تعیین خصوصیات تجزیه پذیری و تخمیری برخی مواد غذایی با استفاده از روش کیسه های نایلونی و آزمایشگاهی

اکبر تقی‌زاده[۱*]، حسین جانمحمدی [۱]و مقصود بشارتی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱٤

[۱] دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه تبریز

[۲] دکترای علوم دامی، دانشگاه تبریز

[*]مسئول مکاتبه: Email: ataghius@yahoo.com

چکیده

هدف از انجام این تحقیق تعیین بخشهای مختلف پروتئین و تعیین خصوصیات تجزیه پذیری و تخمیری علف یونجه، دانه جو و دانه ذرت به روش کیسه‌های نایلونی و تولید گاز بود. در این آزمایش از دو راس گوسفند نر بالغ اخته فیستوله دار قزل استفاده شد. داده‌های بدست آمده با استفاده از طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه قرار گرفتند. علف یونجه در مقایسه با سایر خوراکهای مورد آزمایش دارای مقادیر بیشتری از پروتئین حقیقی و پروتئین محلول در بافر بود. از لحاظ نیتروژن غیر محلول در شوینده اسیدی بیشترین و کمترین مقدار در بین مواد خوراکی مربوط به یونجه و دانه ذرت بود. میزان گاز تولیدی ناشی از تخمیر مواد غذایی در ساعات ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦ و ٤۸ ساعت بعد از انکوباسیون اندازه‌گیری شد. ٤۸ ساعت پس از انکوباسیون دانه جو و یونجه بیشترین و کمترین میزان گاز تولیدی را به خود اختصاص دادند (به ترتیب با ۳۳٥/۸٤ و ۲٤٤/۸۲ میلی‌لیتر گاز به ازای هر گرم ماده خشک). پتانسیل تولید گاز (a+b) یونجه، ذرت و جو به ترتیب ۲٥٤/۱٦، ۲۹۸/۸۱ و ۳۷٤/۲۷ میلی لیتر به ازای گرم ماده خشک بدست آمد ($P<۰/۰٥$). زمانهای انکوباسیون در روش کیسه‌های نایلونی شامل ۰، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦ و ٤۸ ، ۷۲ و ۹٦ ساعت بود. ناپدید شدن ماده خشک برای ذرت در ساعات ۲٤ و ٤۸ انکوباسیون بیشتر از بقیه خوراک‌ها بود. علوفه یونجه کمترین میزان ناپدید شدن ماده خشک را در بین مواد خوراکی مورد آزمایش داشت. پروتئین خام دانه جو و علوفه یونجه بیشترین و کمترین مقدار a (بخش سریع تجزیه) را در بین خوراک‌ها، به ترتیب ۱٦/۷۷٪ و ۱٤/۱٦٪ داشتند. بخش با پتانسیل تجزیه پروتئین خام (b) و نرخ ناپدید شدن این بخش برای جو بیشتر از بقیه خوراک‌ها بود. در بین مواد خوراکی مورد آزمایش دانه جو و یونجه به ترتیب بیشترین انرژی قابل متابولیسم و پروتئین قابل متابولیسم را داشتند که نتایج حاصل را می توان در جیره نویسی دامها و تدوین جداول استاندارد تغذیه ای به کار برد.

واژه های کلیدی: تولید گاز، تجزیه پذیری شکمبه‌ای، دانه جو، دانه ذرت، علف یونجه

Estimation of degradability and fermentation characteristics of some feedstuffs using in vitro and in situ techniques

A Taghizadeh[1*], H Janmohammadi[1] and M Besharati[2]

Received: December 22, 2010 Accepted: January 4, 2012
[1]Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Ph.D, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: Email: ataghius@yahoo.com

Abstract:
The purpose of this study was protein fractionation and determination of degradability and fermentative characteristics using nylon bag and gas production methods. In this experiment, 2 ruminaly fistulated Gizel mature wether were used. Data were analyzed using SAS software as compeletly randomized design. After 48 h of incubation, barley grain and alfalfa hay had greatest and lowest gas production volume among test feeds (335.84 and 244.82 ml/g DM, respectively). The gas production potential amounts of alfalfa hay, corn and barley grains were obtained 254.16, 298.81 and 374.27 ml/g DM ($P<0.05$), respectively. Barley grain had greatest estimated metabolizable energy concentration among the feedstuffs. Alfalfa hay had the biggest true protein and buffer soluble protein fractions among feedstuffs. Alfalfa hay and corn had biggest and smallest ADIN among feedstuffs, respectively. In situ DM disappearance of corn grain at 24 and 48 h of incubation was higher than the other feedstuffs. Alfalfa hay had the lowest in situ dry matter disappearance value within the feedstuffs at the most incubation times. Barley grain and alfalfa hay had the highest and lowest CP *a* value (slowly degradable fraction) within the feedstuffs (16.77% and 14.16%, respectively). Potentially degradable CP fraction (*b*) and its disappearance rate for barely were more than the other feedstuffs. Alfalfa hay and corn grain had biggest and smallest metabolizable protein among feedstuffs, respectively. Among the test feeds barley grain and alfalfa hay had the biggest metabolizable energy and metabolizable protein, respectively.

Key words: Alfalfa hay, Barley grain, Corn grain, Gas production, Ruminal degradability

مقدمه

در دامپروری مدرن هزینه‌های مربوط به تغذیه حدود ۷۰-۶۰ درصد هزینه کل پرورش را به خود اختصاص می‌دهد (بشارتی و همکاران ۱۳۸۷). برای استفاده بهتر ومطمئن‌تر از تولیدات زراعی بهتر است که آنها مورد ارزیابی تغذیه‌ای قرار گیرند. اگرچه عملکرد دام بهترین شاخص ارزیابی کیفیت خوراک است، اما انجام آزمایشات به روش درون تنی خیلی گران است و کار و زحمت زیادی می‌طلبد. بررسی خصوصیات هضمی خوراکها از بهترین و مؤثرترین روشهای برآورد ارزش تغذیه‌ای آنهاست، که اطلاعات نسبتاً مناسبی را از خصوصیات کمی و کیفی مواد مغذی در اختیار ما قرار داده و امکان تهیه جیره متوازن و استفاده بهینه از مواد خوراکی را فراهم می‌نماید. برای تعیین خصوصیات هضمی خوراکها روشهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مهمترین آنها عبارتند از روش استفاده از حیوان زنده[1]، روشهای آزمایشگاهی[2] و روش استفاده از کیسه‌های نایلونی[3] (بشارتی و همکاران ۱۳۸۷).

1. In vivo
2. In vitro
3. In situ

روش کیسه‌های نایلونی پیش‌بینی نسبتاً خوبی از مصرف و هضم خوراک را فراهم می‌سازد (ارسکوف ۲۰۰۰) و اطلاعات خوبی در زمینه مورد استفاده قرار گرفتن نیتروژن برای نشخوارکنندگان و میکروارگانیسم‌های آن ارائه می‌دهد. در مقایسه با روشهای آزمایشگاهی مزیتی که روش کیسه‌های نایلونی دارد این است که مراحل هضمی آن در داخل شکمبه دام زنده صورت می‌گیرد در حالیکه در روشهای آزمایشگاهی چنین نیست (استرن و همکاران ۱۹۹۷).

