماده خشک نمونه خوراک (میلی‌گرم) می‌باشد. برای تعیین فراسنجه‌های تخمیر یا تولید گاز نمونه‌ها از معادله با رابطه شماره (۹) ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) استفاده شد:

رابطه (۲) $$P=a+b(1-e^{-c(t-Lt)})$$

که در آن P تجزیه‌پذیری (گاز تولیدی در زمان t)، a میزان تولید گاز بخش محلول (میلی‌لیتر)، b بخش نامحلول ولی قابل تخمیر (میلی‌لیتر)، C نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت) و t زمان انکوباسیون (ساعت) است ماده آلی قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم طبق رابطه ۳ و ٤ منک و استینگانس (۱۹۸۸) و پایا و همکاران (۲۰۰۷)، مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر طبق رابطه ٥ گتاچیو و همکاران (۲۰۰٥)، انرژی ویژه شیردهی و کل اسیدهای چرب فرار از روابط زیر برآورد شدند.

رابطه (۳)

$$DOM\ (\%DM) =14.88+0.889GP+0.45CP+0.651A$$

رابطه (٤)

$$ME\ (MJ/kg\ DM) =2.20+0.136GP+0.057CP$$

رابطه (٥)

$$SCFA=۰/۰۲۲۲۰Gas_{24}-۰/۰۰٤۲٥$$

رابطه (٦)

$$NE_L(MJ/Kg\ DM)=0/101GP+0.051CP+0.112EE$$

رابطه (۷)

$$TVFA=1.84+0.56GAS+0.016CP+0.05NDF$$

رابطه (۸)

$$MP(g/kg\ DOM)=(19.3*DOM)*6.25$$

که در این روابط DOM ماده آلی قابل هضم (بر اساس درصد)، ME برابر با انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم)، SCFA برابر اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بر اساس میلی مول، NEL انرژی ویژه شیردهی (مگاژول در کیلوگرم)،TVFA کل اسیدهای چرب فرار بر اساس درصد و پرو تئین میکروبی بر اساس گرم در کیلوگرم ماده آلی قابل هضم است. CP برابر پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، OM برابر ماده آلی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، Ash برابر با خاکستر (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، EE برابر چربی خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) و Gas_{24} برابر تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک در ۲٤ ساعت تخمیر پایه) (منک و استینگانس ۱۹۸۸).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از روش تولید گاز در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش اندازه‌گیری تکرار شده در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS با رویه Mixed تجزیه و تحلیل شدند (SAS ۲۰۰۳). مدل مورد استفاده در این رویه یک مدل مختلط شامل اثر تیمار (ماده خوراکی)، اثر زمان انکوباسیون و اثر متقابل بین تیمار و زمان به عنوان اثرات ثابت و اثر تکرار درون هر تیمار به عنوان اثر تصادفی بود. مدل‌های آماری به صورت رابطه‌های شماره (۸ و ۹) زیر بود:

رابطه (۸)

$$Y_{ijk}=\mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{k(i)} + e_{ijk}$$

رابطه (۹)

$$Yi = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

که در آن μ میانگین، αi اثر تیمار iام، βj اثر زمان jام، $\alpha\beta ij$اثر متقابل تیمار و زمان، خطای تصادفی حاصل از تکرار در داخل تیمار، $e_{k(i)}$ و e_{ij} خطای باقیمانده است.

نتایج و بحث

در جدول ۱ ترکیبات شیمیایی مایع شکمبه خشک شده با روش خشک کردن پاششی با ۱ درصد هیدروکلوئیدهای مختلف و مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید نشان داده شده است. بین مایع شکمبه خشک شده با هیدروکلوئیدهای مختلف و بدون هیدروکلوئید تفاوت آماری معنی‌دار مشاهده شد (P<۰/۰۵). مایع شکمبه خشک شده با هیدروکلوئید کیتوزان، صمغ گوار، آلژینات سدیم و مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید از نظر درصد ماده خشک تفاوت آماری معنی‌دار وجود نداشت. کمترین درصد ماده خشک مربوط به مایع شکمبه خشک شده با یک درصد مالتودکسترین است (P<۰/۰۵). از نظر درصد پروتئین خام تفاوت آماری معنی‌دار بین تیمارها وجود دارد (P<۰/۰۵) .بیشترین درصد پروتئین خام مربوط به مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید و کمترین مقدار آن مربوط به مایع شکمبه خشک شده با یک درصد صمغ گوار است. بیشترین درصد چربی خام مربوط به مایع شکمبه خشک شده با یک درصد مالتودکسترین بود وکمترین درصد آن مربوط به مایع شکمبه خشک شده با یک درصد آلژینات سدیم بود. مایع شکمبه خشک شده با یک درصد مالتودکسترین بیشترین درصد خاکستر (P<۰/۰۵) و کمترین مقدار آن مربوط مایع شکمبه خشک شده با یک آلژینات سدیم بود و بین مایع شکمبه خشک شده با آلژینات سدیم و کیتوزان تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت.

تاکنون گزارشی در مورد تعیین ترکیبات شیمیایی مایع شکمبه خشک شده با هیدروکلوئیدهای مختلف و روش خشک کردن پاششی وجود ندارد. دانباره و همکاران (۲۰۱۷) درصد رطوبت، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر مواد هضمی خشک شده از گوسفندان کشتار شده را به ترتیب ۵/۸۳، ۱۵/۵۲، ۵/۱۷ و ۱۱ درصد گزارش نمودند. همچنین در گزارش دیگری محتویات شکمبه گاوی خشک شده در آفتاب دارای ۸۵/۳۶ درصد ماده خشک، ٦/٨٦ درصد پروتئین خام، ۱/۲۲ درصد چربی خام و ۲۱/٥٤ درصد خاکستر بودند (گبرهاواریات و همکاران، ۲۰۱٦) که از مقادیر گزارش شده توسط آگبابیاکا و همکاران (۲۰۱۱) و کولت و همکاران (۲۰۱۳) کمتر بودند که این ممکن است به دلیل تنوع پوشش گیاهی و انتخاب مرتع توسط نشخوارکنندگان مختلف در مکان‌های مختلف باشد. این تنوع همچنین می‌تواند به دلیل ترکیبات شیمیایی مرتع و گونه‌های حیوانات مختلف باشد. در این تحقیق هیدروکلوئید مالتودکسترین در مقایسه با هیدروکلوئیدهای دیگر در طول روش خشک کردن پاششی درصد چربی و درصد خاکستر مایع شکمبه را بیشتر حفظ کرده است. روش خشک کردن پاششی یک روش ساده، سریع و ارزان در خشک کردن این مایع است. در این روش چون به مدت چند ثانیه مایع شکمبه در معرض درجه حرارت زیاد قرار می‌گیرد، ممکن است ساختار سه بعدی پروتئین را مشابه دناتوره شدن تغییر دهد (آلو و همکاران ۲۰۰۷). همچنین نیروهای برشی که در نازل دستگاه به وجود می‌آیند، باعث

دناتوره شدن پروتئین‌ها می‌شوند (قرصلاویی و همکاران ۲۰۰۷). بنابراین هدف ما ازافزودن هیدروکلوئیدها به مایع شکمبه در حین خشک کردن اثرات محافظتی آن‌ها در رابطه با دناتوره شدن از گرما گزارش شده است (آلو و همکاران ۲۰۰۷) و تغییر در ساختار سه بعدی پروتئین در حضور ترکیباتی مانند پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها یا نمک‌ها کاهش می‌یابد (شوله و همکاران ۲۰۰۸). بنابراین این مواد، پوشش دهنده ترکیبات حساس به حرارت هستند. پلی ساکاریدهایی مانند مالتودکسترین به خاطر پایداری، فراوانی در طبیعت و قیمت پایین آنها یک انتخاب عالی برای پایدار کننده‌ها و مواد حامل هستند (فتحی و همکاران ۲۰۱٤). آلو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که مالتودکسترین بهترین پایدارکننده است.

