مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۴، شماره ۲، سال ۱۳۸۲ (۵۰۷-۴۹۵)

تعیین میزان تجزیه پذیری علوفه با استفاده از فن تولید گاز و کیسه‌های نایلونی

هرمز منصوری[۱]، علی نیکخواه[۲]، محمد رضائیان[۳]، محمد مرادی[٤]و سید احمد میرهادی[٥]
۱ ، ٥، اعضاء هیئت علمی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور
۲، ٤، استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران ۳، دانشیار دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/٤/۱۸

خلاصه

برای تعیین میزان تجزیه پذیری علف خشک یونجه، علف نی و کاه‌گندم با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی و فن تولید گاز، در شکمبه ۳ رأس گاو نر بالغ اخته شده سیستانی و ۳ رأس گاو نر هولشتاین فیستول آماده گردید. درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام و همچنین مقدار گاز تولیدی (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلیگرم ماده‌خشک) حاصل از تخمیر علف یونجه، علف نی و کاه گندم به فواصل زمانی ٤، ۸، ۱۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲ و ۹٦ ساعت پس از انکوباسیون تعیین گردید. بین مشخصات تجزیه پذیری و پارامترهای تولید گاز در دو نژاد تفاوتی مشاهده نگردید. پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون بیشترین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک در علف یونجه (٤٦/۲۳٪) مشاهده شد که بطور معنی‌داری از تجزیه‌پذیری ماده خشک علف نی (۳۷/٦۷٪) و کاه گندم (۳٦/۲٤٪) بیشتر بود (P<۰/۰۵). همچنین در این مدت تجزیه‌پذیری پروتئین خام علف یونجه (۷۹/٦۳٪) بطور معنی‌داری از علف نی (۵۸/٤۲٪) و کاه گندم (٤۱/۹۵٪) بیشتر بود (P<۰/۰۵). مقدار گاز تولیدی پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون علف یونجه، علف نی و کاه گندم به ترتیب ٤۱/٦۳، ۲۹/۱۷ و ۲٦/۰۲ میلی لیتر به ازاء ۲۰۰ میلیگرم ماده خشک بود. نتایج این پژوهش نشان داد که معادله $p = a+b\ (1- e^{-ct})$ که برای تعیین تجزیه‌پذیری مواد خوراکی در کیسه‌های نایلونی بکار می‌رود همخوانی و شایستگی خوبی با میزان گاز تولیدی در ارزشیابی مواد خوراکی دارد. ضرایب همبستگی بالای بین درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام خوراکها با حجم گاز تولیدی حاصل از تخمیر آنها نشان دهنده آن است که از فن تولید گاز می‌توان با دقت بالایی برای تعیین تجزیه پذیری مواد خوراکی بجای روش استفاده از کیسه های نایلونی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی : تجزیه پذیری، کیسه نایلونی، تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی ، گاو

مقدمه

نشخوارکنندگان در جیره غذایی خود، معمولا مقدار زیادی علوفه مصرف می‌کنند. تأمین تغذیه صحیح متناسب با نیازهای این دامها، تا حد زیادی تابع دقت در تخمین کمیت و کیفیت علوفه مصرف شده می باشد. تصور می‌شود حیوان مطمئن‌ترین وسیله برای تعیین کیفیت علوفه است، اما استفاده از حیوان زنده بسیار وقت‌گیر و پر هزینه می‌باشد، از این رو استفاده از روشهای آزمایشگاهی سریع‌تر و کم هزینه‌تر برای تعیین خصوصیات‌کیفی مواد خوراکی مورد توجه قرار گرفته است (۳۳).

روشهای زیادی برای تخمین تجزیه‌پذیری یا هضم وجود دارد که با استفاده از آنها می توان ارزش غذایی‌علوفه ها را پیش‌بینی نمود .بعضی از روش‌های آزمایشگاهی موجود، مانند روش ابداع شده توسط تیلی و تری (۱۹٦۳)، روش تولید گاز ابداع شده‌توسط‌منک‌وهمکاران(۱۹۷۹)با استفاده از مایع شکمبه، و بعضی فن‌های دیگر بدون استفاده از مایع شکمبه و با استفاده از آنزیمها امکان ارزیابی تخمیر شکمبه‌ای را فراهم ساخته‌اند. با

مکاتبه کننده: هرمز منصوری

بکارگیری این روشها می‌توان تخمینی از روند هضم‌پذیری بالقوه‌ی خوراکها در شکمبه را تعیین کرد (۳۳).

نسل دوم این روشها برای تخمین تجزیه همراه با حرکت مواد خوراکی در شکمبه - نگاری می‌باشد .مفهوم کینتیک که در برگیرنده سرعت هضم و زمان باقی ماندن مواد خوراکی در شکمبه است اولین بار توسط بلاکستر و همکاران (۱۹۵۶) معرفی گردید .بررسی کینتیک هضم با اندازه گیری میزان تجزیه‌پذیری نمونه‌های خوراکی قرار داده شده در کیسه های نایلونی که در داخل شکمبه قرار می‌گیرند، و یا با استفاده از فن‌تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی امکان پذیر است. امروزه این روشها بطور وسیع برای ارزیابی میزان پروتئین و انرژی خوراکهای مورد استفاده نشخوارکنندگان، پیش بینی مقدار خوراک مصرفی، و همچنین بررسی امکان بروز اختلالات گوارشی در شکمبه استفاده می شوند (۲، ۵ ، ۶).

سال‌ها است که فن استفاده از کیسه‌های نایلونی برای برآورد میزان تجزیه خوراک در شکمبه مورد استفاده‌قرار می‌گیرد(۴، ۱۱، ۱۴، ۱۹، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۹، ۳۰، ۳۳) . از آنجایی که روش کیسه‌های نایلونی با قرار دادن مواد خوراکی‌در داخل شکمبه دام، امکان مجاورت نزدیک خوراکهای مورد آزمایش را با محیط طبیعی تخمیر میسر می‌سازد، شاید بتوان گفت که روشی بهتر از آن برای تقلید از محیط شکمبه (از نظر درجه حرارت، pH ، بافر و آنزیمها) وجود ندارد، با این حال این روش نیز دارای معایبی از قبیل اندازه قطر منافذ کیسه (۳۴)، تفاوت ترکیب‌جمعیت میکروبی داخل و خارج کیسه (۲۲، ۲۳، ۲۴)، نسبت وزن نمونه به مساحت کیسه (میلی‌گرم در هر سانتیمتر مربع)، اندازه ذرات نمونه خوراک (۴، ۵، ۹، ۱۰ ،۳۱) ، و آلوده شدن مواد باقی مانده درون کیسه با اجساد میکروارگانیسم های شکمبه (۱۷ ، ۲۴) می‌باشد که می‌توانند تفسیر نتایج این روش را تحت تأثیر قراردهند.

فن تولید گاز اولین بار توسط منک و همکاران(۱۹۷۹) ابداع و معرفی گردید و مقدار گاز تولیدی حاصل از تخمیر خوراک به وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه در مدت ۲۴ ساعت بهمراه فراسنجه‌های دیگر (پروتئین خام، الیاف خام، چربی خام و خاکستر خام)، جهت تخمین انرژی قابل متابولیسم خوراکها تعیین گردید. اساس فن‌تولید گاز مشابه سیستمی است که توسط تیلی و تری (۱۹۶۳) ابداع شد با این تفاوت که در فن تولید گاز به جای اندازه‌گیری ماده خشک از دست رفته، حجم گاز حاصل لز تخمیر (با گذاشتن نمونه‌های خوراک در داخل سرنگهای شیشه‌ای مدرج بهمراه مخلوط مایع شکمبه و بافر) در زمانهای مختلف ثبت می‌شود. تئودورو و همکاران (۱۹۹۴) با استفاده از یک گیرنده حساس نسبت به فشار، سیستم ساده تولید گاز را توسعه داده و کینتیک[1] هضم علوفه در مایع شکمبه در شرایط آزمایشگاهی را تعیین کردند.