تکنیک تولید گاز اولین بار توسط منکی و همکاران (۱۹۷۹) ابداع و معرفی گردید. روش اندازه‌گیری تولید گاز بطور گسترده‌ای برای ارزیابی ارزش غذایی مواد خوراکی بکار می‌رود. اندازه‌گیری گاز اطلاعات خوبی در رابطه با کنتیک هضم هر دو قسمت محلول و غیر محلول خوراک فراهم می‌کند (گتاچو و همکاران ۱۹۹۸). همبستگی بالایی بین گاز تولیدی و ناپدید شدن دیواره سلولی[1] (r^2=۰/۹۹) (پل و اسچافیلد ۱۹۹۳) با تولید گاز و ناپدید شدن ماده خشک (r^2=۰/۹۵) (پرسد و همکاران ۱۹۹٤) گزارش شده است. در مقایسه با روش کیسه-های نایلونی، روش تولید گاز کمتر به دام وابسته است. در این روش روند تخمیر یک خوراک می‌تواند به تنهایی مطالعه گردد و مقدار نسبتاً کمی نمونه مورد نیاز است و همزمان می‌توان تعداد زیادی نمونه را مورد ارزیابی قرار داد. زمانیکه یک ماده خوراکی با مایع شکمبه همراه با بافر انکوبه می‌شود. تولید گاز اساساً محصول تخمیر کربوهیدارتها به استات، پروپیونات و بوتیرات است (بلومل و ارسکوف ۱۹۹۳ و آدسوگان ۲۰۰۲). یکی از مشکلات موجود در استفاده از روش تولید گاز، این است که تولید گاز با غلظت‌های مختلف اسیدهای چرب فرار تغییر می‌کند. برای مثال غلظت بالای پروپیونات، بخاطر یک اتم کربن اضافی که می‌توانست در شکل دی اکسید کربن ظاهر شود، با تولید گاز کمتر همراه است (آدسوگان ۲۰۰۲). روش آزمایشگاهی می‌تواند برای تعیین کمی و کیفی داده‌های سرعت و میزان هضم در یک روش نسبتاً ارزان و کاربردی استفاده گردد (تقی-زاده و همکاران ۱۳۷۸). گراهام و امان (۱۹۸٤) گزارش کردند که روشهای کیسه‌های نایلونی و آزمایشگاهی کنتیک‌های تجزیه شکمبه‌ای مشابهی را برای ترکیبات سبوس تولید می‌کنند و نتیجه‌گیری کردند که این مقبولیت استفاده از روش آزمایشگاهی را ثابت کرد.

به منظور ارائه مدل‌های مناسب تغذیه پروتئین در نشخوارکنندگان تحقیقات فراوانی صورت گرفته است. مدل پروتئین قابل متابولیسم[2] به دلیل منظور نمودن تجزیه پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه و تولید پروتئین میکروبی از آن و همچنین تعیین پروتئین عبوری قابل هضم (UDP)[3]، برای جیره نویسی نشخوار کنندگان دارای اهمیت می‌باشد. بنابراین تعیین ضرایب تجزیه-پذیری پروتئین مواد خوراکی و میزان نیتروژن غیر محلول در شوینده اسیدی (ADIN)[4] آنها برای مشخص نمودن میزان پروتئین قابل متابولیسم ضروری می‌باشد (کریمی و همکاران ۱۳۸۱). هدف از انجام این تحقیق بخش بندی قسمتهای مختلف پروتئین و تعیین انرژی و پروتئین قابل متابولیسم مواد غذایی مورد آزمایش با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی و تولید گاز بود.

مواد و روش‌ها

حیوان و محل آزمایش

اجرای مراحل مختلف مزرعه‌ای و آزمایشگاهی به ترتیب در واحد گوسفندداری ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و آزمایشگاه تغذیه دام پیشرفته واقع در ساختمان تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز صورت گرفت. جهت تعیین تجزیه پذیری شکمبه‌ای و گرفتن

[1] . NDF

[2] -Metabolisable Protein
[3] -Undegraded Digestible Protein
[4] -Acid detergent Insoluble Nitrogen

مایع شکمبه برای روش تولید گاز، از ۲راس گوسفند قزل فیستوله گذاری شده استفاده شد. گوسفندها به مدت دو ماه پس از جراحی، مورد مراقبت قرار گرفتند تا شرایط فیزیولوژیکی طبیعی خود را به دست آورند. هر یک از این گوسفندها در باکس انفرادی نگهداری شده و در طی مدت آزمایش جیره حاوی علوفه و کنسانتره به نسبت٦٠ :٤٠ ، دو بار در روز به طوری که قادر به تامین احتیاجات نگهداری باشند، حاوی ۱/۹ مگاکالری انرژِ قابل متابولیسم در هر کیلوگرم ماده خشک و در حدود ۷/۲ درصد پروتئین خام، دریافت می‌کردند. ترکیب جیره، شامل یونجه خشک، جو و کنجاله سویا بود.

آنالیز شیمیایی

تجزیه تقریبی مواد غذایی شامل میزان ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز طبق روش‌های پیشنهادی AOAC (۱۹۹۹) انجام شد.

روشهای شیمیایی تعیین ترکیبات نیتروژن‌دار

روشهای شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش به منظور تعیین بخشهای نیتروژن‌دار مواد غذایی بر اساس پیشنهادات لیسترا و همکاران (۱۹۹٦) تکمیل و به کار گرفته شد.

تعیین تجزیه پذیری با استفاده از کیسه‌های نایلونی

برای تعیین تجزیه‌پذیری مواد غذایی مورد آزمایش گوسفندان فیستولا گذاری شده در حد نگهداری دو بار در روز تغذیه می‌شدند. نمونه ماده خوراکی با آسیاب مخصوص و با غربال ۲ میلی‌متری آسیاب شد. مقدار ٥ گرم از هر ماده غذایی داخل کیسه‌های نایلونی از جنس الیاف پلی استر مصنوعی به ابعاد ٦×۱۲ سانتی‌متر و قطر منافذ ٥٠ میکرومتر ریخته شد. برای تعیین تجزیه-پذیری در زمان صفر کیسه‌های حاوی نمونه به مدت ۱٥ دقیقه زیر شیر آب شستشو شد. زمانهای انکوباسیون شامل ۰، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦ و ٤٨ ، ۷۲ و ۹٦ ساعت بود. برای هر تیمار در هر ساعت ٤ تکرار تهیه شد بطوریکه برای هر ماده غذایی در هر ساعت انکوباسیون، درون شکمبه هر گوسفند ۲ کیسه قرار داده شد. پس از هر ساعت انکوباسیون، کیسه‌ها با آب سرد شستشو داده شد تا زمانی که آب خارج شده کاملاً شفاف باشد. پس از شستشو، کیسه‌ها به مدت ۲٤ ساعت در حرارت ٦٥ درجه سانتیگراد جهت تبخیر و به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۰٥ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند.

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

به منظور اندازه گیری تولید گاز از روش فدوراک و هرودی (۱۹۸۳) استفاده شد. در روش فوق میزان جابجایی مایع در داخل لوله‌های آزمایشی مدرج که در ارتباط با شیشه های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراک می باشند، معرف میزان تولید گاز می باشد. عمل قرائت و ثبت میزان گاز تولیدی ناشی از تخمیر مواد غذایی به روش فدوراک (جابجایی آب) در ساعات ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦ و ٤٨ ساعت بعد از عمل انکوباسیون انجام گرفت (انکوباتور شیکر مدل ٦۳۰/۱ ISH ساخت کارخانه دلتا شیمی، ایران).