Table 1- Approximate analysis of ruminal liquid dried with the spray drying method with various hydrocolloids (%DM)

Treatments[1]	DM[2]	CP[3]	EE[4]	Ash
RM1	79.52[b]	19.89[b]	3.68[a]	34.05[a]
RC1	84.31[a]	19.33[c]	3.33[b]	30.25[d]
RG1	84.20[a]	17.53[e]	2.46[d]	33.25[b]
RA1	84.03[a]	19.10[d]	2.00[e]	30.20[d]
RN	84.44[a]	24.17[a]	2.91[c]	32.40[b]
SE	0.20	0.06	0.06	0.11
P-Value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

1. Treatments included RM1: Spray dried rumen fluid with 1% Mitodextrin, RC1: Spray dried rumen fluid with 1% Chtosan, RG1: Spray dried rumen fluid with 1% Guar gum, RA1: Spray dried rumen fluid with 1%Sodium alginate and RN : Spray dried rumen fluid without hydrocolloids
2. Dry Matter, 3. Crude Protein, 4. Etrer Extract,

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد میزان گاز تولیدی حاصل از انکوباسیون علف خشک یونجه با مایع شکمبه فرآوری شده در زمان‌های مختلف نشان داده شده است که میانگین الگوی تخمیر و الگوی گاز تولیدی با افزودن مایع شکمبه خشک شده با روش خشک کردن پاششی به همراه نسبت‌های مختلف هیدروگلوئید متفاوت بوده است. در تمام زمان‌ها به جز ساعت ۲٤ و ٤۸ پس از انکوباسیون میزان گاز تولیدی اختلاف آماری معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). مقایسه الگوی گاز تولید شده (میلی لیتر) به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که اگرچه میزان گاز تولیدی در ۲٤ پس از انکوباسیون در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست ولی دیگر تیمارها نیز در این ساعت به اندازه مایع شکمبه تازه گاز تولید کردند. در بین تمام تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش بالاترین میزان گاز تولیدی در ۹٦ ساعت مربوط به علف یونجه فرآوری شده با مایع شکمبه تازه بود که با علف یونجه فرآوری شده با مالتودکسترین ۱ درصد و ۲ درصد، آلژینات سدیم ۱ و ۲ درصد، و ۲ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید تفاوت آماری معنی‌دار نداشت. کمترین میزان تولید گاز در ۹٦ ساعت مربوط به علف یونجه انکوبه شده با محلول ۲ درصد صمغ گوار بود.

علف یونجه فرآوری شده با نمونه‌های مایع شکمبه خشک شده از نظر فراسنجه‌های تولید گاز باهم تفاوت معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵). گاز تولیدی ناشی از بخش قابل تخمیر سریع (a) در علف یونجه فرآوری شده با محلول ۲ درصد آلژینات سدیم بیشترین (۷/۳) و در محلول ۲ درصد صمغ گوار کمترین (۰/۱) بود. محلول ۲ درصد آلژینات سدیم، محلول ۲ درصد مالتودکسترین، محلول ۱ درصد آلژینات سدیم و محلول ۱ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئیدها نسبت به بافر فسفات و مایع شکمبه تازه ضریب a بیشتری داشتند. ضریب b در علف یونجه فرآوری شده با محلول ۲ درصد صمغ گوار بیشترین (۵۱/۲) و در کیتوزان ۱ درصد کمترین (٤۵) کمترین بود. علف یونجه فرآوری شده با

محلول ۲ درصد صمغ گوار و محلول ۲ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید نسبت به علف یونجه فرآوری شده با مایع شکمبه تازه ضریب b بیشتری داشتند و به جزء محلول ۲ درصد کیتوزان و محلول ۲ درصد مالتودکسترین همه هیدروکلوئیدها قسمت b بیشتری نسبت به علف یونجه فرآوری شده با بافر فسفات داشتند. پتاسیل تولید گاز a+b (نرخ تجزیه پذیری سریع و نرخ تجزیه پذیری کند) در علف یونجه فرآوری شده با محلول ۲ درصد آلژینات سدیم بیشترین (۵۵/۱) و در محلول ۲ درصد کیتوزان (۵۰/۰) کمترین بود. فقط محلول ۲ درصد آلژینات سدیم نسبت به مایع شکمبه تازه تولید گاز بیشتری داشته است. به جزء محلول ۲ درصد کیتوزان بقیه نمونه‌های مایع شکمبه خشک شده پتانسیل تولید گاز (a+b) بیشتری نسبت به علف یونجه فرآوری شده با بافر فسفات داشتند. نرخ ثابت تولید گاز (c) در علف یونجه فرآوری شده با محلول ۲ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید و محلول ۲ درصد صمغ گوار بیشترین (۰/۸) و در محلول ۲ درصد آلژینات سدیم کمترین (۰/۵) بوده است. فقط محلول ۲ درصد مالتودکسترین، محلول ۲ درصد کیتوزان، محلول ۱ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدوکلوئید و محلول ۲ درصد آلژینات سدیم نرخ ثابت تولید گاز (c) کمتری نسبت به مایع شکمبه تازه و بافر فسفات داشتند. تیمارها از نظر فاز تأخیر باهم تفاوت معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵).

نمونه‌های خشک شده مایع شکمبه از نظر فراسنجه‌های تغذیه‌ای شامل قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، انرژی ویژه شیردهی، کل اسیدهای چرب فرار و پروتئین میکروبی باهم تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵).

علوفه‌ها به دلیل داشتن ارتباط مستقیم با سلامتی حیوان و حفظ شرایط بهینه شکمبه و همچنین کاهش هزینه‌های تغذیه‌ای هنوز بخش مهمی از جیره‌های امروزی را تشکیل می‌دهند (شپرد و همکاران ۲۰۰۷). در نشخوارکنندگان بخش‌های از دیواره سلولی به‌وسیله آنزیم‌های سلولاز و زایلاناز ترشح شده از باکتری‌ها و پروتوزآی شکمبه هضم می‌شوند، اما این فرآیند هضم در نشخوارکنندگان جوان ناقص است (شپرد و همکاران ۲۰۰۷). دیواره سلول‌های گیاهی ۷۰ درصد ساختار گیاه را به خود اختصاص می‌دهند. درحالی‌که کمتر از نیمی از الیاف نامحلول در شوینده خنثی

می‌تواند به سهولت هضم شده و مورد استفاده حیوان قرار گیرد. بوچمین و رود (۱۹۹۷) اثرات مثبت و منفی آنزیم‌ها در نشخوارکنندگان را در آزمایشاتی که از دهه ۱۹۶۰به بعد انجام شده‌اند، گزارش نموده‌اند. در این مطالعه یک دوره پیش انکوباسیون ۲٤ ساعته علوفه‌ها با نمونه‌های خشک شده قبل از آزمایش انجام شد چرا که اثر متقابل بین آنزیم و خوراک قبل تماس با محیط شکمبه‌ای برای افزایش هضم خوراک نیاز است. این هیدرولیز قبل شکمبه‌ای اگرچه کوتاه است ممکن است یک نقش مهم در کلونیزاسیون میکروبی بعدی داشته باشد (وانگ و همکاران ۲۰۰۱) و باعث ایجاد کمپلکس پایدار آنزیم –خوراک شود (وانگ و همکاران ۲۰۱۲). همچنین قندهای احیا کننده آزاد شده در طول پیش فرآوری خوراک‌ها با آنزیم به عنوان یک روش ممکن فعالیت آنزیم‌های فیبرولیتیک است (نسریکو و همکاران ۲۰۰۰; بوچمن و همکاران ۲۰۰۳)، قندهای احیاکننده محصولات آزاد شده از هیدرولیز می‌توانند اتصال میکروارگانیسم‌های شکمبه‌ای به ذرات خوراک افزایش دهند (چنگ و مک آلیستر ۱۹۹۷) و کربوهیدرات‌های محلول آزاد شده باعث حلالیت جزیی الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شده و در علوفه‌های خشک باعث افزایش قابلیت هضم فیبر و ماده خشک می‌شود (والاس و همکاران ۲۰۰۱). ۲٤ ساعت پیش فرآوری با آنزیم‌ها ساختار فیبر را تغییر داد، مقدارالیاف نامحلول در شوینده اسیدی سوبسترا را کاهش داد و تجزیه پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی را افزایش داد (کلمباتو وهمکاران ۲۰۰۳).

محققین گزارش کردند افزودن آنزیم فیبرولیتیک اگزوژنوس به علوفه خشک جیره گوسفندان سبب افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک و تولید گاز شد (لی و همکاران ۲۰۱۳ و گیلاردو و همکاران ۲۰۰۸). فرامرزی گرمرودی و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که افزودن آنزیم اگزوژنوس به جیره غذایی گاوهای نر اخته سبب افزایش قابلیت هضم ماده خشک و در نتیجه افزایش پتانسیل تولید گاز شد. مصرف آنزیم‌های فیبرولیتیک، باعث افزایش ظرفیت تجزیه‌کنندگی شکمبه می‌شود که این می‌تواند به‌دلیل افزایش اتصال میکروب‌های شکمبه به ذرات غذایی (وانگ و همکاران ۲۰۰۱)، تحریک جمعیت میکروبی شکمبه و اثر همکوشی با میکروب‌های تجزیه کننده فیبر در شکمبه باشد (بوچمن و همکاران ۲۰۰۳).