اندازه‌گیری تولید گاز به واسطه سادگی روش، در سالهای اخیر بطور روزافزونی برای برآورد مصرف اختیاری ماده خشک در حیوان بکار رفته است (۱۳ ،۱۴). بر اساس گزارش بلومل و ارسکف(۱۹۹۳) همبستگی بالایی بین‌گاز تولیدی و فراسنجه‌های ماده خشک مصرفی (r= ۰/۸۸) ماده خشک قابل هضم مصرفی (r= ۰/۹۴) و سرعت رشد دام (r=۰/۹۵) وجود دارد و این مقادیر با نتایج محققان دیگر همخوانی دارد (۲۷ ، ۲۸). بلومل و ارسکف (۱۹۹۳) نشان دادند که حجم گاز تولیدی فقط منعکس کننده تولید اسیدهای چرب زنجیر کوتاه است. تطابق مناسب حجم گاز تولیدی با فراسنجه‌های حاصل از مطالعات ***in situ*** و ***in vivo*** حاکی از آن است که تولید گاز بطور دقیق تخمیر ماده خوراکی را منعکس می‌کند. حجم گاز تولیدی که منعکس کننده تخمیر مواد خوراکی به اسیدهای‌چرب فرار است، می‌تواند برآوردی از قابلیت هضم ظاهری باشد (۲) و به طور دقیقی با مقدار و نسبت استات و بوتیرات نیزمرتبط می‌باشد. بنابراین نسبت اسیدهای چرب فرار هم روی حجم گاز تولیدی اثر می گذارد، زیرا فقط تخمیر ماده خوراکی به استات و بوتیرات است که تولید گاز کربنیک و در نتیجه گاز متان می‌کند و حدود ۵۰ ٪ حجم گازهای تولیدی را گاز کربنیک و گاز متان شامل می‌شود که بطور مستقیم از تخمیر ناشی می‌شوند. تخمیر مواد سریع التخمیر احتمالا منجر به تولید نسبت بیشتری از پروپیونات می شود و می تواند به ازاء هر واحد اسید چرب فرار تولید شده گاز کمتری تولید شود.

بلومل و بولردیک (۱۹۹۷) استفاده از عامل تفکیک محاسبه شده از داده‌های تجزیه پذیری و تولید گاز برای برآورد ماده خشک مصرفی را مورد مطالعه قرار دادند(۴) ، نتایج پژوهش این محققان ضمن تأیید نتایج پژوهش بلومل و همکاران

1 . kinetic

(۱۹۹۴) ، نشان داد که معیارهای اندازه‌گیری وزن که در روش تجزیه پذیری بکار برده می‌شوند بیانگر آنست که چه مقدار سابستریت برای تخمیر شدن در دسترس می‌باشد و معیارهای تولید گاز نشان می‌دهند که چه مقدار از این سابستریت برای تولید گاز مصرف می‌شود.

نتایج آزمایشهای بلومل و ارسکف (۱۹۹۳) نشان داد در ۲۴ و ۴۸ ساعت انکوباسیون به ترتیب حدود ۴۵٪ و ۳۰٪ از سابستریت تخمیر شده برای تولید اسیدهای چرب فرار و گاز مصرف نمی‌شود بلکه این مقدار یا در پیکر میکروارگانیسم ها تثبیت شده و یا بوسیله آنها مهار (گیر انداخته) می‌شود.

در فن تولید گاز میزان توده میکروبی از ۲۴ تا ۴۸ ساعت انکوباسیون کاهش می‌یابد، اگر این کاهش به واسطه مردن و متلاشی شدن میکروبها باشد، قسمتی از اجساد میکروبها ممکن است در تخمیرهای بعدی به اسیدهای چرب فرار و گاز تخمیر شود .اگر چه این امر تأثیری روی رابطه بین اسیدهای چرب فرار و تولید گاز نمی‌گذارد، ولی می‌تواند منجر به بیش از حد برآورد نمودن قابلیت هضم شود .این امر ممکن است روی حجم کل گاز تولیدی و در نتیجه میزان سرعت تخمیر شدن، که از روی تولید گاز اندازه‌گیری می‌شود، اثر بگذارد و می‌تواند توضیحی‌برای عدم همبستگی بین میزان ثابتهای حجم گاز و ثابتهای تجزیه پذیری در کیسه‌های نایلونی باشد . در روش‌تولید گاز علاوه بر اینکه ثبت سرعت تخمیر خیلی آسان است، با یک انکوباسیون علاوه بر قابلیت هضم ظاهری، قابلیت هضم حقیقی را نیز می‌توان برآورد نمود، زیرا حجم گاز تولیدی بهترین شاخص و معرف برای قابلیت‌هضم ظاهری است ،و ماده آلی ناپدید شده نیز بیانگر قابلیت هضم حقیقی می‌باشد(۲) .

با اینحال در تعیین تجزیه پذیری مواد خوراکی به عنوان شاخصی از ارزش غذایی و قابلیت هضم و مورد استفاده قرار گرفتن آن توسط دام عوامل متعددی وجود دارد که می تواند دقت نتایج به دست آمده را تحت تأثیر قرار دهد، همچنین تعیین تجزیه‌پذیری مواد خوراکی به روش کیسه نایلونی به دام زنده و انجام عمل جراحی جهت تعبیه فیستول نیاز دارد، که علاوه بر زمان بر بودن مستلزم صرف هزینه زیادی جهت خرید دام ، انجام عمل جراحی و تعلیف دام می باشد. از طرف دیگر استفاده از فن تولید گاز به خاطر سادگی روش کار، کمتر بودن عوامل ایجاد کننده خطا ، نیاز به تعداد کمتر نمونه و همچنین سرعت عمل و تولید اطلاعات اضافی (مانند برآورد قابلیت هضم ظاهری و حقیقی و برآورد انرژی قابل متابولیسم نمونه خوراک) نسبت به روش کیسه نایلونی می تواند تکمیل کننده و جایگزین مناسبی برای روش کیسه های نایلونی باشد. با توجه به موارد فوق هدف از انجام این تحقیق تعیین ارتباط بین نتایج بدست آمده با دو روش کیسه های نایلونی و تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی و همچنین مطالعه اثر منشأ تأمین مایع شکمبه روی میزان گاز تولیدی در روش تولید گاز می باشد.

مواد و روشها

حیوان و محل آزمایش

به منظور تعیین تجزیه پذیری علوفه با استفاده از روش کیسه نایلونی و فن تولید گاز و همچنین بررسی تأثیر منشأ مایع شکمبه برروی میزان تولید گاز حاصل از نمونه های خوراک و مقایسه فراسنجه های تجزیه پذیری و تولید گاز در دو نژاد گاو، از تعداد سه راس گاو بالغ سیستانی *(Bos indicus)* با میانگین وزن۲۳±۳۹۵ کیلوگرم و سه راس گاو بالغ نژاد هولشتین *(Bos taurus)* با میانگین وزن ۱۲ ±۳۷۸ کیلوگرم جهت انجام این آزمایش استفاده‌شد. دامها پس از انتقال به محل آزمایش واقع در مزرعه آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در کرج، با عمل جراحی اخته و پس از بهبود، به روش دو مرحله‌ای مورد عمل جراحی قرار گرفته (۱۲) و فیستول گذاری شکمبه‌ای گردیدند. دامها مدت حدود یک ماه تحت مداوا و تیمار قرار گرفته و محل قرار گرفتن فیستول روزانه ضد عفونی شده و پس از بهبودی کامل برای انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند.

خوراکهای مورد آزمایش و جیره غذایی

علوفه‌ی مورد آزمایش در این تحقیق شامل علف خشک یونجه، علف نی و کاه گندم بود. علف یونجه و کاه گندم از تولیدات مزرعه دانشکده کشاورزی و علف نی از نیزارهای دریاچه هامون واقع در حومه شهرستان زابل تهیه و به محل انجام آزمایش منتقل گردید.

با مصرف هریک از علوفه مورد استفاده دامهای آزمایشی به مدت ۱۵ روز جهت عادت‌پذیری و تطابق میکروارگانیسم های شکمبه با علف مورد استفاده ، و مدت۱۰ روز جهت نمونه برداری در سطح نگهداری و با جیره بر اساس علوفه مورد آزمایش تغذیه شدند . در هنگام مصرف کاه گندم جهت تأمین ازت مورد نیاز میکروارگانیسمها در حد تأمین نیاز نگهداری میکروبها کنسانتره در اختیار دامها قرار گرفت .