برآورد انرژی قابل متابولیسم

انرژی قابل متابولیسم با استفاده از میزان گاز تولید شده مواد غذایی در روش تولید گاز و ترکیبات شیمیایی مواد غذایی، بر اساس روابط پیشنهادی گتاچو و همکاران (۲۰۰۲) محاسبه شد. برای خوراک علوفه‌ای:

$ME_{(MJ/kg\ DM)}= 2.2+0.13GP+0.057CP+ 0.0029CF^2$

برای خوراک کنسانتره‌ای:

$ME_{(MJ/kgDM)}=1.06+0.157GP+0.084CP+0.22CF-0.081CA$

که در این معادله‌ها GP تولید خالص گاز بعد از ۲٤ ساعت انکوباسیون (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP، CF و CA به ترتیب پروتئین خام، چربی خام و خاکستر خام بر اساس درصد ماده خشک هستند.

برآورد میزان پروتئین قابل متابولیسم

پس از محاسبه ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین خام (a، b و c) توسط روش in situ و میزان ADIN مواد غذایی، بر اساس معادلات AFRC (۱۹۹۵) مقادیر پروتئین قابل تجزیه سریع در شکمبه (QDP)[1]، پروتئین قابل تجزیه آهسته در شکمبه [2] (SDP)، پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه (ERDP)[3]، کل پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP)[4]، پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (UDP)[5]، پروتئین قابل هضم غیر قابل تجزیه در شکمبه (DUP)[6] و پروتئین قابل متابولیسم (MP)[7] برآورد گردید. لازم به ذکر است که با توجه به استفاده از جیره‌های در سطح نگهداری، میزان r در روابط r=۰/۰۲ استفاده گردید.

روش آماری

کلیه داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS (۲۰۰۲) در قالب طرح کاملاً تصادفی با روشGLM تجزیه و تحلیل گردیدند.

نتایج و بحث

پراکنش بخشهای نیتروژن‌دار در مواد خوراکی مورد آزمایش

غلظت بخشهای مختلف نیتروژن در مواد خوراکی مورد آزمایش به صورت گرم در کیلوگرم ماده خشک در جدول ۱ ارایه شده است. نتایج نشان داد که یونجه در مقایسه با دیگر خوراکهای مورد آزمایش دارای مقادیر بیشتری از پروتئین حقیقی و پروتئین محلول در بافر است. همچنین دانه جو دارای پروتئین محلول در بافر بیشتری نسبت به دانه ذرت است ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵). از لحاظ نیتروژن غیر پروتئینی، دانه جو بیشترین مقدار را در بین مواد خوراکی مورد آزمایش دارد. علف یونجه بیشترین مقدار نیتروژن غیر محلول در شوینده خنثی را در بین مواد خوراکی دارد و در بین دانه جو و ذرت بیشترین مقدار مربوط به دانه جو می‌باشد (P<۰/۰۵). از لحاظ نیتروژن غیر محلول در شوینده اسیدی بیشترین و کمترین مقدار در بین مواد خوراکی مربوط به یونجه و دانه ذرت می‌باشد (P<۰/۰۵). باید توجه داشت که افزایش نیتروژن غیر محلول در شوینده اسیدی موجب کاهش قابلیت هضم نیتروژن در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان می‌گردد (دانش مسگران و حیدریان ۱۳۷۷).

NRC (۲۰۰۱) میزان پروتئین غیر قابل حل در شوینده اسیدی و خنثی را برای یونجه به ترتیب ۳/۸٤ و ٤/۹٦ گرم نیتروژن به ازای کیلوگرم ماده خشک بیان کرده است که پایین تر از مقادیر بدست آمده در آزمایش حاضر می‌باشد. میزان پروتئین غیر قابل حل در شوینده اسیدی و خنثی گزارش شده در NRC (۲۰۰۱) برای دانه جو به ترتیب ۰/۸ و ۲/۸۸ گرم نیتروژن به ازای کیلوگرم ماده خشک و برای دانه ذرت به ترتیب ۰/٤۸ و ۱/۱۲ گرم نیتروژن به ازای کیلوگرم ماده خشک می‌باشد که کمتر از مقادیر بدست آمده در آزمایش حاضر می‌باشد. لیسترا و همکاران (۱۹۹٦) میانگین NPN یونجه را ٦/٤۸ درصد پروتئین خام گزارش کردند که با مقدار بدست آمده در این آزمایش مطابقت دارد (٦/٤٥ درصد پروتئین خام). همچنین لیسترا و همکاران (۱۹۹٦) مقدار BSP یونجه را ۳۱/۲۳ درصد پروتئین خام بدست آوردند که بیشتر از مقدار بدست آمده در آزمایش حاضر است (۱۹/۹۳ درصد پروتئین خام). دانش مسگران و حیدریان (۱۳۷۷) NPN وTP یونجه را ۲/٥٦ و ۲٤/۳۳ گرم نیتروژن به ازای کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند که بیشتر از مقادیر بدست آمده در این آزمایش است. همچنین آنها ADIN دانه جو و ذرت را به ترتیب ۱/۲۷ و ۱/۹۳ گرم نیتروژن به ازای کیلوگرم

1. Quikly degradable protein
2. Slowly degradable protein
3. Slowly degradable protein
4. Rumen degradable protein
5. Undegradable dietary protein
6. Digestible undegradable protein
7. Metabolisable protein

ماده خشک گزارش کردند که کمتر از مقادیر بدست آمده در این آزمایش است. از مقایسه نتایج مربوط به مواد غذایی با اعداد گزارش شده توسط NRC (۲۰۰۱) تفاوت‌هایی مشاهده شد. بعنوان مثال میزان پروتئین خام برآورد شده در این تحقیق برای دانه ذرت ۸/۷۷ درصد می‌باشد در حالیکه NRC (۲۰۰۱) آن را ۹/٤٪ گزارش نموده است. تقی زاده و همکاران (۱۳۷۸) پروتئین خام دانه ذرت را ۸/۲۲٪ گزارش کردند که تقریبا با مقدار بدست امده در این تحقیق مطابقت دارد. تقی‌زاده وهمکاران (۱۳۸۲) میزان پروتئین خام علوفه یونجه، دانه ذرت و جو را بترتیب ۱۵/۵٪، ۸/۶۷٪ و ۱۰/۵ درصد گزارش کردند که در مورد یونجه کمی بیشتر از مقدار بدست آمده در این آزمایش (۱٤/۱۹۷ درصد) است. ARC (۱۹۸۰) میزان ADIN یونجه، دانه جو و دانه ذرت را ۲/۱، ۰/٤ و ۱/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک بیان کرده است. در کل این اختلافات می‌تواند به دلیل تفاوت در شرایط محیطی، واریته و چین برداشت برای علوفه یونجه، مدیریت کاشت، داشت و برداشت برای دانه‌های غلات باشد.

نتایج حاصل از روش تولید گاز

داده‌های مربوط به تولید گاز حاصل از تخمیر و ضرایب تولید گاز مواد غذایی مورد آزمایش در زمانهای ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦ و٤۸ ساعت انکوباسیون، در جدول ۲ ذکر شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در ۲ ساعت اول انکوباسیون، یونجه با ۲۰/٤۲ میلی‌لیتر گاز به ازای هر گرم ماده خشک بیشترین و دانه ذرت و جو به ترتیب با تولید ۳/۵۵ و ٤/۹۹ میلی‌لیتر گاز به ازای هر گرم ماده خشک کمترین میزان تولید گاز حاصله از تخمیر را دارا بودند که این می‌تواند به دلیل دیر تخمیر بودن نشاسته دانه ذرت باشد که برای تخمیر به زمان بیشتری نیاز دارد به‌طوریکه در ساعات انتهایی انکوباسیون گاز بیشتری تولید کرده است.