چیردونگ و همکاران (۲۰۱۳) مواد هضمی شکمبه‌ای خشک شده را در سطوح صفر، ٤،۸،۱۲،۱٦و ۲۰ میلی گرم با ۰/۵گرم از نسبت ۷۰ به ۳۰ علوفه و کنسانتره مخلوط کردند و تولید گاز را تا ۹٦ ساعت اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که قسمت a و قسمت نامحلول(b)، پتانسیل مقدار تولید گاز (a+b) بین تیمارها از نظر آماری متفاوت نبود. نرخ تولید گاز (c) و تولید گاز تجمعی (۹٦ ساعت انکوباسیون) بین تیمارها متفاوت بود و بیشترین مقدار با افزودن ۸ میلی گرم مواد هضمی شکمبه‌ای خشک شده به دست آمد. مکمل کردن مواد هضمی شکمبه‌ای خشک شده در جیره‌های کنسانتره به طور کلی نسبت به گروه شاهد بهتر بود. این افزایش کینتیک تولید گاز می‌تواند به علت مواد مغذی بیشتر مثل پروتئین خام، کربوهیدرات‌ها و میکروارگانیسم‌ها باشد(آگبابیاکا و همکاران ۲۰۱۱).

هدف از افزودن مایع شکمبه خشک شده با روش خشک کردن پاششی به همراه هیدروکلوئیدهای مختلف بر روی علف یونجه و بررسی فرآیند تولید گاز آن فعال بودن آن از نظر بیولوژیکی و تولید یک منبع آنزیمی است که نتایج نشان داد که برخی از تیمارها با وجود خشک کردن به اندازه مایع شکمبه تازه یا حتی بیشتر از آن گاز تولید کردند.

مقدار گاز تولیدی حاصل از کاه گندم در اثر پیش فرآوری با افزودن مایع شکمبه خشک شده با هیدروکلوئیدها در جدول ۳ آورده شده است. با گذشت زمان میزان گاز تولیدی افزایش یافت و بیشترین میزان در زمان ۹٦ ساعت بود و به جز زمان ٦ و ۱۲ ساعت تیمارها با هم تفاوت آماری معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵). در زمان ۲٤ ساعت کاه گندم فرآوری شده با مایع شکمبه تازه بیشترین (۲۵/٦٦) و بقیه تیمارها باهم تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند (P>۰/۰۵). در زمان ٤۸ ساعت نیز بیشترین تولید گاز مربوط به کاه گندم فرآوری شده با مایع شکمبه تازه (۲۹/۳) و کمترین تولید گاز مربوط به کاه گندم فرآوری شده با محلول ۲ درصد مالتودکسترین (۲٦/۳۳) و محلول ۲ درصد آلژینات سدیم (۲٦/۰۰) بود. در زمان ۷۲ ساعت بیشترین تولید گاز مربوط به کاه گندم فرآوری شده با مایع شکمبه تازه (۳۷/٦٦) و کمترین تولید گاز مربوط به محلول ۲ درصد مالتودکسترین (۳۵/۳۳) بود. در زمان ۹٦ ساعت کاه گندم فرآوری شده با مایع شکمبه تازه بیشترین تولید گاز (٤۱/٦٦) و کاه گندم فرآوری شده با محلول ۲ درصد مالتودکسترین کمترین (۳۸/۳۳) تولید گاز را داشتند و محلول ۲ درصد مالتودکسترین، محلول ۱ درصد صمغ گوار و محلول ۲ درصد کیتوزان نسبت به بافر فسفات تولید گاز بیشتری داشتند.

تیمارها از نظر ضرایب تولید گاز با هم تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). ولی از نظر فراسنجه‌های تغذیه‌ای تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار ماده آلی قابل هضم (DOM)، انرژی قابل متابولیسم (ME) و انرژی ویژه شیردهی (NE_L) مربوط به کاه گندم فرآوری شده با مایع شکمبه تازه و بقیه تیمارها باهم تفاوت آماری نداشتند (P>۰/۰۵). کل اسیدهای چرب فرار و پروتئین میکروبی نیز بین تیمارها معنی‌دار نبود.

افزایش قابلیت هضم مواد فیبری و بهبود ارزش غذایی

آن‌ها از دیرباز مطرح بوده و یکی از این راهکارها، استفاده از آنزیم‌های تجزیه کننده الیاف است (کلمباتو و همکاران ۲۰۰۳). تانگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که با استفاده از یک مکمل آنزیمی (شامل سلولاز و زایلاناز) و محیط کشت مخمر می‌توان تولید گاز، نرخ تولید گاز و تجزیه پذیری برون تنی کاه‌های غلات و کاه‌های کم کیفیت را افزایش داد. بنابر نظر وانگ و مکال لیستر(۲۰۰۲) تأثیر آنزیم‌های برون زادی بر کاه باعث آزاد شدن مقداری کربوهیدرات اضافی شده که این امر سبب افزایش رشد و تجمع باکتری‌ها بر روی ذرات می شود و همچنین این آنزیم‌ها با تاثیر بر ذرات غذایی و خارج کردن برخی موانع فیزیکی به تشکیل کلونی میکروبی کمک می کنند (تان و همکاران ۱۹۹۵) که احتمالاً سبب افزایش مقدار گاز تولیدی و کاهش فاز تاخیر می شود (فرسبرگ و همکاران ۲۰۰۰).

همچنین با افزودن آنزیم زمان ماندگاری مواد در شکمبه افزایش می‌یاد و تجزیه پذیری موثر افزایش می‌یابد (جلیل وند و همکاران ۲۰۰۸). افزودن آنزیم باعث بهبود قابلیت هضم از طریق یک سری فاکتورها از قبیل هیدرولیز مستقیم، افزایش اتصال میکروبی و عملکرد تکمیلی با آنزیم‌های شکمبه می شود (مکال لیستر و همکاران ۲۰۰۰). تیمارهایی که بشترین تولید گاز را دارند، انتظار می‌رود بیشترین قابلیت هضم را داشته باشند. چون تولید گاز و قابلیت هضم ماده خشک با هم مرتبط هستند و مشخص شده است که با افزایش گاز تولیدی، قابلیت هضم ماده خشک نیز افزایش می‌یابد. این موضوع نشان دهنده آن است که تولید گاز یک بخش جدایی ناپذیر تخمیر شدن مواد خوراکی است.

محمدآبادی و چاجی (۲۰۱۱) بیان کردند که افزودن آنزیم اگزوژنوس به کاه کنجد سبب افزایش قابلیت هضم ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی گردید که با یافته‌های وانگ و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت داشت. همچنین محققان گزارش کردند که همبستگی مثبتی بین تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم و همچنین بین تولید گاز و قابلیت هضم ماده آلی وجود دارد (احمد و ال وزیری ۲۰۰۷) در عمل آوری کاه کنجد با آنزیم، بخش نامحلول اما قابل تخمیر (b) بطور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. گوارش پذیری ماده آلی و گوارش پذیری ماده آلی در ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم کاه کنجد در عمل آوری با آنزیم بطور معنی‌داری افزایش یافت که موافق با نتایج این تحقیق بود.

اگرچه مایع شکمبه تازه به عنوان یک منبع آنزیمی بیشترین تولید گاز و فراسنجه‌های تغذیه‌ای را در این تحقیق داشتند، اما با خشک کردن مایع شکمبه با هیدروکلوئیدهای مختلف ذخیره، انبار داری و حمل و نقل آن آسان‌تر می‌شود، همچنین فرموله کردن بهتر آن در جیره‌های مختلف حیوانات فراهم می‌شود .در این تحقیق نشان داده شد که تیمارهای خشک شده با هیدروکلوئیدهای مختلف نیز تولید گاز داشتند و از نظر بیولوژیکی فعال هستند و قابل استفاده به عنوان منبع آنزیمی هستند.

همانطور که در جدول٤ مشاهده می‌گردد میزان گاز تولیدی حاصل از انکوباسیون سیلاژ ذرت با مایع شکمبه فرآوری شده در زمان‌های مختلف نشان داده شده است که میانگین الگوی تخمیر و الگوی گاز تولیدی با افزودن مایع شکمبه خشک شده با روش خشک کردن پاششی به همراه نسبت‌های مختلف هیدروگلوئید متفاوت بوده است. در تمام زمان‌ها به جز ساعت ٦ و ١٢ پس از انکوباسیون میزان گاز تولیدی اختلاف آماری معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). مقایسه الگوی گاز تولید شده (میلی لیتر) به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک تیمارهای مختلف نشان می‌دهد در زمان ٢٤ ساعت بیشترین میزان گاز تولیدی مربوط به سیلاژ ذرت فرآوری شده با ۲ درصد مالتودکسترین بود. در بین تمام تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش بالاترین میزان گاز تولیدی در ٩٦ ساعت مربوط به سیلاژ ذرت فرآوری شده مایع شکمبه خشک شده با محلول ۱ و ۲ مالتودکسترین است و کمترین

میزان تولید گاز در ۹۶ ساعت مربوط به سیلاژ ذرت انکوبه شده با محلول ۱ درصد آژینات سدیم بود.