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاه

در این روش، برای اندازه‌گیری تخمیر از سرنگهای شیشه‌ای مخصوص با قطر داخلی۳۲ میلیمتر و طول ۲۰۰ میلیمتر و با حجم حدود ۱۵۰ میلی لیتر استفاده گردید .حدود ۲۰۰ میلی گرم از ماده خشک نمونه خوراک که قبلا با الک یک میلیمتر آسیاب گردیده بود داخل سرنگ ریخته شد و برای هر نمونه خوراک ۵ تکرار (سرنگ) در نظر گرفته شد و در۲ روز متوالی این کار تکرار گردید، برای هر ماده خوراکی در هر دام ۱۰ اندازه گیری‌جمعا ۶۰ مشاهده) انجام شد .شیره شکمبه از گاوهایی که به مدت ۱۰ روز با جیره حاوی علوفه مورد نظر دو بار در روز تغذیه می‌شدند، حدود یک ساعت قبل از وعده خوراک صبح از طریق فیستول جمع آوری و صاف گردیده و در فلاسک محتوی گاز کربنیک سریعا به آزمایشگاه منتقل گردید. مایع شکمبه و محیط کشت تهیه شده مطابق روش منک و همکاران(۱۹۷۹) و روش تصحیح شده منک و استینگس (۱۹۷۸) به نسبت یک قسمت از (مایع شکمبه) و ۲ (محیط کشت) به داخل بالن مخصوص ریخته شد و گاز کربنیک به داخل مخلوط تزریق و در آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتیگراد نگهداری شد .در هر سرنگ مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و محیط کشت ریخته شد و در دستگاه انکوباتور (۳۹ درجه سانتیگراد) که با سرعت یک دور در دقیقه می‌چرخید قرار داده شد .برای تصحیح‌گاز تولیدی با منشأ مایع شکمبه، در هر مرحله در ۴ عدد سرنگ بدون آنکه نمونه خوراک ریخته شود(شاهد) ، فقط ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و محیط کشت ریخته شد، و در هر زمان مقدار گاز تولیدی در این سرنگها از حجم کل گاز تولیدی کم شد تا مقدار گاز تولیدی ناشی از تخمیر خوراک مورد آزمایش بدست آید.

در زمانهای ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از قرار دادن سرنگها در انکوباتور، میزان گاز تولیدی قرائت و ثبت گردید. هنگامی که حجم محتویات سرنگ به حدود ۶۰ میلی‌لیتر می‌رسید، گاز را خارج نموده و مجددا پیستون سرنگ در موقعیت ۳۰ میلی‌لیتر قرار داده می‌شد. حجم گاز تولیدی براساس وزن نمونه خوراک در هر زمان با استفاده از رابطه‌ی $V = 200^* (vt - vb)/ W$ تصحیح گردید. در این رابطه V حجم گاز تصحیح شده بر حسب میلی‌لیتر، vt حجم گاز تولیدی در سرنگهای حاوی نمونه خوراک بر حسب‌میلی‌لیتر، vb حجم گاز تولیدی در سرنگهای فاقد نمونه خوراک بر حسب میلی‌لیتر، و W وزن نمونه خوراک بر حسب میلی گرم ماده خشک است .

تجزیه پذیری با استفاده از کیسه‌های نایلونی

برای تعیین تجزیه‌پذیری‌موادخوراکی،گاوهای فیستول‌گذاری شده به مدت ۱۰ روز با جیره بر اساس خوراک مورد آزمایش و در حد نگهداری دو بار در روز تغذیه‌شدند .نمونه ماده خوراکی با آسیاب مخصوص و با غربال ۲ میلیمتری آسیاب شد .حدود ۵ گرم از نمونه خوراک در هر کیسه نایلونی (۹×۱۵سانتیمتر و قطر منافذ کیسه ها بین ۴۵ تا ۵۰ میکرومتر) ریخته شد . کیسه‌های نایلونی به لوله‌های لاستیکی به قطر ۰/۵ و طول ۵۰ سانتیمتر متصل گردید و از طریق فیستولی شکمبه ای در داخل شکمبه غوطه ور نگهداری شدند . برای هر زمان در هر دام ۲ تکرار (کیسه) در نظر گرفته شد. کیسه‌ها را پس از مدت صفر،۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ ساعت انکوباسیون از شکمبه خارج نموده و بلافاصله در آب سرد قرارداده و پس از شستشو در ماشین لباس‌شویی، به مدت ۴۸ ساعت در دمای۶۰ درجه سانتیگراد خشک شدند و پس از توزین و تعیین ماده خشک ناپدید شده نمونه‌ها، پروتئین خام در باقی مانده نمونه‌ها مطابق روشهای استاندارد تعیین گردید .با استفاده از نرم‌افزارکامپیوتری Neway میزان ناپدید شدن مواد در زمانtوهمچنین پارامترهای a، b و c بر اساس رابطه‌ی $p= a+b (1- e^{-ct})$ برای زمانهای مختلف محاسبه و درصد تجزیه‌پذیری مؤثر بر اساس رابطه‌ی $P= a+ (c^*b / c+r)$ که توسط ارسکف و مک دونالد (۱۹۷۹) و مک دونالد (۱۹۸۱) پیشنهاد شده محاسبه گردید.

مدل آماری

داده‌های به دست آمده از این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی و به روش فاکتوریل تجزیه و تحلیل گردید. مدل آماری طرح به شرح زیر بود:

$$X_{ij} = \mu + \propto_i + \beta_j + (\propto\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

در این مدل X_{ij} معادل مقدار هر مشاهده ، μ میانگین، $\propto_i$ اثر نوع خوراک، β_j اثر نژاد ، $(\propto\beta)_{ij}$ اثر متقابل خوراک و نژاد، و ε_{ijk} خطای آزمایش می باشد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه پذیری ماده خشک خوراکهای مورد آزمایش در زمانهای ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ ، ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون در شکمبه در جدول یک گزارش شده است. مشخصه های تجزیه پذیری در بین دو نژاد تفاوت معنی داری را نشان نداد. در ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون میزان ماده خشک ناپدید شده علف یونجه در شکمبه (۴۶/۲۲٪) به طور معنی‌داری از علف نی (۴۲/۸۲٪) و کاه گندم (۳۶/۲۴ ٪) بیشتر بود ($P<۰/۰۵$) . حداکثر تجزیه پذیری یونجه تا ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون بود در صورتی که تجزیه‌پذیری علف نی و کاه گندم تا ۷۲ ساعت همچنان ادامه داشت. سرعت بالاتر تجزیه پذیری علف یونجه (۰/۰۷۳) در مقایسه با علف نی (۰/۰۳۱) و کاه گندم (۰/۰۴۰) نیز مؤید این امر می باشد (شکل ۱، A).

تجزیه‌پذیری پروتئین خام خوراکهای مورد آزمایش در زمانهای مختلف پس از انکوباسیون در شکمبه در جدول ۲ منعکس شده است .در ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام علف یونجه ۷۹/۶۳ درصد، علف نی ۵۸/۴۲ و کاه گندم ۴۱/۹۵ درصد بود ($P<۰/۰۵$). منحنی تجزیه‌پذیری (شکل ۱، B) پروتئین یونجه نشان می‌دهد که عمده پروتئین قابل تجزیه یونجه در ۲۴ ساعت اول پس از انکوباسیون تجزیه شده و ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون به حداکثر تجزیه‌پذیری رسیده است، در حالی که در علف نی و کاه گندم تجزیه پذیری پروتئین خام تا ۷۲ ساعت پس از انکوباسیون سیر صعودی اما کند دارد. سرعت تجزیه شدن پروتئین در علف یونجه ۰/۱۲۱۷ و علف نی ۰/۰۴۲۴ و درکاه گندم ۰/۰۳۶۳ درصد در ساعت بوده که بیانگر سرعت‌سریع‌تر تجزیه‌پروتئین خام علف یونجه می‌باشد.