جدول ۱- بخشهای مختلف نیتروژن‌دار مواد خوراکی مورد آزمایش (گرم نیتروژن در کیلوگرم ماده خشک)

بخشهای نیتروژن-دار	مواد خوراکی			SEM
	یونجه	دانه ذرت	دانه جو	
CP	۲۲/۷۱۵^{a}	۱٤/۰۳۵^{b}	۱۷/۵۳۵^{b}	۱/۳۳۸
NPN	۱/٤٦۵^{ab}	۰/٤۰۰^{b}	۳/۷۷۲^{a}	۰/٦٦۷
TP	۲۱/۲۵۰^{a}	۱۳/٦۳۵^{b}	۱۳/۷٦۳^{b}	۰/٦۷۷
BIP	۱۸/۱۸۷^{a}	۱۳/۱٦۷^{b}	۱٦/۲۰۰^{a}	۰/٦٦۳
BSP	٤/۵۲۸^{a}	۰/۸٦۸^{b}	۱/۳۳۵^{b}	۰/٦٦۳
NDIN	۱۵/۸٤^{a}	۷/۱۸^{c}	۹/٤٦^{b}	۰/۱۸۲
BIP-NDIN	۲/۳٤۷^{c}	۵/۹۸۷^{b}	٦/۷٤۰^{a}	۰/۱۸۲
NDIN-ADIN	۷/۵٦^{a}	۵/۰٦^{c}	۷/۰۸۵^{b}	۰/۰۸٦
ADIN	۸/۲۸^{a}	۲/۱۲۵^{c}	۲/۳۷۵^{c}	۰/۰۸٦

حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) می‌باشد.

CP = پروتئین خام

NPN = نیتروژن غیر پروتئینی

TP = پروتئین حقیقی

BIP = پروتئین غیر محلول در بافر

BSP = پروتئین محلول در بافر

NDIN = نیتروژن غیر محلول در شوینده خنثی

BIP-NDIN = نیتروژن غیر محلول در بافر اما محلول در شوینده خنثی

NDIN-ADIN = نیتروژن محلول در شوینده اسیدی

ADIN = نیتروژن غیر محلول در شوینده اسیدی

در ٤ ساعت بعد از انکوباسیون مواد غذایی اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین گاز تولیدی تمام مواد غذایی مورد آزمایش مشاهده شد. میزان گاز تولیدی در ٤، ٦، ۸، ۱۲ و ۱٦ ساعت پس از انکوباسیون روند ثابتی را طی می‌کند. در ساعت ۲٤ انکوباسیون دانه جو با ۲۲٤/۰۳ میلی‌لیتر گاز به ازای هر گرم ماده خشک بیشترین گاز تولیدی را به خود اختصاص داد. در ساعت مذکور یونجه با ۱۸۹/۹٤ میلی‌لیتر گاز به ازای هر گرم ماده خشک در رتبه دوم قرار داشت و دانه ذرت کمترین میزان تولید گاز را بین مواد غذایی مورد

آزمایش به خود اختصاص داد. میزان گاز تولیدی در ۳٦ ساعت پس از انکوباسیون روند مشابهی داشت و دانه جو بیشترین گاز تولیدی و دانه ذرت و یونجه کمترین گاز تولیدی را داشتند. در ٤٨ ساعت پس از انکوباسیون دانه جو و یونجه به ترتیب بیشترین و کمترین میزان گاز تولیدی را به خود اختصاص دادند. از ساعت ۳٦ انکوباسیون به بعد میزان گاز تولیدی دانه ذرت نسبت به دیگر مواد غذایی بیشتر است و دارای رشد قابل ملاحظه‌ای می‌باشد و توانایی تولید گاز بیشتر در ساعات آخر انکوباسیون را دارد.

فراسنجه‌های تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم برآوردی حاصل از نتایج تولید گاز در جدول ۳ ارایه شده است. مقادیر گزارش شده توسط معادلات رگرسیونی بر اساس داده‌های حاصل از تولید گاز با روش استفاده از مایع شکمبه و اعداد حاصل از تجزیه تقریبی مواد خوراکی بدست آمده است و اگرچه این مقادیر می‌توانند به عنوان یک شاخص اولیه کمک کننده باشند اما پذیرفتن آنها خالی از خطا نخواهد بود. روابط رگرسیونی، خواص فیزیکی متفاوت خوراک‌ها در شکمبه و همچنین تفاوت‌های هضمی در قسمت‌های پائین‌تر دستگاه گوارش را در نظر نمی‌گیرند، از این رو تکیه بر اعداد حاصل از روابط رگرسیونی بدون در نظر گرفتن شرایط خاص هر خوراک در هر زمان لزوما به بهترین نتیجه نخواهد انجامید. همچنین خطای موجود در برآورد تجزیه تقریبی خوراک باعث اریب بودن اعداد حاصل از فرمول های مذکور خواهد شد. پتانسیل تولید گاز (a+b) یونجه، ذرت و جو به ترتیب ۲٥٤/۱٦، ۲۹۸/۸۱ و ۳۷٤/۲۷ میلی لیتر به ازای گرم ماده خشک بدست آمد که بیشترین مقدار مربوط به دانه جو می‌باشد. از لحاظ انرژی قابل متابولیسم برآوردی از داده‌های حاصل از گاز بیشترین مقدار در دانه جو مشاهده شد. میزان تولید گاز بالا توسط دانه جو می تواند به دلیل بالا بودن مقدار پروتئین محلول در آن و تأمین نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های تخمیر کننده مواد غذایی و قابلیت بالای تخمیر محتویات کربوهیدرات ساختمانی و غیر ساختمانی آن باشد.

لانزاس و همکاران (۲۰۰٦) روند تولید گاز در دانه‌های غلات را بررسی کرده و میزان گاز تولیدی در ٤٨ ساعت انکوباسیون در شرایط آزمایشگاهی را برای دانه ذرت ۳۳۰ میلی‌لیتر گاز به ازای هر گرم ماده خشک گزارش کردند که بیشتر از مقدار مشاهده شده در این آزمایش است. گتاچو و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی میزان گاز تولیدی برخی از مواد غذایی در آزمایشگاه‌های مختلف تولید گاز متفاوت را برای هر ماده غذایی گزارش کردند. به عنوان مثال میزان گاز تولیدی در آزمایشگاه Honenheim آلمان برای دانه ذرت ۳۷۳/٥ میلی لیتر گاز در هر گرم ماده خشک بعد از ۲٤ ساعت انکوباسیون گزارش شده است. در حالیکه در تحقیق حاضر میزان گاز تولیدی در ۲٤ ساعت انکوباسیون برای دانه ذرت ۲۲٤ میلی لیتر گاز در هر گرم ماده خشک می‌باشد. منصوری و همکاران (۱۳۸۲) میزان تولید گاز حاصل از ۹٦ ساعت انکوباسیون علف یونجه را ۲٥۰ میلی لیتر در هر گرم ماده خشک و گتاچو و همکاران (۲۰۰۲) میزان گاز تولیدی را برای ۲٤ ساعت انکوباسیون علف یونجه ۲۳٤/٥ میلی لیتر در هر گرم ماده خشک گزارش نمودند. در تحقیق حاضر برای علف یونجه بعد از ٤٨ ساعت انکوباسیون ۲٤٤/۸۲ میلی لیتر گاز در هر گرم ماده خشک بدست آمد. تنوع در نتایج می‌تواند ناشی از اختلافات گونه، واریته و شرایط نگهداری علف یونجه باشد.