سیلاژ ذرت فرآوری شده با نمونه‌های مایع شکمبه خشک شده از نظر فراسنجه‌های تولید گاز باهم تفاوت معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵)گاز تولیدی ناشی از بخش قابل تخمیر سریع (a) در سیلاژ ذرت فرآوری شده با محلول ۲ درصد آلژینات سدیم بیشترین (۷/۳) و در محلول ۲ درصد صمغ گوار کمترین (۰/۱) بود. محلول ۲ درصد آلژینات سدیم، محلول ۲ درصد مالتودکسترین، محلول ۱ درصد آلژینات سدیم و محلول ۱ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئیدها نسبت به بافر فسفات و مایع شکمبه تازه ضریب a بیشتری داشتند. ضریب b در سیلاژ ذرت فرآوری شده با محلول ۲ درصد صمغ گوار بیشترین (۵۱/۲) و در کیتوزان ۱ درصد کمترین (٤٥) کمترین بوده است. سیلاژ ذرت فرآوری شده با محلول ۲ درصد صمغ گوار و محلول ۲ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید نسبت به سیلاژ ذرت فرآوری شده با مایع شکمبه تازه ضریب b بیشتری داشتند و به جزء محلول ۲ درصد کیتوزان و محلول ۲ درصد مالتودکسترین همه هیدروکلوئیدهای قسمت b بیشتری نسبت به سیلاژ ذرت فرآوری شده با بافر فسفات داشتند. پتاسیل تولید گاز a+b (نرخ تجزیه پذیری سریع و نرخ تجزیه پذیری کند) در سیلاژ ذرت فرآوری شده با محلول ۲ درصد آلژینات سدیم بیشترین (۵۵/۱) و در محلول ۲ درصد کیتوزان (۵۰/۰) کمترین بود. فقط محلول ۲ درصد آلژینات سدیم نسبت به مایع شکمبه تازه تولید گاز بیشتری داشت. به جزء محلول ۲ درصد کیتوزان بقیه نمونه‌های مایع شکمبه خشک شده پتانسیل تولید گاز (a+b) بیشتری نسبت به علف یونجه فرآوری شده با بافر فسفات داشتند. نرخ ثابت تولید گاز (c) در علف یونجه فرآوری شده با محلول ۲ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدروکلوئید و محلول ۲ درصد صمغ گوار بیشترین (۰/۸) و در محلول ۲ درصد آلژینات سدیم کمترین (۰/۵) بود. فقط محلول ۲ درصد مالتودکسترین، محلول ۲ درصد کیتوزان، محلول ۱ درصد مایع شکمبه خشک شده بدون هیدوکلوئید و محلول ۲ درصد آلژینات سدیم نرخ ثابت تولید گاز (c) کمتری نسبت به مایع شکمبه تازه و بافر فسفات داشتند. بیشترین زمان تاخیر مربوط محلول بافر فسفات (۰/۹۱) است و کمترین آن مربوط مالتودکسترین ۱ درصد (۰) است. محلول ۲ درصد مالتودکسترین، ۱ درصد کیتوزان، ۲ درصد کیتوزان، ۱ درصد صمغ گوار و شاهد بدون افزودن هیدروکلوئید و مایع شکمبه تازه از نظر زمان تأخیر باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نمونه‌های خشک شده مایع شکمبه از نظر فراسنجه‌های تغذیه‌ای شامل قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، انرژی ویژه شیردهی، کل اسیدهای چرب فرار و پروتئین میکروبی باهم تفاوت آماری معنی‌داری داشتند (P>۰/۰۵). بیشترین مقادیر فراسنجه‌های تغذیه‌ای مربوط به سیلاژ ذرت فرآوری شده با مایع شکمبه خشک شده با مالتودکسترین ۲ درصد بود و کمترین این مقادیر مربوط به سیلاژ ذرت فرآوری شده با مایع شده خشک شده با محلول ۱ و ۲ درصد آلژینات سدیم بود.

الگاندر و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که با افزایش مقادیر یک مکمل آنزیمی تهیه شده از باکتری شکمبه‌ای رومینوکوکوس فلاویسنس تولید گاز در همه زمان‌های انکوباسیون در ٤ خوراک فیبری افزایش می‌یابد. کلمباتو و همکاران (۲۰۰۳) افزایش در قابلیت هضم ماده آلی شکمبه‌ای در شرایط برون تنی برای خوراک‌های فرآوری شده با آنزیم را مشاهده کردند که این اثر را به افزایش نرخ تجزیه‌پذیری از طریق اثر همکوشی ناشی از هیدرولیز آنزیمی بین آنزیم‌های اندوژنوس (شکمبه‌ای) و اگزوژنوس نسبت دادند. همچنین تیمارهای دارای آنزیم روی سیلاژ ساقه‌های سورگوم توانستند به‌طور معنی‌داری قابلیت هضم ماده خشک و انرژی قابل متابولیسمی را بهبود دهند که دلیل آن می‌تواند تجزیه دیواره سلولی توسط آنزیمهای تجزیه کننده فیبر افزوده

شده باشد (زینک و چینگ ۲۰۰۹). فرآوری با بعضی از محیط‌های کشت می‌تواند تعداد کل باکتری سلولایتیک در شکمبه، تجزیه پذیری سلولز را به مرور افزایش دهد. سلولاز و دیگر آنزیم‌های فیبرولیتیک تجاری تولید گاز تجمعی و نسبت‌های تخمیر برون تنی گراس‌ها و سیلاژ ذرت را افزایش دادند (والاس و همکاران ۲۰۰۱). آنزیم‌ها قادر هستند سوبستراهای پیچیده را به واحدهای کوچکتر تجزیه کند و اجازه کلونیزاسیون شکمبه‌ای و تخمیر سریعتر را می‌دهند (کلمباتو و همکاران ۲۰۰۳). افزایش در نرخ و مقدار تولید گاز با افزودن آنزیم افزایش در تخمیر پذیری سوبستراها را نشان می‌دهد. فعالیت‌های آنزیمی اگزوژنوس برای بهبود مقادیر ارزش تغذیه‌ای خوراک‌ها در حالی که انتشار متان روده‌ای و دی اکسید کربن را کاهش می‌دهد گزارش شده است (هرناندز و همکاران ۲۰۱۷; خیلف و همکاران ۲۰۱۷). سالم و همکاران (۲۰۱۳) و سالم و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که جیره حاوی آنزیم‌های فیبرولیتیک اگزوژنوس استفاده از مواد مغذی و خوراک را بهبود داده و از اینرو دفع مواد مغذی به محیط را کاهش داده است. دفع بیش از اندازه مواد مغذی به علت قابلیت هضم ناکافی و انتشار متان زیاد مهم‌ترین محدودیت‌ها در دستیابی تولید نشخوارکنندگان می‌باشد (هریستف و همکاران ۲۰۱۵).

در این تحقیق سیلاژ ذرت انکوبه با محلول ۱ و ۲ درصد مالتودکسترین بیشترین مقدار تولید گاز و فراسنجه‌های تغذیه‌ای را داشتند که نشان می‌دهد این هیدروکلوئید نسبت به هیدروکلوئیدهای دیگر اثر محافظتی بیشتری داشته است. اگرچه آنزیم‌های برون زادی باعث افزایش تولید گاز و قابلیت هضم می‌شوند ولی ما با استفاده از روش خشک کردن پاششی و هیدروکلوئیدهای مختلف به‌دنیال تولید یک منبع آنزیمی از مایع شکمبه هستیم که بتواند اثرات مایع شکمبه تازه را داشته باشد که با استفاده از آن بر روی سیلاژ ذرت روش خشک کردن پاششی و هیدروکلوئید مالتودکسترین بهترین گزینه است.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، پیش فرآوری خوراک‌های مورد آزمایش با مایع شکمبه شکمبه خشک شده با هیدروکلوئیدهای مختلف، تخمیر شکمبه‌ای سه خوراک را در شرایط آزمایشگاهی را افزایش داد و باعث افزایش قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم تخمین زده شده گردید. این تأثیر مثبت به این مفهوم است که استفاده از مایع شکمبه فرآوری شده به عنوان یک افزودنی خوراکی می‌تواند مقدار مواد مغذی دفع شده بوسیله حیوانات به محیط را کاهش دهدو باعث افزایش مورد استفاده قرار گرفتن خوراک در نشخوارکنندگان و کم کردن متان می‌شود. کاربرد مایع شکمبه فرآوری شده به عنوان منبع آنزیمی و مواد مغذی زیاد برای خوراک‌های نشخوارکنندگان یک روش دوستدار محیط زیست است که از این طریق مایع شکمبه کشتارگاه‌ها مدیریت می‌شود. بنابراین، مایع شکمبه می‌تواند یک منبع آنزیمی و منبع مواد مغذی ارزان و جدید برای صنعت خوراک دام مطرح شود و نیاز است تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