داده‌های مربوط به تولید گاز حاصل از تخمیر علف یونجه، کاه گندم و علف نی در زمانهای ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۷۲ و۹۶ ساعت پس از انکوباسیون در جدول ۳ درج شده است . مشخصه‌های تولید گاز در بین دو نژاد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. مقایسه گاز تولید شده (میلی‌لیتر) به ازای ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک این مواد خوراکی نشان دهنده تولید گاز بیشتر علف یونجه در مقایسه با کاه گندم و علف نی می‌باشد (شکل ۱، C). بیشترین تفاوت در حجم گاز تولیدی، در ۲۴ ساعت اول پس از انکوباسیون می‌باشد بطوریکه در ۴ ساعت پس از انکوباسیون بطور متوسط ۱۸/۴۷ میلی‌لیتر گاز از تخمیر علف یونجه حاصل شد در صورتی که در همین مدت گاز حاصل از تخمیر علف نی ۲/۹۹ میلی‌لیتر و کاه گندم ۳/۹۷ میلی‌لیتر بود ($P<۰/۰۵$). در ۸ ساعت پس از انکوباسیون مقدار گاز تولیدی حاصل از تخمیر علف یونجه به ۲۸/۵۵ میلی‌لیتر و در علف نی ۷/۳۷ میلی‌لیتر و کاه گندم ۷/۹۲ میلی‌لیتر رسید که بیانگر تفاوت بیشتر در سرعت تولید گاز تولیدی بین این مواد خوراکی است، در ۱۲ ساعت پس از انکوباسیون نیز مقدار گاز تولیدی حاصل از تخمیر علف یونجه، علف نی و کاه گندم به ترتیب۳۳/۵۳ ، ۱۴/۲۵ و ۱۳/۶۱ میلی‌لیتر و در۲۴ ساعت این‌مقادیر به ۴۱/۶۳، ۲۹/۱۷ و ۲۶/۰۳ میلی‌لیتـر رسید. روند تولید گاز در زمانهای مختلف با معادله ارائـه شده توسط ارسکف و مک دونالد (۱۹۷۹) مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت (جدول۳) و مشخص شد که این معادله شایستگی خوبی برای نشان دادن گاز تولیدی در نمونه‌های خوراک دارد.

ضرایب همبستگی بین تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام و حجم گاز تولیدی نمونه های علف یونجه، علف نی و کاه گندم که در جدول شماره ۴ گزارش شده، بیانگر همبستگی بالای تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌های خوراکی با میزان گاز تولیدی آنهاست (شکل ۲). بالاترین همبستگی بین ماده خشک و پروتئین‌خام علف نی($r=۰/۹۹۳$) و کمترین آنها بین پروتئین‌خام‌وگاز تولیدی یونجه بود($r=۰/۹۳۶$). روابط تابعیت بین درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام، با حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازاء ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) برای علوفه‌ی یونجه و نی و کاه گندم در جدول شماره ۵ منعکس شده است .میزان ضریب‌تعیین(R^2, r) بالا در این معادلات بیانگر دقت زیاد برآورد معادلات بدست آمده می‌باشد.

جدول ۱ – تجزیه پذیری ماده خشک مواد خوراکی

علوفه	گروه	زمان انکوباسیون (ساعت)							مشخصه های تجزیه پذیری			
		٤	٨	١٦	٢٤	٤٨	٧٢	٩٦	a.	b	c	RSD
علف یونجه	سیستانی	١٧/٠٩ ±٠/٩١	٢٩/٩٠ ±١/٤٠	٣٨/٧٤ ±١/٦٦	٤٦/٩٥ ±٠/٨٠	٥٢/٠٦ ±٠/٤٤	٥٣/٧٠ ±٠/٥٢	٥٤/٧٦ ±٠/٧١	٤/٧١٣١	٤٩/٢٢٣	٠/٠٧٩٤	١/٤٦٣
	هولشتاین	١٤/١٠ ±٠/٨٣	٢٥/٤٩ ±١/٩٠	٣٧/٠٥ ±١/٧٢	٤٥/٥٠ ±٠/٩٦	٥١/٣٧ ±٠/٦٦	٥٤/٣٥ ±٠/٥٣	٥٧/٠٥ ±٠/٧٠	٢/٠٧٠	٥٣/١٩٦	٠/٠٦٨٢	١/٥٢٤
	کل	١٥/٥٩ ± ٠/٧٤	٢٧/٦٩ ±١/٦٩	٣٧/٨٩ ±١/٥٢	٤٦/٢٢e ±٠/٧٢	٥١/٧١ ±٠/٣٥	٥٤/٠٢ ±٠/٤١	٥٥/٩٠ ٠±/٦٥	٣/٤٣٤	٥١/١٤٢	٠/٠٧٣٣	١/٤٠٣
کاه گندم	سیستانی	١٦/٦٢ ± ٠/٥٧	٢١/٣٦ ±٠/٤١	٣٠/٩٨ ±٠/٩٩	٣٧/٥٥ ±٠/٦١	٤٥/٧٠ ±٠/٧٩	٤٩/٤٨ ±٠/٦٥	٥٢/٧٠ ±٠/٨٣	١٠/٠٣٢	٤٢/٤١١	٠/٠٤١٤٠	٠/٩٨٢
	هولشتاین	١٥/٤٩ ±٠/٥٤	١٨/٨٧ ±١/٠٩	٢٨/٣٩ ±١/٠٦	٣٣/٦١ ±١/٠٤	٤٦/٠٧ ±١/٠١	٤٨/٢٧ ±١/٢٤	٥١/١٤ ±٠/٨٦	٨/٨٣٨	٤٣/٤٧٤	٠/٠٣٦٥	١/٠٥٩
	کل	١٦/٠٠ ±٠/٤٢	٢٠/٥٣ ±٠/٥٢	٣٠/١٢ ±٠/٧٩	٣٦/٢٤E ±٠/٦٨	٤٥/٨٢ ±٠/٦١	٤٩/٠٨ ٠±/٥٩	٥٢/١٧ ±٠/٦٣	٩/٤٢٩	٤٢/٩٠٧	٠/٠٤٠٠	٠/٧٢٣
علف نی	سیستانی	٢١/٢٩ ٠±/٩٤	٢٦/٤٦ ±٠/٩٢	٣٤/٦٤ ±١/٧٠	٤٤/٥٤ ±١/٢٦	٥٤/٩١ ±١/٥٠	٥٩/٦٥ ١±/٥٢	٦٣/٧١ ±١/٤٦	١٤/٥١٣	٥٠/٢٦٠	٠/٠٣٤٦	١/٢٩٩
	هولشتاین	١٨/٠٦ ±٠/٥١	٢٣/٧٤ ±١/٨٥	٢٨/٣٨ ±١/١٣	٣٧/٦٧ ±٠/٦٣	٤٨/٧٠ ±١/٦٢	٥٦/٥ ±٠/٨٣	٦٠/٣٤ ±٠/٩٥	١٣/٦٤٨	٥١/٩٦٦	٠/٠٢٣٩	١/٢٦٢
	کل	٢٠/٤٨ ± ٠/٧٩	٢٥/٧٧ ±٠/٨٥	٣٣/٠٧ ±١/٤٦	٤٢/٨٢F ±١/٨٥	٥٣/٣٦ ±١/٣٦	٥٨/٨٧ ±١/١٩	٦٢/٨٧ ±١/١٦	١٤/٣٨٨	٥٠/٣١٠	٠/٠٣١٧	١/١٦١

a: بخش سریع تجزیه b : بخش کند تجزیه c : ثابت نرخ تجزیه RSD : انحراف معیار خطا

در هر ستون حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین خوراک‌ها می‌باشد.