در کل می‌توان وجود اختلافات در حجم گاز تولیدی از مواد غذایی در این آزمایش و نتایج گزارش شده از محققین دیگر را بصورت ذیل توجیه نمود:

همبستگی مثبت و معنی داری بین تولید گاز، قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی وجود دارد. بنابراین تفاوت در بین میانگین‌های تجزیه پذیری و تولید گاز می‌تواند مربوط به ماهیت مواد غذایی باشد

(دات و سینگ ۱۹۹۵). گاز تولیدی تحت تاثیر هیچ عامل دیگری بجز ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی مواد غذایی قرار نمی گیرد اما تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است روی نرخ تخمیر اثر بگذارد (منکی و استنگاس ۱۹۸۷). از جمله عوامل تأثیر گذار در نتایج تولید گاز می‌توان زمان برداشت، میزان کربوهیدرات محلول و غیرمحلول در آب، میزان NDF، منشأ مایع میکروبی، گونه دامی دهنده مایع شکمبه، زمان جمع آوری مایع شکمبه و جیره غذایی دام دهنده مایع شکمبه را نام برد.

گتاچو و همکاران (۲۰۰۲) میزان انرژی قابل متابولیسم دانه ذرت و علف یونجه را به ترتیب ۱۳/۷۳ و ۹/٦٦ مگاژول در هر کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند. AFRC (۱۹۹۵) میزان انرژی قابل متابولیسم دانه ذرت، دانه جو و علف یونجه را به‌ترتیب ۱۳/۸، ۱۳/۳ و ۸ مگاژول در هر کیلو گرم ماده خشک گزارش کرده است. ARC (۱۹۸۰) میزان انرژی قابل متابولیسم دانه ذرت، دانه جو و علف یونجه را به ترتیب ۱۲/۱٤،۸/۲ و ۸/٥ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک گزارش کرده است. با توجه به این موضوع که میزان انرژی قابل متابولیسم وابسته به ترکیبات شیمیایی (میزان پروتئین خام، میزان چربی و میزان ماده آلی) آن ماده غذایی دارد پس می-توان نتیجه گرفت عواملی از جمله گونه گیاه، زمان برداشت، بلوغ گیاه، روش‌های فرآوری و دیگر عواملی که ترکیب شیمیایی ماده غذایی را تحت تأثیر قرار می-دهند، لذا وجود اختلاف در میزان انرژی قابل متابولیسم در آزمایشات مختلف دور از انتظار نیست. بخشی از بالا بودن میزان گاز تولیدی در تخمیر کنجاله سویا به واسطه بالا بودن کیفیت و کمیت نسبی پروتئین خام آن (٤۹/۲٪) در مقابل دیگر مواد غذایی بوده است. در مواد غذایی حاوی درصد بالای پروتئین به دلیل اینکه گاز کربنیک در مایع باقی می‌ماند و خارج نمی‌شود در روش تولید گاز ارزش انرژی‌زایی این مواد غذایی کمتر از میزان واقعی برآورد می‌شود بنابراین وقتی تفاوت نمونه‌های مواد غذایی از لحاظ درصد پروتئین زیاد باشد باید مقدار گاز تولیدی در دامنه‌های با پروتئین زیاد تصحیح گردد (کان ۱۹۹۱). همچنین در دانه‌های غلات (دانه ذرت) به دلیل بالا بودن میزان کربوهیدرات های قابل تخمیر، انرژی بیشتری را برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های فعال در تخمیر تامین کرده و تولید گاز بیشتر شده است.

دات و سینگ (۱۹۹۵) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سطح پروتئین خام، تولید گاز، قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی را گزارش نمودند. بنابراین تفاوت بین میانگین‌های تولید گاز مواد غذایی مورد استفاده در پژوهش حاضر می‌تواند مربوط به ماهیت مواد غذایی مورد آزمایش باشد.

لازم به ذکر است بالا بودن میزان گاز تولیدی بیانگر بالا بودن انرژی متابولیسمی و همچنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم ها می‌باشد (دات و سینگ ۱۹۹۵)، لذا نتایج پژوهش حاضر نیز این موضوع را تأیید می‌کند.

جدول ۲- گاز تولید شده به وسیله مواد غذایی مورد آزمایش (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک)

ماده خوراکی	زمان انکوباسیون (ساعت)								
	۲	٤	٦	۸	۱۲	۱٦	۲٤	۳٦	٤۸
ذرت	۳/٥٥^{b}	۲۰/٤٦^{c}	۳٥/۷۷^{c}	٤۹/۹۸^{c}	۷۳/۲۲^{c}	۱۰۰/۷۰^{c}	۱٥۰/۸۷^{c}	۲۳۰/٤۱^{b}	۲۷۱/۳٥^{b}
جو	٤/۹۹^{b}	۲۷/۲۳^{b}	٤۷/۸۷^{b}	٦۷/۱۸^{b}	۹۸/۷٥^{b}	۱٤۰/٤٤^{b}	۲۲٤/۰۲^{a}	۳۰۰/٦۷^{a}	۳۳٥/۸٤^{a}
یونجه	۲۰/٤۲^{a}	٤۷/۷۷^{a}	۷٥/۰۷^{a}	۹٥/۷۱^{a}	۱۲٤/۲۸^{a}	۱٥٤/٤۳^{a}	۱۸۹/۹٤^{b}	۲۲۲/٦٤^{b}	۲٤٤/۸۲^{c}
SEM	۲/۷۷	۱/۳۸	۱/۷۳	۱/٤۰	۱/۷۷	۱/۸٦	۲/۳٦	۲/۳۸	۲/٥٤

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰٥$) می‌باشد.

جدول ۳- فراسنجه های تولید گاز

ماده خوراکی	فراسنجه ها		
	a + b	c	$ME_{(MJ/kg\ DM)}$
یونجه	۲٥٤/۱٦	۰/۰٦۲۷	۸/۲۲
ذرت	۲۹۸/۸۱	۰/۰٤۲۷	۷/٥٤
جو	۳۷٤/۲۷	۰/۰٤۷٤	۹/۳٤

a+b: مجموع گاز تولید شده از بخش های محلول و نامحلول خوراک

c: ثابت نرخ تولید گاز (میلی لیتر در ساعت)

محاسبه ناپدید شدن مواد غذایی به روش *in situ* ناپدید شدن ماده خشک مواد غذایی مورد آزمایش با روش کیسه‌های نایلونی

میانگین داده‌های ناپدید شدن ماده خشک و ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک مواد غذایی در جداول ٤ و ٥ ذکر شده است. با توجه به نتایج گزارش شده در زمان صفر ساعت انکوباسیون میزان ناپدید شدن ماده خشک ذرت با ۳٤/٥٦ درصد بیشترین و دانه جو و یونجه خشک به‌ترتیب با ۲۷/۰٦٪ و ۲۳/۲۲٪ کمترین میزان را دارا می‌باشند. این تفاوت می‌تواند ناشی از تنوع کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی باشد. در طول مدت زمان انکوباسیون شکمبه‌ای روند روبه رشد ناپدید شدن ماده خشک مواد غذایی مشاهده می‌شود که احتمالا بدلیل تغییر غلظت باکتری‌های شکمبه در طول تغذیه و افزایش نرخ رشد باکتری‌ها می‌باشد. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۰) نیز چنین روند روبه رشد میزان تجزیه‌مواد غذایی را گزارش نموده و دلیل این امر را غلظت بالای باکتری‌های شکمبه در فواصل ۱٦-۸ ساعت و نیز رقیق شدن اولیه محیط شکمبه توسط غذا، آب، بزاق و افزایش نرخ رشد باکتری‌ها از میزان رقیق شدن بیشتر بوده و در نهایت آهنگ کند درصد تجزیه‌پذیری بعد از ۱٦ ساعت انکوباسیون کاهش مواد مغذی و کاهش سرعت رشد باکتری‌ها مربوط می‌شود.