Table 2- Production of gas and fermentation parameters of alfalfa grass by adding dried rumen liquid by spray drying method with different hydrocolloid

Items	Treatmeants[1]												SEM	P-Value
	1%RMA	2%RMA	1%RCA	2%RCA	1%RGA	2%RGA	1%RAA	2%RAA	1%RNA	2%RNA	FRF	BSPA		
GP at 3 h (ml/g DM)	12.2^{bcd}	14.0^{ab}	13.2^{abcd}	12.0^{abcd}	12.1^{cd}	12.1^{cd}	13.0^{abc}	14.0^{a}	13.1^{abc}	11.0^{d}	13.0^{abc}	13.0^{abcd}	0.19	0.005
GP at 6 h (ml/g DM)	21.00^{bcd}	25.30^{a}	22.63^{abc}	19.33^{d}	19.66^{cd}	19.33^{d}	23.33^{ab}	23.00^{ab}	21.66^{bcd}	23.00^{ab}	23.66^{ab}	23.00^{ab}	0.31	<0.000
GP at 12 h (ml/g DM)	32.1^{ab}	33.2^{ab}	32.2^{ab}	32.1^{ab}	32.1^{ab}	33.1^{ab}	32.1^{ab}	31.0^{b}	31.1^{ab}	35.0^{a}	35.1^{ab}	33.1^{ab}	0.26	0.02
GP at 24 h (ml/g DM)	43.2	43.1	43.1	40.0	42.2	44.1	44.1	43.1	43.2	42.2	44.0	42.0	0.25	0.07
GP at 48 h (ml/g DM)	47.1	50.0	49.0	45.1	50.1	51.1	49.0	59.1	51.0	49.0	52.1	48.1	0.13	0.57
GP at 72 h (ml/g DM)	52.0^{bcd}	54.0^{ab}	50.0^{d}	50.1^{d}	51.1^{cd}	52.1^{bcd}	50.1^{d}	53.1^{abc}	52.1^{bcd}	51.1^{cd}	54.1^{a}	51.1^{cd}	0.23	0.000
GP at 96 h (ml/g DM)	53.0^{abc}	54.0^{ab}	52.0^{bcd}	52.0^{cd}	51.0^{cd}	49.1^{e}	53.3^{abc}	54.2^{ab}	53.2^{bcd}	53.0^{abc}	55.1^{a}	50.0^{de}	0.32	0.000
a	3.2^{cd}	7.1^{ab}	4.2^{cd}	4.0^{cd}	1.3^{cde}	0.1^{e}	4.1^{bc}	7.3^{a}	4.7^{bc}	1.0^{de}	4.1^{cd}	4.0^{cd}	0.41	<0.00
b	48.18^{abc}	46.01^{c}	46.88^{bc}	45.00^{c}	49.75^{ab}	51.31^{a}	47.08^{bc}	47.60^{bc}	48.18^{abc}	50.43^{ab}	50.19^{ab}	46.05^{c}	0.51	0.02
(a+b) (ml)	52.06^{cde}	53.79^{abc}	50.98^{de}	50.20^{e}	51.56^{cde}	51.05^{ed}	51.89^{cde}	55.78^{a}	52.90^{bcd}	51.65^{cde}	54.65^{ab}	50.50^{de}	0.33	0.0005
c (ml/h)	0.07^{abc}	0.06^{bc}	0.07^{ab}	0.06^{bc}	0.07^{ab}	0.08^{a}	0.07^{ab}	0.05^{c}	0.06^{bc}	0.08^{a}	0.07^{ab}	0.07^{ab}	0.001	0.009
Lag time (h)	0	0	0	0	0.16	0.17	0	0	0	0	0	0	0.54	0.06
OMD (%)	61.37	61.10	60.78	58.70	60.48	61.96	61.96	60.78	61.08	60.48	62.26	59.89	0.29	0.52
ME (MJ/kg DM)	9.04	9.00	8.95	8.63	8.90	9.13	9.13	8.95	9.00	8.90	9.18	8.81	0.04	0.52
SCFA (mmol/g DM)	0.96	0.95	0.95	0.89	0.94	0.97	0.97	0.95	0.95	0.94	0.98	0.92	0.007	0.52
(ME,MJ/Kg) NE_L	5.50	5.47	5.44	5.20	5.40	5.57	5.57	5.44	5.47	5.40	5.60	5.33	0.03	0.52
TVFA	28.79	28.63	28.42	27.11	28.23	29.17	29.17	28.42	28.61	28.23	29.35	27.86	0.18	0.52
MP (g/kg OMD)	74.03	73.71	73.32	70.81	72.96	74.75	74.75	73.32	73.67	72.96	75.10	72.24	0.35	0.52

Treatments include alfalfa grass treated with 1% maltodextrin solution (1% RMA), 2% maltodextrin solution (2% RMA), 1% chitosan solution (1% RCA), 2% chitosan solution (2% RCA), 1% solution Guar gum (1% RGA), 2% guar gum solution (2% RGA), 1% sodium alginate solution (1% RAA), 2% sodium alginate solution (2% RAA), 1% rumen solution without hydrocolloids (1 % RNA), 2% solution of ruminal fluid without hydrocolloids (1% RNA), fresh ruminal fluid (FRF) and phosphate buffer (BSPA).

Table 3- Production of gas and fermentation parameters of wheat straw by adding different dried rumen liquid by spray drying method with different hydrocolloids

Items	Treatmeants[1]												SEM	P-Value
	1%RMA	2%RMA	1%RCA	2%RCA	1%RGA	2%RGA	1%RAA	2%RAA	1%RNA	2%RNA	FRF	BSPA		
GP at 3 h (ml/g DM)	7.86^{a}	7.56^{b}	6.50^{b}	6.33^{b}	6.66^{ab}	6.66^{ab}	6.66^{ab}	6.50^{b}	6.93^{ab}	6.33^{b}	7.66^{ab}	8.00^{a}	0.13	0.02
GP at 6 h (ml/g DM)	9.66	10.66	9.66	10.50	10.66	10.33	11.33	9.33	9.66	10.33	11.00	10.66	0.14	0.69
GP at 12 h (ml/g DM)	12.00	11.66	12.00	13.33	13.00	12.66	12.16	12.00	12.33	12.83	12.00	12.26	0.12	0.13
GP at 24 h (ml/g DM)	23.00^{b}	22.16^{b}	22.50^{b}	22.00^{b}	22.00^{b}	22.33^{b}	23.00^{b}	21.00^{b}	22.66^{b}	22.66^{b}	25.66^{a}	22.00^{b}	0.74	0.03
GP at 48 h (ml/g DM)	29.00^{ab}	26.33^{d}	26.66^{cd}	27.00^{cd}	27.33^{cd}	27.66^{bcd}	27.33^{cd}	26.00^{d}	28.00^{abc}	27.66^{bcd}	29.33^{a}	27.00^{cd}	0.18	0.00
GP at 72 h (ml/g DM)	37.00^{abc}	35.33^{d}	37.00^{abc}	36.00^{bcd}	36.43^{abcd}	37.00^{abc}	37.33^{ab}	35.66^{cd}	37.00^{abc}	37.33^{ab}	37.66^{a}	35.66^{cd}	0.16	0.01
GP at 96 h (ml/g DM)	40.00^{bc}	38.33^{e}	39.33^{bcde}	38.66^{de}	38.66^{de}	39.13^{cde}	39.30^{bcde}	40.06^{bc}	40.50^{b}	39.66^{bcd}	41.66^{a}	39.00^{cde}	0.16	<0.00
a	4.95	5.91	4.60	5.10	5.23	4.79	5.27	5.21	4.84	4.71	5.21	6.18	0.11	0.147
b	40.98	40.69	41.99	39.43	39.51	40.98	41.41	46.69	42.56	41.26	40.96	41.98	1.71	0.38
(a+b) (ml)	45.94	46.61	46.60	44.53	44.74	45.78	46.69	51.90	47.40	45.97	46.11	48.16	0.54	0.42
c (ml/h)	2.17	2.09	2.05	2.05	2.03	2.02	1.98	1.92	1.88	1.72	1.68	1.42	0.00	0.27
OMD (%)	38.41^{b}	37.67^{b}	37.97^{b}	37.52^{b}	37.52^{b}	37.82^{b}	38.41^{b}	36.64^{b}	38.12^{b}	38.12^{b}	40.78^{a}	37.52^{b}	0.21	0.03
ME (MJ/kg DM)	5.66^{b}	5.54^{b}	5.59^{b}	5.52^{b}	5.52^{b}	5.57^{b}	5.66^{b}	5.38^{b}	5.61^{b}	5.61^{b}	6.02^{a}	5.52^{b}	0.03	0.03
SCFA (mmol/g DM)	0.50^{b}	0.48^{b}	0.49^{3}	0.48^{b}	0.48^{b}	0.49^{b}	0.50^{b}	0.46^{b}	0.49^{b}	0.49^{b}	0.56^{a}	0.48^{b}	0.01	0.03
ME,MJ/Kg (NE_L)	2.75^{b}	2.67^{b}	2.70^{b}	2.65^{b}	2.65^{b}	2.68^{b}	2.75^{b}	2.55^{b}	2.75^{b}	2.72^{b}	3.02^{a}	3.65^{a}	0.03	0.02
TVFA	18.46	17.99	18.18	17.90	17.90	18.08	18.46	17.34	18.27	18.27	19.95	17.90	0.17	0.39