جدول ۲ – تجزیه پذیری پروتئین خام مواد خوراکی

علوفه	گروه	زمان انکوباسیون (ساعت)							مشخصه های تجزیه پذیری			
		۴	۸	۱۶	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶	a.	b	c	RSD
علف یونجه	سیستانی	۱۷/۰۹ ±۰/۹۱	۲۹/۹۰ ±۱/۴۰	۳۸/۷۴ ±۱/۶۶	۴۶/۹۵ ±۰/۸۰	۵۲/۰۶ ±۰/۴۴	۵۳/۷۰ ±۰/۵۲	۵۴/۷۶ ±۰/۷۱	۱۸/۳۱۶	۶۴/۵۴۰	۰/۱۲۱۲	۱/۹۷۰
	هولشتاین	۴۱/۳۷ ±۰/۵۰	۵۹/۱۶ ±۱/۵۰	۷۵/۶۲ ±۰/۹۳	۸۱/۹۸ ±۰/۲۳	۸۴/۴۴ ۰±/۲۱	۸۵/۹۴ ±۰/۱۷	۸۷/۳۸ ±۰/۲۰	۱۳/۴۳۷	۷۲/۵۲۴	۰/۱۲۲۶	۰/۹۹۸
	کل	۴۱/۵۳ ±۱/۳۰	۶۰/۳۳ ±۱/۲۸	۷۲/۶۹ ۰±/۹۹	۷۹/۶۳e ±۰/۶۹	۸۲/۵۰ ±۰/۵۷	۸۳/۹۹ ±۰/۵۹	۸۵/۱۵ ±۰/۶۱	۱۶/۴۹۹	۶۷/۲۰۶	۰/۱۲۱۷	۱/۶۰۱۳
کاه گندم	سیستانی	۱۶/۸۰ ±۱/۳۰	۲۳/۵۲ ±۱/۴۴	۳۴/۲۰ ±۱/۵۰	۴۱/۸۷ ±۱/۴۱	۵۶/۸۸ ۰±/۹۶	۶۴/۹۹ ±۱/۸۲	۶۵/۲۱ ±۱/۸۳	۸/۶۴۵	۵۹/۸۲۳	۰/۰۳۴۴	۱/۰۲۷
	هولشتاین	۱۳/۷۱ ±۱/۰۴	۱۹/۶۸ ±۰/۵۹	۳۲/۸۵ ±۰/۴۰	۴۲/۱۱ ±۰/۶۰	۵۷/۳۷ ±۱/۳۳	۶۱/۳۰ ±۰/۹۰	۶۴/۶۹ ±۰/۷۱	۳/۷۲۷	۶۲/۰۵۴	۰/۰۳۹۹	۰/۹۷۶
	کل	۱۵/۷۷ ±۰/۹۸	۲۱/۵۷ ±۱/۰۲	۳۳/۷۵ ±۱/۰۰	۴۱/۹۵F ±۰/۹۴	۵۷/۱۵ ±۰/۷۶	۶۳/۹۱ ±۱/۳۱	۶۴/۸۹ ±۰/۲۸	۷/۰۰۶	۶۰/۵۰۲	۰/۰۳۶۳	۰/۷۴۴
علف نی	سیستانی	۳۸/۷۷ ±۱/۹۸	۴۵/۸۱ ±۱/۵۲	۵۳/۴۰ ±۱/۳۰	۶۰/۵۵ ±۱/۳۱	۶۷/۶۶ ±۰/۹۶	۷۱/۳۰ ±۱/۳۱	۷۳/۳۵ ±۰/۷۸	۳۲/۳۸۹	۴۰/۶۱۶	۰/۰۴۶۸	۰/۹۲۳
	هولشتاین	۳۷/۴۵ ±۱/۲۸	۴۴/۰۱ ۱±/۰۲	۴۸/۳۸ ۱±/۴۲	۵۴/۱۶ ±۱/۰۴	۶۱/۱۳ ±۱/۰۶	۶۶/۳۶ ۱±/۱۰	۶۸/۹۰ ±۰/۵۸	۳۴/۴۷۴	۳۵/۵۳۴	۰/۰۳۱۸	۱/۲۵۲
	کل	۳۸/۳۳ ±۱/۴۷	۴۵/۲۱ ±۱/۳۲	۵۱/۷۲ ±۱/۳۶	۵۸/۴۲F ±۱/۲۵	۶۵/۴۸ ۰±/۹۸	۶۹/۶۵ ±۱/۲۳	۷۱/۸۷ ±۰/۶۳	۳۳/۱۲۲	۳۸/۴۸۹	۰/۰۴۲۴	۱/۰۴۱

a : بخش سریع تجزیه b : بخش کند تجزیه c : ثابت نرخ تجزیه RSD : انحراف معیار خطا

در هر ستون حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین خوراک‌ها می‌باشد.

جدول ۳ – تولید گاز مواد خوراکی در شرایط آزمایشگاه (میلی لیتر به ازاء ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک خوراک)

علوفه	گروه	زمان انکوباسیون (ساعت)							مشخصه های تولید گاز			
		۴	۸	۱۶	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶	a.	b	c	RSD
علف یونجه	سیستانی	۱۷/۰۹ ±۰/۹۱	۲۹/۹۰ ±۱/۴۰	۳۸/۷۴ ±۱/۶۶	۴۶/۹۵ ±۰/۸۰	۵۲/۰۶ ±۰/۴۴	۵۳/۷۰ ±۰/۵۲	۵۴/۷۶ ±۰/۷۱	۹/۵۵۰	۴۰/۳۴۱	۰/۰۷۹۲	۱/۴۰۴
	هولشتاین	۱۶/۰۱ ±۰/۱۹	۲۶/۴۷ ±۰/۲۹	۳۱/۲۶ ±۰/۴۱	۳۹/۱۰ ±۰/۶۷	۴۵/۷۰ ±۰/۷۴	۴۸/۰۱ ±۰/۷۹	۴۸/۴۰ ±۰/۸۵	۷/۰۵۷	۴۰/۷۱۵	۰/۰۷۱۹	۱/۳۹۸
	کل	۱۸/۴۷ ±۰/۱۶	۲۸/۵۸ ±۰/۲۶	۳۳/۵۳ ±۰/۳۳	۴۱/۶۳e ±۰/۵۷	۴۷/۴۱ ±۰/۶۳	۴۹/۲۶ ±۰/۶۸	۴۹/۹۷ ±۰/۷۳	۸/۷۳۱	۴۰/۴۵۱	۰/۰۷۶۷	۱/۱۵۸
کاه گندم	سیستانی	۴/۰۵ ±۰/۱۹	۸/۰۰ ±۰/۲۹	۱۳/۹۰ ±۰/۴۶	۲۶/۷۷ ±۰/۹۲	۳۸/۰۰ ±۰/۹۹	۴۴/۰۴ ±۱/۰۹	۴۵/۰۹ ±۱/۱۷	-۴/۰۰۹	۵۰/۹۶۷	۰/۰۳۷۱	۰/۹۰۸
	هولشتاین	۳/۸۹ ±۰/۲۸	۷/۷۵ ±۰/۴۴	۱۳/۰۴ ±۰/۴۷	۲۴/۵۳ ±۰/۶۹	۳۶/۰۹ ±۰/۸۰	۴۰/۷۳ ±۰/۸۳	۴۱/۸۰ ±۰/۹۱	-۳/۴۹۸	۴۷/۱۴۰	۰/۰۳۷۲	۰/۷۵۲
	کل	۳/۹۷ ±۰/۱۶	۷/۹۲ ±۰/۲۶	۱۳/۶۱ ±۰/۳۳	۲۶/۰۳F ±۰/۵۷	۳۷/۳۶ ±۰/۶۳	۴۲/۹۴ ±۰/۶۸	۴۳/۹۹ ±۰/۷۳	-۳/۷۸۱	۴۹/۶۵۱	۰/۰۳۷۰	۰/۸۵۲
علف نی	سیستانی	۲/۸۲ ±۰/۲۰	۷/۱۵ ±۰/۳۷	۱۳/۷۵ ±۰/۷۳	۲۸/۶۱ ±۰/۹۷	۴۲/۸۴ ±۱/۰۱	۴۶/۵۹ ±۰/۹۵	۴۸/۵۵ ±۰/۸۷	-۷/۹۵۹	۵۷/۲۹۸	۰/۰۳۹۸	۱/۲۹۱
	هولشتاین	۳/۳۴ ±۰/۳۱	۷/۸۱ ±۰/۵۱	۱۵/۲۶ ±۰/۶۴	۳۰/۲۹ ±۰/۶۹	۳۷/۲۶ ±۱/۷۸	۴۱/۲۳ ±۱/۸۶	۴۲/۳۰ ±۱/۹۴	-۷/۴۴۸	۴۹/۷۹۸	۰/۰۵۲۷	۱/۶۵۴
	کل	۲/۹۹ ±۰/۱۸	۷/۳۷ ±۰/۳۲	۱۴/۲۵ ±۰/۵۶	۲۹/۱۷F ±۰/۷۲	۴۰/۹۸ ±۱/۲۶	۴۴/۸ ±۱/۲۸	۴۶/۴۶ ±۱/۲۹	-۷/۰۳۴	۵۴/۵۲۴	۰/۰۴۳۲	۱/۲۳۰

a :بخش سریع تجزیه b : بخش کند تجزیه c : ثابت نرخ تجزیه RSD : انحراف معیار خطا

در هر ستون حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین خوراک‌ها می‌باشد.