در طی ساعات ٦، ۸، ۱۲ و ۱٦ پس از انکوباسیون شکمبه‌ای جو بیشترین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک و یونجه خشک کمترین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک را دارا می‌باشند. در ٤۸ ساعت پس از انکوباسیون شکمبه‌ای دانه ذرت بیشترین تجزیه‌پذیری ماده خشک را دارا بودند که اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰٥$) در بین تجزیه‌پذیری مواد غذایی دیده می‌شود. دلیل بالا بودن میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک مواد کنسانتره‌ای بدلیل بالا بودن میزان کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی و سایر محتویات داخل سلولی می‌باشد. همچنین قسمت اعظم کربوهیدرات‌های ساختمانی آنها را همی‌سلولز تشکیل می‌دهد. همی‌سلولز توانایی تجزیه‌پذیری بالایی بعلت ساختار شیمیایی خود نسبت به سلولز و لیگنین

دارا می‌باشد. ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک مواد غذایی مورد آزمایش در روش *in situ* در جدول ٥ ارایه شده است.

الکساندروف (۱۹۹۸) میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه ذرت را در صفر و ٤٨ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۳۸٪ و ۹۲٪ گزارش کرده است. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۲) میزان تجزیه‌پذیری ماده دانه ذرت را در صفر و ٤٨ ساعت انکوباسیون به ترتیب ١٤٪و ۸۷٪ گزارش کردند. دانش مسگران و حیدریان (۱۳۷۷) میزان تجزیه-پذیری ماده خشک دانه ذرت را پس از ۱۲ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای ۳۵٪ گزارش کرد. الکساندروف (۱۹۹۸) ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک را برای دانه ذرت a=٪۳۸، b=٪٥٤/٦ و c=٪۷/۳ در ساعت گزارش کرده‌است. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۲) ثابت نرخ هضم دانه ذرت را c=٪٤ در ساعت گزارش کرده است. در تحقیق حاضر ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک برای دانه ذرت a=٪۲۹، b=٪٦۹/۹۱ و c=۰/۰۸۸٥ در ساعت بدست آمد. وودز و همکاران (۲۰۰۲) میزان تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو را در صفر و ٤٨ ساعت انکوباسیون در شکمبه به ترتیب ۳۷/٥٪ و ۸۹/۹٪ گزارش کردند. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۲) میزان تجزیه پذیری ماده خشک برای دانه جو را در صفر و ٤٨ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۳۷٪ و ۸۲٪ درصد، برای دانه ذرت ١٤٪ و ۸۷٪ و برای یونجه به ترتیب ۲۱٪ و ٥٥٪ گزارش کردند. ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو a=٪۲۷/۹، b=٪٦۰ و c=٪٥ توسط وودز و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. در تحقیق حاضر میزان تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو در صفر و ٤٨ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۲۷/۰٦٪ و ۹٤/۳٦٪ می-باشد. ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو نیز a=٪۲۳/۹۸، b=٪٦٦/۸٤ و c=۰/۲۲۹٤ می‌باشد. برای دانه‌های غلات اختلاف مشاهده شده برای میزان ناپدید شدن ماده خشک در ساعات مختلف انکوباسیون، می-تواند ناشی از اختلاف واریته‌ای، خصوصیات موفولوژیکی مانند اندازه فولیکول نشاسته، ترکیبات شیمیایی و محتویات داخل سلولی مانند پروتئین، کربوهیدرات غیر ساختمانی و همچنین کربوهیدرات‌های ساختمانی باشد. الکساندروف (۱۹۹۸) میزان تجزیه-پذیری ماده خشک یونجه را در صفر و ٤٨ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۳۰٪ و ۷٥٪ گزارش کرده است. منصوری و همکاران (۱۳۸۲) میزان تجزیه پذیری ماده خشک علف یونجه را در ٤و ۹٦ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۱٥/٥۹٪ و ٥٥/۹۰٪ گزارش کردند. الکساندروف (۱۹۹۸) ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک علف یونجه را، a=٪۳۰، b=٪٤٥/۲ و c=٪۷/۷ در ساعت و منصوری و همکاران (۱۳۸۲) a=٪۳/٤۳، b=٪٥۱/۱٤ و c=٪۷ در ساعت گزارش کردند. تفاوت بین نتایج تحقیق حاضر و نتایج گزارش شده توسط دیگر محققین می‌تواند ناشی از تنوع کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی محلول و غیر محلول در آب، میزان پروتئین خام، پروتئین متصل به دیواره سلولی و دیواره سلولی منهای همی‌سلولز و چین برداشت برای علف یونجه باشد. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۲) اختلاف موجود در میزان ناپدید شدن ماده خشک در صفر ساعت برای یونجه را ناشی از تنوع بافت‌های سریع‌الهضم علوفه‌ها مانند مزوفیل و فلوئوم در برگ‌های یونجه عنوان کرده‌اند، که اغلب این بافت‌ها سریعا تحت فرآیند ناپدید شدن قرار می‌گیرد.

در کل میزان ضرایب تجزیه‌پذیری می‌تواند تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار گیرد که به آنها اشاره می‌شود: میزان ماده خشک محلول (a) تحت تأثیر ساختمان فیزیکی گیاه، میزان دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز، اجزای فیبری و مواد معدنی است، به طوری‌که هر چه اجزای فیبری بیشتر باشد میزان اجزای محلول کاهش می‌یابد. همچنین مواد غذایی که دارای مواد معدنی بیشتری هستند چون مواد معدنی در آب محلول هستند و به راحتی شسته می‌شوند از ماده خشک محلول بیشتری برخوردار هستند (گریفین و همکاران ۱۹۹٤). ضرایب تجزیه‌پذیری aو b ماده خشک

تحت تأثیر مرحله بلوغ گیاه قرار می‌گیرد (الیزاده و همکاران ۱۹۹۹). هر چند به گزارش هوفمن و همکاران (۱۹۹۳) تأثیر بلوغ گیاه بیشتر بر فاکتور b پروتئین خام مؤثرتر است، زیرا این بخش با افزایش دیواره سلولی بیشتر تحت‌الشعاع قرار می‌گیرد.

ناپدید شدن پروتئین خام مواد غذایی مورد آزمایش با روش کیسه‌های نایلونی

میانگین داده های ناپدید شدن پروتئین خام و ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام مواد خوراکی در جداول٦ و ۷ آورده شده است. با توجه به نتایج گزارش شده در زمان صفر ساعت انکوباسیون میزان ناپدید شدن پروتئین خام دانه جو (۲۰/۱۳٪) بیشترین و یونجه (۱۳/٦۹٪) کمترین میزان را دارا می‌باشند. در زمان صفر ساعت انکوباسیون دانه ذرت با ۱۷/۱۵٪ بعد از دانه جو بیشترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام را دارا می‌باشند. در صفر ساعت انکوباسیون بین همه مواد غذایی مورد آزمایش اختلاف معنی داری ($P<۰/۰۵$) مشاهده می‌شود. این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در میزان پروتئین محلول باشد.