MP (g/kg OMD)	23.00	22.17	22.50	22.00	22.00	22.33	23.00	21.00	22.66	22.66	25.66	22.00	0.39	0.33

Treatments include processed wheat straw with 1% maltodextrin solution (1% RMW), 2% maltodextrin solution (2% RMW), 1% chitosan solution (1% RCW), 2% chitosan solution (2% RCW), 1% gum solution Guar (1% RGW), 2% guar gum solution (2% RGW), 1% sodium alginate solution (1% RAW), 2% sodium alginate solution (2% RAW), 1% non-hydrocolloid solution (1% RNW), 2% solution without hydrocolloid (2% RNW), fresh ruminal fluid (FRF), phosphate buffer (BPSW).

Table 4- Production of gas and fermentation parameters of corn silage by adding different dried rumen liquid by spray drying method with different hydrocolloids

Items	Treatmeants[1]												SEM	P-Value
	1%RMA	2%RMA	1%RCA	2%RCA	1%RGA	2%RGA	1%RAA	2%RAA	1%RNA	2%RNA	FRF	BSPA		
GP at 3 h (ml/g DM)	16.40^{a}	16.50^{a}	15.73^{a}	16.16^{a}	15.66^{a}	15.83^{a}	12.83^{cd}	13.66^{bc}	14.83^{ab}	15.00^{ab}	16.00^{a}	12.00^{d}	0.26	<.0001
GP at 6 h (ml/g DM)	27.20	27.40	26.33	26.00	25.83	25.66	25.33	25.33	25.33	25.13	26.33	24.50	0.20	0.11
GP at 12 h (ml/g DM)	45.00^{ab}	45.50^{a}	44.33^{ab}	43.83^{ab}	43.40^{b}	43.71^{ab}	43.00^{b}	44.00^{ab}	43.16^{b}	43.50^{ab}	44.86^{ab}	44.16^{ab}	0.19	0.16
GP at 24 h (ml/g DM)	63.83^{ab}	65.73^{a}	62.00^{bc}	62.36^{bc}	62.00^{bc}	61.66^{bc}	58.00^{d}	58.33^{d}	61.33^{bc}	60.50^{cd}	61.66^{bc}	61.33^{bc}	0.39	<.0001
GP at 48 h (ml/g DM)	70.00^{ab}	71.50^{a}	67.00^{cd}	64.43^{bc}	66.66^{cd}	67.66^{bc}	62.66^{e}	64.33^{ed}	65.66^{cd}	65.66^{cd}	67.00^{cd}	66.66^{cd}	0.43	<.0001
GP at 72 h (ml/g DM)	74.66^{ab}	75.33^{a}	71.00^{cde}	72.00^{cd}	70.80^{cde}	72.63^{bc}	66.76^{f}	68.43^{ef}	69.66^{de}	69.73^{de}	71.00^{cde}	70.66^{cde}	0.44	<.0001
GP at 96 h (ml/g DM)	76.10^{a}	76.76^{a}	72.76^{b}	72.73^{b}	72.33^{b}	72.86^{b}	67.00^{e}	69.00^{ed}	70.66^{bcd}	69.66^{cd}	71.66^{cb}	70.66^{bcd}	0.48	<.0001
a	74.55^{a}	75.54^{b}	71.12^{b}	71.90^{b}	70.86^{bc}	72.00^{b}	65.90^{e}	67.74^{e}	69.51^{cd}	69.10^{cd}	70.58^{bc}	69.88^{bcd}	0.44	<.0001
b	74.94^{a}	75.36^{a}	70.98^{b}	71.55^{b}	70.74^{b}	71.79^{b}	66.48^{c}	66.93^{c}	69.45^{b}	69.35^{b}	70.22^{b}	70.61^{b}	0.74	<.0001
(a+b) (ml)	149.50^{a}	150.91^{a}	142.11^{bc}	143.46^{bcd}	141.61^{bcd}	143.80^{b}	132.39^{f}	134.68^{def}	138.97^{cde}	138.47^{de}	140.81^{bcd}	140.50^{bcd}	0.99	<.0001
c (ml/h)	0.07^{e}	0.07^{de}	0.08^{cde}	0.07^{de}	0.08^{de}	0.07^{e}	0.09^{a}	0.08^{abc}	0.08^{bcde}	0.08^{bcd}	0.08^{bcd}	0.08^{ab}	0.01	<.0001
Lag time (h)	0^{e}	0.05^{de}	0.03^{de}	0.08^{de}	0.05^{de}	0.006^{e}	0.60^{b}	0.37^{c}	0.24^{cd}	0.09^{de}	0.11^{de}	0.91^{a}	0.06	
OMD (%)	76.39^{ab}	78.08^{a}	74.76^{bc}	75.08^{bc}	74.76^{bc}	74.46^{bc}	71.20^{d}	71.50^{d}	74.16^{bc}	73.42^{cd}	74.46^{bc}	73.87^{c}	0.34	<.0001
ME (MJ/kg DM)	11.42^{ab}	11.68^{a}	11.17^{bc}	11.22^{bc}	11.17^{bc}	11.13^{bc}	10.63^{d}	10.68^{d}	11.08^{bc}	10.97^{cd}	11.13^{bc}	11.04^{c}	0.05	<.0001
SCFA (mmol/g DM)	1.41^{ab}	1.45^{a}	1.37^{bc}	1.38^{bc}	1.37^{bc}	1.38^{bc}	1.28^{d}	1.29^{d}	1.35^{bc}	1.34^{cd}	1.36^{bc}	1.35^{c}	0.00	<.0001
ME,(MJ/Kg) NE_L	7.21^{ab}	7.40^{a}	7.02^{bc}	7.06^{bc}	7.03^{bc}	6.99^{bc}	6.62^{d}	6.65^{d}	6.69^{bc}	6.67^{cd}	6.99^{bc}	6.92^{c}	0.03	<.0001
TVFA	40.80^{ab}	41.87^{a}	39.78^{bc}	39.98^{bc}	39.78^{bc}	39.59^{bc}	37.54^{d}	37.72^{d}	39.40^{bc}	38.94^{cd}	39.59^{bc}	39.22^{c}	0.21	<.0001
MP (g/kg OMD)	92.14^{ab}	94.18^{a}	90.18^{bc}	90.57^{bc}	90.18^{bc}	89.82^{bc}	85.89^{d}	86.25^{d}	89.47^{bc}	88.57^{cd}	89.82^{bc}	89.11^{c}	0.42	<.0001

Treatments include processed wheat straw with1% maltodextrin solution (1% RMW), 2% maltodextrin solution (2% RMW), 1% chitosan solution (1% RCW), 2% chitosan solution (2% RCW), 1% gum solution Guar (1% RGW), 2% guar gum solution (2% RGW), 1% sodium alginate solution (1% RAW), 2% sodium alginate solution (2% RAW), 1% non-hydrocolloid solution (1% RNW) , 2% solution without hydrocolloid (2% RNW), fresh ruminal fluid (FRF), phosphate buffer (BPSW).

منابع مورد استفاده

Abdeshahian P, Lim JS, Ho WS, Hashim H and Lee CT, 2016. Potential of biogas production from farm animal waste in malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews 60: 714-723.

Abouheif M, Kraidees M and Al-Selbood B, 1999.The utilization of rumen content-barley meal in diets of growing lambs. Asian Australasian Journal of Animal Science 12(8): 1234-1240.

Alloue WAM, Destain J, Amighi Kand A, Thonart P, 2007. Storage of yarrowia lipolytica lipase after spray-drying in the presence of additives. Process Biochemistry 42(9): 1357-1361.

Agbabiaka L, Amadi G, Oyinloye I, Adedokun I and Ekeocha C, 2011. Growth response of african catfish (clarias gariepinus, burchell 1822) to dried rumen digesta as a dietary supplement. Pakistan Journal of Nutrition 10(6): 546-567.

Aghbashlo M, Mobli H, Rafiee S and Madadlou A, 2012. Energy and exergy analyses of the spray drying process of fish oil microencapsulation. Biosystems Engineering 111(2): 229-241.