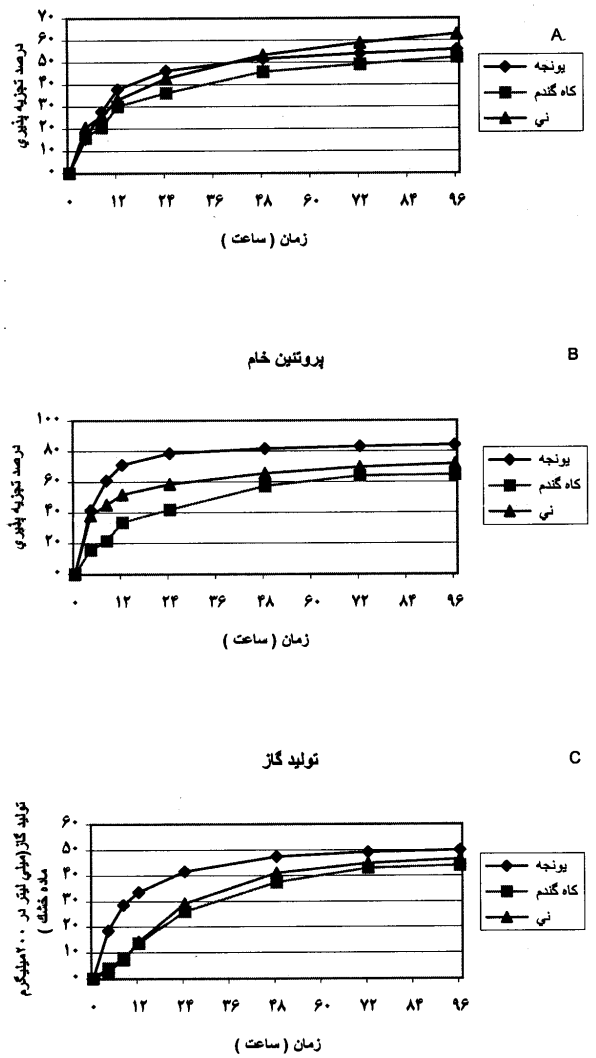
جدول ۴ – ضرایب همبستگی بین درصد تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام و حجم گاز تولیدی
(میلی لیتر به ازاء ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک خوراک)

صفات	ماده خشک یونجه	پروتئین خام یونجه	ماده خشک کاه	پروتئین خام کاه	ماده خشک نی	پروتئین خام نی
پروتئین خام یونجه	۰/۹۵۶	۱	—	—	—	—
تولید گاز یونجه	۰/۹۷۵	۰/۹۳۶	—	—	—	—
پروتئین خام کاه گندم	—	—	۰/۹۷۷	۱	—	—
تولید گاز کاه گندم	—	—	۰/۹۸٤	۰/۹۸۵	—	—
پروتئین خام علف نی	—	—	—	—	۰/۹۹۳	۱
تولید گاز علف نی	—	—	—	—	۰/۹۶۲	۰/۹۵۹

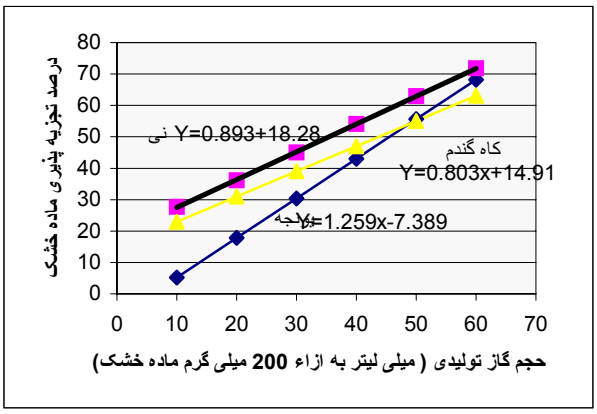
جدول ۵ – روابط رگرسیونی بین درصد تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام و حجم گاز تولیدی
(میلی لیتر به ازاء ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک خوراک)

علوفه	معادلات			
علف یونجه	$Y = -۷/۳۸۹ + ۱/۲۵۹ X$	$r = ۰/۹۷$	$r^2 = ۰/۹۵$	$SE = ۳/۳$
	$Y2 = ۶/۷۵۱ + ۰/۷۳۵ X_1 + ۰/۲۱۴ X_2$	$R = ۰/۹۷$	$R^2 = ۰/۹۵$	$SE = ۲/۶۴$
کاه گندم	$Y = ۱۴/۹۱ + ۰/۸۰۳ X$	$r = ۰/۹۸$	$r^2 = ۰/۹۷$	$SE = ۲/۴۷$
	$Y2 = -۱۳/۸۲۶ + ۰/۵۵۴ X_1 + ۰/۴۶۵ X_2$	$R = ۰/۹۹$	$R^2 = ۰/۹۸$	$SE = ۲/۴۰$
علف نی	$Y = ۱۸/۲۸۴ + ۰/۸۹۶ X$	$r = ۰/۹۶$	$r^2 = ۰/۹۲$	$SE = ۴/۵۷$
	$Y2 = -۲۶/۴۲۸ + ۰/۷۴۳ X_1 + ۰/۳۸۰ X_2$	$R = ۰/۹۶$	$R^2 = ۰/۹۲$	$SE = ۵/۰۳$

Y و X_1 درصد تجزیه پذیری ماده خشک ، X_2 درصد تجزیه پذیری پروتئین خام، Y_2 و X حجم گاز تولیدی (میلی لیتر به ازاء ۲۰۰ میلی گرم ما ده خشک خوراک).



شکل ۱- منحنی تجزیه‌پذیری پروتئین خام، ماده خشک، و تولید گاز در مواد خوراکی



شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین تجزیه‌پذیری ماده خشک (Y) و تولید گاز (X)

بحث

ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک نمونه‌های خوراک در جدول ۱ گزارش شده است .روند تجزیه ماده‌خشک نمونه‌های خوراک حاکی از آن است که در۲۴ ساعت اول انکوباسیون ، حدود ۸۲/۶۸٪ از کل ماده خشک قابل تجزیه یونجه (در ۹۶ ساعت) در شکمبه تجزیه می‌شود یعنی عمده تجزیه پذیری ماده خشک یونجه در ۲۴ ساعت اول انکوباسیون اتفاق می‌افتد و پس‌از این مدت روند تجزیه کند می‌شود .در مورد علف نی و کاه گندم به ترتیب ۶۸/۱ ٪ و ۶۹/۴۶ ٪ از میزان کل تجزیه پذیری (در ۹۶ ساعت) در ۲۴ ساعت اول صورت می‌گیرد .بلومل و ارسکف (۱۹۹۳) تجزیه پذیری کاه گندم در مدت ۲۴ ساعت را معادل ۵۳/۹ ٪ میزان تجزیه پذیری در ۷۲ ساعت گزارش نمودند.

ارسکف و همکاران (۱۹۸۸) با بکار بردن ده جیره با خصوصیات تجزیه پذیری متفاوت بر اساس کاه غلات در تغذیه گوساله‌های پرواری از فراسنجه های تجزیه پذیری علوفه برای پیش بینی مقدار خوراک مصرفی استفاده‌کرده و گزارش نمودند که ضرایب a ، b و c تعیین شده با استفاده از معادله‌ی $P = a+b\ (1- e^{-ct})$ فرض مهمی که ، همبستگی‌بالایی با ماده خشک مصرفی، ماده خشک قابل هضم مصرفی (r=۰/۸۸) سرعت رشد حیوان (r= ۰/۹۶) دارند و می‌توان بیش از ۹۰ ٪ تغییرات در مصرف خوراک و رشدحیوان را بوسیله خصوصیات تجزیه‌پذیری، که به‌سادگی با روش کیسه‌های نایلونی قابل اندازه گیری است، برآورد نمود .

در تحقیق حاضر بیشترین میزان تجزیه پذیری مربوط به علف یونجه می‌باشد بطوریکه معادل ۹۳/۵ ٪ کل تجزیه پروتئین خام (در۹۶ ساعت)، در ۲۴ ساعت اول انکوباسیون صورت می‌گیرد. این نسبت در علف‌نی۸۱/۳۸ ٪ و در کاه گندم۶۳/۶۴ ٪ می‌باشد. بلومل و ارسکف (۱۹۹۳) گزارش نمودند که استفاده از پروتئینهای با تجزیه‌پذیری بالا در شکمبه و یا استفاده از اوره به همراه مواد خشبی با افزایش قابلت هضم آنها همراه است .دت و سینگ (۱۹۹۴) نیز همبستگی مثبت و معنی دار بین سطح پروتئین خام، تولید گاز، قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی را گزارش نمودند .بنابراین تفاوت بین میانگینهای تجزیه پذیری خوراکهای مورد استفاده در پژوهش حاضر می‌تواند مربوط به ماهیت علف یونجه، علف نی و کاه گندم باشد .