در طول مدت انکوباسیون تفاوت‌های معنی‌داری در میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام مواد غذایی دیده می‌شود. روند مشابهی در طی تمامی زمانهای انکوباسیون از نظر میزان تجزیه پذیری پروتئین خام بین مواد خوراکی وجود داشت و در طی این زمانها دانه جو بیشترین و یونجه کمترین میزان تجزیه پذیری پروتئین خام را به خود اختصاص دادند. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۰) نیز چنین روند روبه رشد میزان تجزیه مواد غذایی را گزارش نموده و دلیل این امر را غلظت بالای باکتری‌های شکمبه در فواصل ۱٦-۸ ساعت و نیز رقیق شدن اولیه محیط شکمبه توسط غذا، آب، بزاق مربوط دانستند.

جدول ۴- میانگین تجزیه‌پذیری ماده خشک مواد غذایی مورد آزمایش در زمان‌های مختلف انکوباسیون در روش *in situ* (درصد ماده خشک)

مواد غذایی	زمان انکوباسیون (ساعت)									
	۰	۲	٤	٦	۸	۱۲	۱٦	۲٤	۳٦	٤۸
دانه ذرت	۳٤/٥٦^{a}	۳٦/۹۲^{a}	٤۳/۷٦^{b}	٥۷/۰٦^{b}	٦٦/٥۷^{b}	۷۳/٤٦^{b}	۸۷/۱۸^{a}	۹۲/٤٦^{a}	۹٤/٦۳^{a}	۹٦/۰۱^{a}
دانه جو	۲۷/۰٦^{b}	۳۹/۸٤^{a}	٦۷/٤۱^{a}	۷۸/٤۷^{a}	۸۱/۰۲^{a}	۸٥/۲۳^{a}	۸٦/۷۰^{a}	۸۸/۸٤^{b}	۸۹/٦٦^{a}	۹٤/۳۹^{b}
یونجه	۲۳/۲۲^{b}	۲٦/۰۹^{b}	۲۹/۳۲^{c}	۳۷/٤۱^{c}	۳۸/۲۷^{c}	۳۹/۷۹^{c}	٤۱/۸٦^{c}	٤٤/۲۳^{c}	٤٦/۳۳^{c}	٤۸/٥٦^{c}
SEM	۱/۲۸۳	۱/٦۱۸	۱/۳۸۸	۰/۸۰٦	۱/٤٤٦	۱/٥٥٥	۲/۱٤٤	۰/٥٦۹	۱/۰٦٤	۰/٤۱۰

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

جدول ۵- ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک مواد غذایی مورد آزمایش در روش *in situ*

مواد غذایی	ضرایب تجزیه‌پذیری			ED٤	RSD٥
	a۱	b۲	c۳		
دانه ذرت	۲۹	٦۹/۹۱	۰/۰۸۸٥	۸٦	٤/۱۹
دانه جو	۲۳/۹۸	٦٦/۸٤	۰/۲۲۹٤	۸٥/٥	٤/٥۱
یونجه	۲۲/٦۳	۲٤/٦۰	۰/۱۰۸۱	٤۳/٤	۱/۷۸

۱- ماده خشک محلول در زمان صفر (درصد). ۲- مواد قابل تخمیر(درصد). ۳- ثابت نرخ تجزیه در زمان t .

٤- تجزیه‌پذیری مؤثر (میزان عبور در ساعت r=۰/۰۲). ٥- انحراف معیار باقیمانده خطا.

جدول ۶- میانگین تجزیه‌پذیری پروتئین خام مواد غذایی مورد آزمایش در زمان‌های مختلف انکوباسیون در روش *in situ* (درصد ماده خشک)

مواد غذایی	زمان انکوباسیون (ساعت)									
	۰	۲	٤	٦	۸	۱۲	۱٦	۲٤	۳٦	٤۸
دانه ذرت	۱۷/۱٥^{b}	۱۸/۷٥^{b}	۲۹/٤۷^{b}	۳۹/۸۳^{b}	٤۲/۷٥^{b}	٥۰/۹٤^{b}	٥٥/۸۱^{b}	٦۳/٤۸^{b}	٦٤/۱۲^{b}	٦۹/٦۱^{b}
دانه جو	۲۰/۱۳^{a}	۲٥/۹۳^{a}	۳۳/٤٦^{a}	٤۳/٦۰^{a}	٥۳/٤٥^{a}	٦٤/٤۷^{a}	٦۹/٤٤^{a}	٦۹/۷۷^{a}	۷٦/۰٦^{a}	۷۹/۹۳^{a}
یونجه	۱۳/٦۹^{c}	۱۷/۷٥^{c}	۲۰/۳٤^{c}	۲۲/۹۷^{c}	۲٦/۰۸^{c}	۳۱/٥۷^{c}	۳۷/٥۳^{c}	٤۰/٤۳^{c}	٤٥/٦٥^{c}	٤۸/۹۱^{c}
SEM	۰/٦۷۷	۰/۸٥۳	۰/۹۳۸	۰/۸۹۷	۱/۰۰٥	۰/۹۷۱	۰/۹۲۷	۱/۱۷۹	۰/۹٤۰	۰/۹٥۳

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰٥$) می‌باشد.

جدول ۷- ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین خام مواد غذایی مورد آزمایش در روش *in situ*

مواد غذایی	ضرایب تجزیه‌پذیری			ED٤	RSD٥
	a١	b٢	c٣		
دانه ذرت	۱٤/۲۱	٥٤/٥۷	۰/۰۹۰۷	٥۹	۲/٦۳
دانه جو	۱٦/۷۷	٦۲/۲۰	۰/۱۰۲۰	٦۸/۸	۳/۳۸
یونجه	۱٤/۱٦	٤۱/۷۲	۰/۰٤۳٤	٤۲/۷	۱/٥٥

۱- پروتئین خام محلول در زمان صفر (درصد). ۲- پروتئین خام قابل تخمیر(درصد). ۳- ثابت نرخ تجزیه در زمانt . ٤- تجزیه‌پذیری مؤثر (میزان عبور در ساعت r=۰/۰۲). ٥- انحراف معیار باقیمانده خطا.

چنانچه از نتایج مشخص می‌باشد مواد کنسانتره‌ای دارای بیشترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام در ٤۸ ساعت انکوباسیون می‌باشند. دلیل بالا بودن میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام مواد کنسانتره‌ای (دانه ذرت و دانه جو) بدلیل بالا بودن میزان پروتئین قابل تجزیه در شکمبه می‌باشد در حالیکه قسمت اعظم پروتئین خام مواد خشبی (یونجه خشک) از نوع پروتئین غیر محلول در شوینده اسیدی می‌باشد که قابلیت تجزیه پذیری بسیار کمی در شکمبه دارد. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۰) نیز چنین موردی را گزارش کردند و دلیل پایین بودن میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام یونجه را نسبت به دانه جو، دانه ذرت و سبوس گندم درصد بالای الیاف خام و لیگنین یونجه نسبت به سایر مواد غذایی عنوان کردند. البته احتمال دخالت ساختار اسید آمینه‌ای و دی‌پپتیدی مواد غذایی و مقاومت آنها در تجزیه میکروبی شکمبه وجود داشته ولی تأیید این فرض تحقیقات بیشتری را طلب می‌کند.