Afazeli H, Jafari A, Rafiee S and Nosrati M, 2014. An investigation of biogas production potential from livestock and slaughterhouse wastes. Renewable and Sustainable Energy Reviews 34: 380-386.

Bajsic I and Kranjcevic E, 2001.Automation of industrial spray dryer. Instrumentation Science and Technology 29(1): 41-52.

Beauchemin KA, Colombatto D, Morgavi DP and Yang WZ, 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. Journal of Animal Science 81(2): 37-47.

Beauchemin KA and Rode L.M, 1996. Use of feed enzymes in ruminant nutrition. Animal scienceresearch and development: meeting future challenges. 103-131 pp., Ministry of Supply and ServicesCanada, Ottawwa

Cheng KJ and McAllister TA,1997. Compartmentation in the rumen in the rumen microbial ecosystem. London, UK.

Cherdthong A, and Wanapat M, 2013. Manipulation of in vitro ruminal fermentatation and digestibility by dried rumen digesta. Livestock Science 153(1-3): 49-100.

Colette NT, Fotsa JC, Etchu KA and Ndamukong K J, 2013. Effects of dried rumen content and castor oil seed cake diets on haematological indices, serum biochemistry and organoleptic properties of broiler birds. Energy 43: 57-58.

Colombatto D, Mould FL, Bhat MK, Morgavi DP, Beauchemin KA and Owen E, 2003. Influence of fibrolytic enzymes on the hydrolysis and fermentation of pure cellulose and xylan by mixed ruminal microorganisms in vitro. Journal of Animal Science 81(4): 1040-1050.

De Vos P, Faas MM, Spasojevic M and Sikkema J, 2010. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. International Dairy Journal 20(4): 292-302.

Elghandour MMY, Salem AZM, Gonzalez-Ronquillo M, Bórquez JB, Gado HM, Odongo NE and Peñuelas CG, 2013. Effects of exogenous enzymes on in vitro gas production kinetics and ruminal fermentation of four fibrous feeds. Animal Feed Science and Technology 179(1-4): 46-53.

Faramarzi-Garmroodi A, Mesgaran MD, Parand E and Vakili AR. 2014. In vitro effect of the adding of an exogenous enzyme blend (Natuzyme®) on rumen microbial fermentation and methane production of diets containing different NDF concentrations. A Qatar Foundation Academic Journal 4(1):3.

Fathi M, Martin A and Mc-Clements DJ, 2014. Nanoencapsulation of food ingredients using carbohydrate based delivery systems. Trends in Food Science and Technology 39(1): 18-39.

Forsberg C, Forano E and Chesson A. 2000. Microbial adherence to the plant cell wall and enzymatic hydrolysis. In: Ruminant physiology, digestion, metabolism, growth and reproduction. P.B. Cronje (ED), pp. 79-97. CABI Publishing. Wallingford, UK.

Gebrehawariat E, Animut G, Urge M and Mekasha Y, 2016. Sun-dried bovine rumen content (SDRC) as an ingredient of a ration for White Leghorn Layers. East African Journal of Sciences 10(1): 29-40.

Getachew G, DePeters EJ, Robinson PH and Fadel, JG, 2005. Use of an in vitro rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. Animal Feed Science and Technology 123: 547-559.

Gharsallaoui A, Roudaut G, Chambin O, Voilley A and Saurel R, 2007. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. Food Research International40(9):1107-1121.

Giraldo LA, Tejido ML, Ranilla MJ Ramos S and Carro MD, 2008. Influence of direct-fed fibrolytic enzymes on diet digestibility and ruminal activity in sheep fed a grass hay-based diet. Journal of Animal Science 86(7): 1617-1623.

Gouin S, 2004.Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. Trends in Food Science and Technology 15(7-8): 330-347

Hernandez A, Kholif AE, Lugo-Coyote R, Elghandour MMY, Cipriano M, Rodríguez GP and Salem AZM, 2017. The effect of garlic oil, xylanase enzyme and yeast on biomethane and carbon dioxide production from 60-d old Holstein dairy calves fed a high concentrate diet. Journal of Cleaner Production 142: 2384-2392.

Hristov AN, Oh J, Giallongo F, Frederick TW, HarperMT, Weeks HL and Kindermann M, 2015. An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. Proceedings of the National Academy of Sciences 112(34): 10663-10668.

Li CY, Cao YC, Li SZ, Xu M, Liu CJ, Yu ZP Yao JH, 2013. Effects of Exogenous Fibrolytic Enzyme on *in vitro* ruminal fermentation and microbial populations of substrates with different forage to concentrate ratios. Journal of Animal and Veterinary Advances 12(10):1000-1006

Jalalipour M, Gilani K, Tajerzadeh H, Najafabadi AR and Barghi M, 2008. Characterization and aerodynamic evaluation of spray dried recombinant human growth hormone using protein stabilizing agents. International Journal of Pharmaceutics 352(1-2): 209-216.

Kholif AE, Elghandour MMY, Rodríguez GB, Olafadehan OA and Salem AZM, 2017. Anaerobic ensiling of raw agricultural waste with a fibrolytic enzyme cocktail as a cleaner and sustainable biological product. Journal of Cleaner Production 142: 2649-2655.

McAllister, TA, Stanford K, Bae HD, Treacher RJ, Hristov AN, Baah J, Shelford JA and Cheng KJ. 2000. Effect of a surfactant and exogenous enzymeson digestibility offeed and on growth performance and carcass traits of lambs. Cananadian Journal Animal Science 80: 35–44.

Maury M, Murphy K, Kumar S, Mauerer A and Lee G, 2005. Spray-drying of proteins: effects of sorbitol and trehalose on aggregation and ft-iramide ispectrum of an immunoglobulin g. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics 59(2): 251-261.

Menke K and Steinggass H,1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analyses and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research and Development 28(1):7-55.

Menke K, Raa L, Steingass H, Fritz D and Scheider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production technique when they are incubated with rumen liquor in vitro. Journal of Agricultural Science Cambridge, 93(1): 217 -222.

Mohammadabadi T and Chaji M, 2010. Effect of exogenous enzyme on *in vitro*fermentation of sesame straw by rumen bacteria culture. Journal of Animal Research 39(2): 161-163.

Muscato TV, Tedeschi LO and Russell JB, 2002. The Effect of ruminal fluid reparations on the growth and health of newborn, milk-fed dairy calves. Journal Dairy Sciences8(5): 648-656.

Namaldi A, Calik P and Uludag Y, 2006. Effects of spray drying temperature and additives on the stability of serine alkaline protease powders. Drying Technology 24(11): 1495–1500.

Negesse T, Patra AK, Dawson LJ, Tolera A, Merkel RC, Sahlu T and Goetsch AL, 2007. Performance of spanish and boer×spanish doelings consuming diets with different levels of broiler litter. Small Ruminant Research 69(1-3): 187-197.

Nsereko VL, Morgavi DP, Rode LM, Beauchemin KA and McAllister TA, 2000. Effects of fungal enzyme preparations on hydrolysis and subsequent degradation of alfalfa hay fiber by mixed rumen microorganisms in vitro. Animal Feed Science and Technology 88(3-4): 153-170.

Ørskov ER 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 Cambridge 92(2):499 - 503.

Paya H, Taghizadeh, A, Janmohammadi H and Moghadam GA, 2007. Nutrient digestibility and gas productionof some tropical feeds used in ruminant diets estimated by the in vivo and in vitro gas production techniques. American Journal Animal and Veterinary Science2 (4): 108-113

Rios Rincon FG, Bermudez-Hurtado RM, Estrada-Angulo A, Juarez Reyes AS and Ujol-manriquez CP, 2010. Dried ruminal contents as a substitute for alfalfa hay in growing-finishing diets for feedlot cattle. Journal of Animal and Veterinary Advances 9(10): 1526-1530.

Said IF, Elkhair RMA, Shawky SM, Abdelrahman HA and Elfeki MA, 2015. Impact of feeding dried rumen content and olive pulp with or without enzymes on growth performance, carcass characteristics and some blood parameters of Molar ducks. International Journal of Agricultural Research 4: 2319-2473.

Salem AZM, Alsersy H, Camacho LM, El-Adawy MM, Elghandour M. Kholif AEAA and Zaragoza A, 2015. Feed intake, nutrient digestibility, nitrogen utilization, and ruminal fermentation activities in sheep fed atriplex halimus ensiled with three developed enzyme cocktails. Czech Journal of Animal Sceince *60*:185-194.

Salem AZM, Gado HM, Colombatto D and Elghandour MMY, 2013. Effects of exogenous enzymes on nutrient digestibility, ruminal fermentation and growth performance in beef steers. *Livestock Science* 154(1-3): 69-73.

SAS Institute Inc, 2003. Statistical Analysis System (SAS) User's Guide, SAS Institute, Cary, NC, USA.