منک و اسینگس (۱۹۸۷)گزارش نمودند وقتی که از روش تولید گاز برای تعیین خصوصیات هضمی مواد خوراکی استفاده می شود فرض براین است که گاز تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری جز ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی خوراک قرار نمی گیرد اما تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است روی سرعت تخمیر و استیوکیومتری[1] یا آمیزه شناسی تخمیر اثر بگذارد. بطور کلی عواملی مانند منشأ مایع شکمبه ، گونه دامی که مایع شکمبه از آن جمع آوری می گردد، زمان جمع آوری مایع شکمبه و جیره غذایی دام دهنده مایع شکمبه می توانند روی ماهیت مایع شکمبه و فعالیت میکروبی آن تاثیر بگذارند. اما در تحقیق حاضر با مصرف هریک از علوفه تفاوت معنی داری بین میزان تولید گاز بین دو نژاد دام مشاهده نگردید. که بیانگر عدم وجود اختلاف در نسبت و تراکم و فعالیت جمعیت میکروبی شکمبه بین دو نژاد سیستانی و هولشتین می باشد.

میزان تولید گاز در ۲۴ ساعت اول پس از انکوباسیون در نمونه‌های حاصل از تخمیر یونجه در مقایسه با علف‌نی و کاه گندم بیشتر بود (جدول ۳) . با توجه به اینکه بالا بودن تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی بیانگر بالا بودن انرژی قابل متابولیسم و همچنین ازت قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم می باشد (۸)، لذا نتایج پژوهش حاضر نیز این موضوع را تأیید می‌کند .بخشی از بالا بودن میزان گاز تولیدی در تخمیر علف یونجه به واسطه بالا بودن کیفیت و کمیت نسبی پروتئین خام آن (۱۴/۹۶ درصد) در مقابل علف نی (۷/۳ درصد) و کاه گندم (۵۷ /۳ درصد) بوده است. نتایج تحقیقات دت و سینگ (۱۹۹۵) نشان داد که با افزایش‌سطح مکمل پروتئین، قابلیت هضم ماده آلی و همچنین تولید گاز، در ۱۲ ساعت اول (مرحله‌ی اول) انکوباسیون در کاه گندم افزایش یافت اما این ضرایب از ۱۲ تا ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون (مرحله‌ی دوم) تحت تأثیر سطح پروتئین قرار نگرفت ، این امر به وضوح نشان می دهد که افزایش میزان تخمیر در مرحله ی اول به دلیل بیشتر در دسترس بودن سابستریت های محلول و قابل تخمیر است در صورتی که افزایش سطح پروتئین، تجزیه مواد نامحلول در مرحله دوم را تحت تأثیر قرار نداد .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 آنست که تولید گاز یک بخش لاینفک از تخمیر شدن مواد خوراکی است .داده‌های حاصل از پژوهش حاضر نیز این موضوع را تأیید می‌نماید .بلومل و ارسکف (۱۹۹۳) نشان دادند که کل گاز تولیدی همبستگی بالایی با مصرف خوراک، ماده خشک قابل هضم مصرفی و سرعت رشد حیوان دارد.

والنتین و همکاران (۱۹۹۱) برای تعیین ارزش تغذیه‌ای ذرت سیلو شده در تغذیه گاوهای شیری فن های تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی و تجزیه پذیری در کیسه نایلونی را با اندازه گیری فرآیندهای تجزیه‌ای کوتاه مدت (۲ تا ۸ ساعت) و بلند مدت(۸ تا ۲۸ ساعت انکوباسیون) بکار بردند .درحالیکه این دو روش به تجزیه شدن مواد علوفه‌ای بوسیله میکروارگانیسم های شکمبه وابسته‌اند اما ارزشهای یکسانی را در ارزیابی ارزش تغذیه‌ای علوفه‌ذرت سیلو شده نشان ندادند و با توجه به ضرایب همبستگی بین فراسنجه های این دو روش مشکل به نظر می‌رسد که بتوان با استفاده از تولید گاز، تجزیه پذیری در کیسه های نایلونی را برای علوفه های سیلو شده برآورد نمود .مهم‌ترین دلیل عدم تطابق نتایج این تحقیق با گزارش های دیگر، می‌تواند خروج مقدار ماده خشک تجزیه نشده از منافذ کیسه های نایلونی است در صورتی که چنین کاهشی در روش تولید گاز اتفاق نمی افتد (۳۴) .

کن و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که در خوراکهای حاوی درصد بالای پروتئین، به دلیل آنکه گاز کربنیک در مایع باقی مانده و خارج نمی‌شود .روش تولید گاز ارزش انرژی‌زائی این مواد خوراکی کمتر از میزان واقعی آن برآورد می‌گردد، بنابراین وقتی که تفاوت نمونه های خوراک از لحاظ درصد پروتئین زیاد باشد باید مقدار گاز تولیدی در نمونه های با پروتئین بالا تصحیح شود.

منحنی تولید گاز و ناپدید شدن ماده خشک در کیسه‌های نایلونی به صورت زیگموئید (S مانند) است(شکل ۱، C) و دارای ۳ مرحله می‌باشد. مرحله‌ی اول: مرحله‌ی بطئی تولید گاز است که شامل خیس خوردن، اتصال میکروبها و تشکیل کلنی

1 . stiochiometry

بر روی ذرات خوراک است. مرحله ی دوم : به صورت نمایی است و بیانگر هضم آنزیمی می‌باشد و مرحله سوم : مرحله ایست که سرعت تولید گاز کاهش یافته و سرانجام به صفر می‌رسد و منحنی به خط مستقیم تبدیل می‌شود. جمعیت میکروبی موجود در کیسه‌های نایلونی متأثر از جمعیت میکروبی شکمبه است که در طول شبانه روز تعداد آنها تغییر می‌کند (۲۳)، اما در روش تولید گاز در تمام دوره انکوباسیون جمعیت میکروبی ممکن است کم و بیش پایدار باشد.

لاربی و همکاران (۱۹۹۸) تجزیه پذیری ماده خشک و ازت نمونه‌های درختچه‌های علفی را با روش کیسه‌های نایلونی و تولید گاز مورد بررسی قرار داده و همبستگی بالایی بین پروتئین خام نمونه‌ها و سرعت تولید گاز گزارش‌نمودند .مقایسه نتایج حاصل از داده‌های روش کیسه های نایلونی و تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی در پژوهش‌حاضر، ضمن تأیید کار خزعل و همکاران (۱۹۹۳) و لاربی و همکاران (۱۹۹۸) نشان داد که روش کیسه های‌نایلونی و فن تولید گاز می‌توانند برای ارزیابی مواد خوراکی بکار برده شوند.

در جدول ۵ روابط ضریب تابعیت بین تجزیه پذیری ماده خشک و تجزیه پذیری پروتئین خام و گاز تولیدی در علف یونجه و علف نی و کاه گندم نمایش داده شده است .رابطه بین مقدار گاز تولیدی با تجزیه پذیری ماده‌خشک بیانگر آنست که تولید گاز در زمانهای مختلف با نتایج تجزیه پذیری بدست آمده از فن کیسه‌های نایلونی‌همخوانی دارد .یعنی با استفاده از داده‌های تولید گاز می‌توان با دقت بالایی تجزیه پذیری ماده خشک را برآورد نمود. معادلات مربوط به تولید گاز نیز نشان می‌دهد که میزان گاز تولیدی را می‌توان از روی اطلاعات مربوط به‌تجزیه پذیری ماده خشک و تجزیه پذیری پروتئین خام برآورد نمود .

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در فن کیسه‌های نایلونی، عوامل متعددی می‌تواند در تولید اطلاعات میزان تجزیه پذیری و روند تخمیر مواد خوراکی در شکمبه اثر بگذارد و با عنایت به اینکه ثبت اطلاعات هر مشاهده منجر به حذف آن‌می‌گردد ، با در نظر گرفتن سهولت داده برداری در فن تولید گاز و نیاز به تعداد نمونه کمتر جهت بررسی روند تخمیر و تولید اطلاعات اضافی در این روش، و همچنین همبستگی بالای بین داده‌های تولید گاز با میزان تجزیه‌پذیری ، می‌توان از فن تولید گاز برای برآورد میزان تخمیر و تخمین ارزش غذایی علوفه‌های خشبی استفاده نمود.