Schüle S, Schulz-Fademrecht T, Garidel P, Bechtold-Peters K, Frieß W,2008. Stabilization of Igg1 in spray-dried powders for inhalation. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics 2008; 69(3):793-807.

Sheperd AC, Maslanka, M, Quinn D and Kung L, 2007. Additives containing bacteria and enzymes for alfalfa silage. Journal of Dairy Science 78: 565-572.

Tan LH, Chan LW and Heng PW, 2005. Effect of oil loading on microspheres produced by spray drying. Journal Microencapsulation 22(3):253–259.

Tan ZL, Chen HP, He LH, Fang RJ and Xing TX, 1995. Variation in the nutritional characteristics of wheat straw. Journal of Animal Feed ScienceTechnology 53:337–344

Tang SX, Tayo GO, Tan ZL, Sun ZH, Shen LX, Zhou CS and Shen SB, 2008. Effects of yeast culture and fibrolytic enzyme supplementation on in vitro fermentation characteristics of low-quality cereal straws. Journal of Animal Science 86(5): 1164-1172.

Tritt WP, and Schuchardt F, 1992. Materials flow and possibilities of treating liquid and solid wastes from slaughterhouses in germany. Bioresource Technology 41(3): 235-245.

Wallace R, Wallace J, McKain SLN, Nsereko VL and Hartnell GF, 2001. Influence of supplementary fibrolytic enzymes on the fermentation of corn and grass silages by mixed ruminal microorganisms in vitro. Journal of Animal Science 79(7): 1905-1916.

Wang Y, Ramirez-Bribiesca JE, Yanke LJ, Tsang A and McAllister TA, 2012. Effect of exogenous fibrolytic enzyme application on the microbial attachment and digestion of barley straw in vitro. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 25(1): 66.

Wang Y and McAllister T.A, 2002. Investigation of exogenous fibrolytic enzyme activity on barley straw using in vitro incubation. Journal of Animal Science 80(suppl. 1):316.

Wang Y, McAllister TA, Rode LM, Beuchemin KA, Morgavi DP, Nsereko VL and Yang W, 2001. Effects of an exogenous enzyme preparation on microbial protein synthesis, enzyme activity and attachment to feed in the rumen simulation technique (rusitec). British Journal of Nutrition 85(3), 325-332.

Wang Y, Spartling BM, Zobell D R, Wiedmeier RD and McAllister TA, 2004. Effect of alkali pretreatment of wheat straw on the efficacy of exogenouse fibrolytic enzymes. Journal of Animal Science 82:198-208.

Xing L, Chen, LJ and Han LJ, 2009. The effect of an inoculants and enzymes on fermentation and nutritive value of sorghum straw silages. Journal BiotechnologyScience 100: 488-491

Yue ZB, Li WW and Yu HQ, 2013. Application of rumen microorganisms for anaerobic bioconversion of lignocellulosic biomass. Bioresource Technology12(8): 738-744.

Evaluation of chemical composition and nutritional value of dried rumen fluid by spray drying with various hydrocolloids in vitro

F Rezai Sarteshnizi[1*], H Abdi-benemar[2] and J Seif Davati[2]

Received: December 31, 2020 Accepted: July 9, 2022
[1] PhD, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2] Assistant Professors, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[*]Corresponding author: E mail: Faribarezaei38@yahoo.com

پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Research

Journal of Animal Science/vol.33 No.1/ 2023/pp 43-62
https://animalscience.tabrizu.ac.ir

OPEN ACCESS

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
DOI: 10.22034/AS.2022.43672.1597

Introduction: Slaughterhouse rumen fluid contains microbial proteins, volatile fatty acids, microorganisms, vitamins and minerals. Rumen fluid has a very diverse population of bacteria and other microorganisms. Rumen bacteria have a thick bacterial polysaccharide (BPS) coating, so this fluid contains hundreds of bacterial polysaccharide molecules. Rumen fluid activity does not appear to be highly dependent on the diet. Bacterial polysaccharides are potent antigens and remain active even after autoclaving (Muscato et al., 2002). On the other hand, it contains high levels of ammonia and phosphorus, which, when disposed of in slaughterhouses, cause environmental pollution. Its nutrients cause eutrophication when excreted in soil and waterways. It is therefore important to find consistent uses of ruminal fluid (Trit and Schuchardt, 1992). The benefits of recycling these wastes are firstly reducing environmental pollution and secondly producing a feed source for ruminants (Mundal et al, 2013). pray drying has recently been used to dry biologically active compounds (Tribizenk et al. 1997). It is a simple, fast, and economical technique for obtaining powder from a solution or a liquid suspension (such as an enzyme suspension) (Bajsic and Kranjsevik 2001). This method is widely used in the pharmaceutical and dairy industries to dry milk, whey, antibiotics, vitamins, and enzymes (DeVos et al. 2010). spray drying changes the liquid to a solid form and causes transport, storage, easy examination, and uniform mixing and distribution in food formulations in small amounts (Tan et al. 2005). Some materials are used in the spray drying method as stabilizers to protect active molecules from heat. These include carbohydrates (such as starch, maltodextrin, and dextrose), gums (gum arabic, acacia gum, alginates, and carginals), proteins (milk proteins, whey, and gelatin) (Aghbashloo et al., 2012), Chitosan (2004). These materials improve stability during the manufacturing and storage process, as well as reducing stress and protein denaturation (Maiori et al. 2005). This study was performed in order that these compounds are biologically active after drying by spray drying, and also ruminal fluid can be converted into an enzyme source.
Materials and methods: Slaughterhouse rumen fluid obtained by filtration with 4 hydrocolloids of sodium alginate, guar gum, chitosan and maltodextrin in 1% (volume / weight) ratio was dried by spray drying. The chemical composition of the produced powders including the percentage of dry matter, protein, ether extract, in neutral detergent fibre and non-fibrous carbohydrates were determined. To determine gas production and nutritional parameters, 1 and 2 g of each powder were dissolved in 100 ml of 0.1 M phosphate buffer at pH 6.8 and sprayed on alfalfa grass, wheat straw and silage corn (10). Ml per 5 g of feed) and incubated for 24 hours at 39 ° C. Fresh ruminal fluid and phosphate buffer were selected as positive and negative control groups The method of Monk et al. (1979) was used to measure the amount of gas produced Digestible organic matter, metabolizable

energy, short-chain fatty acids, lactation specific energy and total volatile fatty acids were estimated using their own formulas.

Results and discussion: The results showed that there was a statistically significant difference between dried rumen fluid with different hydrocolloids and without hydrocolloids in terms of chemical composition ($P < 0.05$). The highest percentage of crude protein was related to dried rumen fluid with 1% maltodextrin. The amount of gas produced from incubation of alfalfa hay with processed ruminal fluid was significant at all times except 24 and 48 hours after incubation ($P < 0.05$). Gas production parameters were significantly different ($P < 0.05$). In the case of wheat straw and corn silage, the amount of gas produced was significant at all times except 6 and 12 o'clock ($P < 0.05$). The highest amounts of digestible organic matter (DOM), metabolizable energy (ME) and specific lactation energy (NEL) were related to wheat straw processed with fresh rumen fluid. The highest values of nutritional parameters were related to corn silage processed with rumen dried with 2% maltodextrin. Changes in gas production kinetics of enzyme-treated feeds have been reported previously. Elghandour et al. (2013) stated that increasing doses of an enzyme preparation from a ruminal bacterium, *Ruminococcus flavefaciens*, increased gas production from four fibrous feeds at all incubation times. Similarly, rate of gas production in two of the four fibrous feeds increased in response to higher doses of the enzyme preparation. Colombatto et al. (2003) observed higher in vitro ruminal organic matter digestibility for enzyme-treated feeds using an in vitro gas production method. This effect is attributed to the increase in degradation rate achieved via a combined effect of direct enzyme hydrolysis and synergistic action between the endogenous (ruminal) and exogenous enzymes. Wallace et al. (2001) examined the effect of two enzymatic preparations on the fermentation of corn and grass silages using an in vitro ruminal gas production method and reported that the rate of gas production increased at concentrations much higher than the recommended application rates. They also observed the highest correlation between increased gas production and enzyme activities against micro-granular cellulose (Wallace et al., 2001). Nutritional parameters, amount of metabolizable energy, total volatile fatty acids, digestibility of organic matter in silage corn were also significantly affected by dried rumen fluid with different hydrocolloids ($P < 0.05$).

Conclusion: This study showed that dried rumen fluid with different hydrocolloids is biologically active and alive and has the ability to become an enzymatic source. Maltodextrin hydrocolloids are also more successful among hydrocolloids in maintaining protein percentage, gas production, and nutritional parameters. Therefore, slaughter ruminal fluid is of great value.

Keywords: Slaughterhouse rumen fluid, drying, spray drying method, hydrocolloid, gas production, maltodextrin