REFERENCES

1. Blaxter, K. L., N. McC. Graham, and F. W. Wainman. 1956. Some observation on the digestibility of food by sheep and on related problems . *British Journal of Nutrition* 10: 69-91.
2. Blummel, M., E. R. Orskov. 1993. Composition of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology* 40: 109 –119.
3. Blummel, M., H. Steingass, and K. becker. 1994. The partitioning of *in vitro* fermentation products and its bearing for prediction of voluntary feed intake. *Animal Feed Science and Technology* 47: 238 –245.
4. Blummel, M., P. Bullerdieck. 1997. The need to complement gas production measurements with residue determination from *in sacco* degradability to improve the prediction of voluntary intake of hays. *Animal Science* 64: 71 – 75.
5. Cone, Jhon W., A. H. Van Gelder, G. T. W. Visscher, L. Oudshoorn. 1996. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with fully automated time related gas production apparatus. *Animal feed Science and Technology* 61: 113 –128.
6. Cone, Jhon W., and H. A. Van Gelder. 1999. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Animal feed Science and Technology* 76: 251-264.
7. Cone, Jhon W., H. A. Van Gelder, and H. Valk. 1998. Prediction of nylon bag degradation characteristics of grass sample with of gas production technique. *Journal of Science and Agriculture* 77: 241-246.
8. Datt, C., and G. P. Singh. 1995. Effect of protein supplementation on *in vitro* digestibility and gas production of wheat straw. *Indian Journal of Dairy Science* 48: 357-361.
9. Ehle, F. R., M. R. Murphy and J. H. Clark. 1982. *In situ* particle size reduction and the effect of particle size on degradation of crude protein and dry matter in the rumen of dairy steers. *Journal of Dairy Science* 65: 963-971.

10. Figroid, w., W. H. Hale, and B. theurer. 1972. An evaluation of the nylon bag technique for estimating rumen utilization of grains. *Journal* of *Animal Science*, 35: 113-120.
11. Fonseca, A. J. M.,A. a. Dias-da-silva, and E. R. Orskov. 1998. *In sacco* degradation characteristics as predictors of digestibility and voluntary intake of roughage by mature ewes. *Animal feed Science and Technology* 72: 205-219.
12. Jelan, Z. A., A. R. Alimon and A. Osman. 1985.Rumen fistulation in sheep and goats. *University of Pertanian, Malaysia.*
13. Khazaal, K., M. T. Dentinho, R. Ribeiro and E. R. Orskov. 1993. A comparison of gas production during incubation with rumen content *in vitro* and nylon bag degradability as predictors of digestibility *in vivo* and voluntary intake of hays. *Animal Production* 57: 105-112.
14. Kibon, A. and E. R. Orskov. 1993. The use of degradation characteristics of browse plants to predict intake and digestibility by goats. *Animal Production* 57: 247- 251.
15. Krishnamoorthy, U., H. Soller, H. Steingass, and K. H. Menke. 1991. A comparative study on rumen fermentation of energy supplements *in vitro*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 65: 28-35.
16. Larbi, A., J. W. Smith, I. O. Adekunle, A. M. Raji, and D. O. Ladipo. 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in humid tropics. *Animal feed Science and Technology* 72: 81-96.
17. Matters, J. C., and E. M. Aitchison. 1981. Direct estimation of the extent of contamination of food residues by microbial matter after incubation within synthetic fiber bags in the rumen. *Journal of Agriculture Science* (*Cambridge*) 96: 691-693.
18. Mc Donald, I. M. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *Journal of Agriculture Science* (*Cambridge*) 96: 251-252.
19. Mehrez, A. Z. and E. R. Orskov. 1997. A study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. *Journal of Agriculture Science* (*Cambridge*) 88: 645-650.
20. Menke, K.H., L. Rabb, A. Saleweski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schinder. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agriculture Science* (*Cambridge*) 93: 217-222
21. Menke, K. H., and H. Steingass. 1987. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development* 28: 7-12.
22. Menke, K. H Merry, R. J. and A. B. McAllan. 1983. A comparison of the chemical composition of mixed bacteria harvested from the liquid and solid fractions of rumen digesta. *British Journal of Nutrition* 50: 701-709.
23. Michalet-Doreau, B., and M. Y. Ould Bah. 1992. *In vitro* and *in sacco* methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Animal feed Science and Technology* 40: 57 –86.
24. Noeck, J. E. 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science* 71: 2051-2069.
25. Noziere, P., and B. Michalet-Doreau. 1996. Validation of *in sacco* method: influence of sampling site, nylon bag or rumen contents, on fibrolytic activity of solid-associated microorganisms. *Animal feed Science and Technology* 57: 203-210.
26. Orskov, E. R., I. Mc Donald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science* (*Cambridge*) 92: 499-503.
27. Orskov, E. R., G. W. Reid, and M. Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. *Animal Production* 6: 29-34.
28. Reid. G. W., E. R. Orskov, and M. Kay, 1988. A note on the effect of variety, type of straw and ammonia treatment on digestibility and on growth rate in steers. *Animal Production* 47: 157-160.
29. Sileshi, Z., E. Owen, M. S. Dehanoa, and M. K. Theodorou, 1996. Prediction of *in situ* rumen dry matter disappearance of Ethiopian forages from an *in vitro* gas production technique using a pressure transducer, chemical analysis or *in vitro* digestibility. *Animal feed Science and Technology* 61: 73-87.

30. Theodorou, M. K., B. A. Williams , M. S. Dhanoa, A. B. McAllan and J. France, 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal feed Science and Technology* 48: 7185-197.
31. Tilly, J. M. and R. A.Terry, 1963 A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society* 18: 104-111.
32. Trabalza Marinucci, M., B. A. Dehority and S. C. Loerch, 1992. *In vitro* and *in vivo* studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags, *Journal of Animal Science* 70: 296-307.
33. Valentin, S. F., P. E. V. Williams, J. M. Forbes, and D. Sauvant, 1999. Composition of the *in vitro* gas production technique and nylon bag degradability technique to measure short- and long- term processes of degradation of maize silage in dairy cows. *Animal feed Science and Technology* 78: 81 –99.
34. Virk, A. S., and B. Pradhan, 1992. Prediction of the digestibility of organic matter, metabolizable energy content and dry matter intake of tropical feeds with the Hohenheim feeding value test (gas test). *Indian Journal of Dairy Science* 45: 226-229.

Iranian, J. Agric. Sci. Vol. 34, No. 2, 2003

Determination of Roughages Degradability through *In vitro* Gas Production and Nylon Bag Techniques

H. MANSURI[1], A. NIKKHAH[2], M. REZAEIAN[3], M. MORADI SHAHRBABACK[4] AND S. A. MIRHADI[5]
1, 5, Scientific Members, Livestock Research Institute
2, 3, Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Tehran4, Assistant Professor, Faculty of Veterinary, University of Tehran
Accepted

SUMMARY

The nylon bag method and *in vitro* gas production techniques were used to describe the kinetics of fermentation based on the exponential model $P = a + b (1-e^{-ct})$. Alfalfa hay (ALF), *phragmites australis* (PA) or wheat straw (WS) were offered twice a day (8:00 and 16:00) at about maintenance level to 3 ruminaly fistulated Sistani *(Bos indicus)* and 3 Holstein *(Bos taurus)* cattle in a completely randomized design of factorial arrangement. Dry matter (DM) and crude protein (CP) degradability and gas volume (ml / 200 mg DM) were measured after 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 96 hours of incubation. Taking into consideration the *in vitro* gas production as related to nylon bag results, there were no significant differences observed in DM and CP degradability of ALF, PA or WS incubated in the rumen of the two cattle breeds, the same pattern being observed for total cummulative *in vitro* gas production. When feed samples were incubated for 24 hours, gas volume (ml / 200 mg DM) of ALF (41.63) was higher than in PA (29.17) and in WS (26.02) samples ($p<0.05$). The same pattern was observed for DM and CP degradability of ALF (46.23%, 79.63%) , PA (37.67%, 58.42%) and WS (36.24%, 41.95%) respectively ($p<0.05$). The high correlation coefficient (r) of *in vitro* gas production with degradability coefficient for ALF, PA and WS provide validation as to the use of gas production test as an appropriate *in vitro* technique for evaluating these roughage feeds.

Key words: Degradability, Nylon bag, I*n vitro* gas production, Cattle.