الکساندروف (۱۹۹۸) میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه ذرت را در صفر و ٤۸ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۲۸٪و ۹٤٪ گزارش کرده است. دانش مسگران و حیدریان (۱۳۷۷) میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه ذرت را در ۱۲ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای ۳۱٪ گزارش نمود که پایین‌تر از مقادیر مشاهده شده در این آزمایش است. الکساندروف (۱۹۹۸) ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام را برای دانه ذرت a=٪۲۸، b =٪۷۰ و c=٪٤/۲ درساعت گزارش کرده است. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۰) ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام را برای دانه ذرت a=٪٥٤، b=٪۲۰ و c=٪٤/٥ درساعت گزارش کرده است. در تحقیق حاضر ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام برای دانه ذرت a=٪۱٤/۲٤، b=٪٥٤/٥۷ و c=٪۹/۰۷ در ساعت می‌باشد. اختلاف داده‌های مربوط به ناپدید شدن پروتئین خام در صفر ساعت در دانه ذرت می‌تواند به دلیل تفاوت در بخش محلول پروتئین خام باشد که علت آن نیز می‌تواند به

دلیل تنوع در بخش‌های مختلف پروتئین خام به ویژه نیتروژن غیر پروتئینی، پروتئین محلول در بافر، نوع پروتئین موجود در آنها، اختلاف واریته، شرایط رشد و روش نگهداری ناشی شود. همچنین وجود اختلاف در بین نتایج در ٤٨ ساعت انکوباسیون دانه ذرت با نتایج دیگر محققین می‌تواند از تنوع بخش‌های مختلف پروتئین به ویژه پروتئین محلول در بافر، پروتئین غیر محلول در شوینده خنثی و پروتئین غیر محلول در شوینده اسیدی ناشی شود.

الکساندروف (۱۹۹۸) میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام یونجه را در صفر و ۷۲ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۳۱٪ و ۸۳٪ گزارش کرده است. منصوری و همکاران (۱۳۸۲) میزان تجزیه پذیری پروتئین خام علف یونجه را در ٤و ۹٦ ساعت انکوباسیون به ترتیب ٤۱/۵۳٪ و ۸۵/۱۵٪ گزارش کردند. دانش مسگران و حیدریان (۱۳۷۷) میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام علوفه یونجه را در ۱۲ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای ۵۵٪ گزارش کرده است که بیشتر از مقادیر بدست امده در این آزمایش است. الکساندروف (۱۹۹۸) ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام یونجه را، a=٪۳۱، b=٪٤۲/۷ و c=٪۷ در ساعت و منصوری و همکاران (۱۳۸۲) a=٪۱٦/٤۹، b=٪٦۷/۲ و c=٪۱۲درساعت توسط گزارش کرده‌اند. ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام نیز در این تحقیق a=٪۱٤/۵٤، b=٪٤۳/۹۱ و c=٪۳/۷۵ درساعت می‌باشد.

تفاوت موجود در نتایج گزارش شده برای میزان تجزیه پذیری پروتئین خام علف یونجه در تحقیق حاضر با نتایج دیگر محققین می‌تواند ناشی از تنوع واریته‌ای، تنوع بخش‌های مختلف پروتئین به‌ویژه پروتئین غیر محلول در بافر، پروتئین غیر محلول در شوینده خنثی و پروتئین غیر محلول در شوینده اسیدی باشد.

وودز و همکاران (۲۰۰۲) میزان تجزیه پذیری پروتئین خام دانه جو را در صفر و ٤۸ ساعت انکوباسیون در شکمبه به ترتیب ۳۰/۳٪ و ۹۵/٤٪ گزارش کردند. تقی-زاده و همکاران (۱۳۸۲) میزان تجزیه پذیری پروتئین خام دانه جو را در صفر و ٤۸ ساعت انکوباسیون به ترتیب ٤٤٪ و ۷۹٪ گزارش کردند. ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام دانه جو a= ٪۲۹/٦، b= ٪٦۳/۲ و c= ٪۳ در ساعت توسط وودز و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است.

محاسبه پروتئین قابل متابولیسم مواد غذایی مورد آزمایش

با استفاده از ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین خام (a، b و c) بدست آمده از روش *in situ* و میزان ADIN مواد غذایی، بر اساس معادلات AFRC (۱۹۹۵) مقادیر پروتئین قابل تجزیه سریع در شکمبه (QDP)، پروتئین قابل تجزیه آهسته در شکمبه (SDP)، پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه (ERDP)، کل پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP)، پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (UDP)، پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم (DUP) و پروتئین قابل متابولیسم (MP) برآورد گردید که در جدول ۸ گزارش شده است.

جدول ۸- میزان پروتئین قابل‌متابولیسم با استفاده از ضرایب‌تجزیه‌پذیری پروتئین خام حاصل از روش *in situ* در سرت عبور r=۰/۰۲ (گرم در کیلوگرم ماده خشک)

	QDP	SDP	RDP	ERDP	UDP	DUP	MP
دانه ذرت	۱۲/٤۷	۳۹/۲۲	۵۱/٦۹	٤۹/۱۹	۳٦/۰۳	۲۹/٤۸	٦۰/۸٤
دانه جو	۱۸/۳۸	۵٦/۹۹	۷۵/۳۸	۷۱/۷۰	۳٤/۲۲	۲۹/٤۷	۷۵/۱۷
یونجه خشک	۲۰/۱۱	٤۰/۵۵	٦۰/٦۵	۵٦/٦۳	۸۱/۳۱	٦۸/۸۲	۱۰٤/٦۲

با توجه به نتایج گزارش شده یونجه و دانه ذرت به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پروتئین قابل تجزیه سریع در شکمبه را دارا می‌باشند. دانه جو و دانه ذرت به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کل پروتئین قابل تجزیه در شکمبه را دارا می‌باشند. همچنین علف یونجه دارای بیشترین میزان پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم را دارا می‌باشد. در کل یونجه خشک و دانه ذرت به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پروتئین قابل متابولیسم را دارا می‌باشند.

AFRC (۱۹۹۵) ERDP دانه جو، دانه ذرت و یونجه را به ترتیب ۱۱۱/۳، ٤٥/۱ و ۱٤۰ گرم در ماده خشک گزارش کرده است که با مقادیر بدست آمده در این آزمایش تفاوتهایی دارد. پایا (۱۳۸٦) پروتئین قابل متابولیسم یونجه و دانه ذرت را به ترتیب ۱۳۰/۸۲ و ۸٦/٥٥ گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش کرد که بیشتر از مقادیر بدست آمده در این آزمایش است (به ترتیب ۱۰٤/٦۲ و ٦۰/۸٤ گرم در کیلوگرم ماده خشک).

ARC (۱۹۸۰) ERDP دانه جو، دانه ذرت و یونجه را به ترتیب ۹٦، ٤۳ و ۱٥۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک ، همچنین DUP دانه جو، دانه ذرت و یونجه را به ترتیب ۸، ٤۲ و ۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش کرده است.

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در بین مواد خوراکی مورد آزمایش دانه جو , دانه ذرت و علوفه یونجه دارای خصوصیات مختلف تجزیه پذیری و تخمیری بوند به طوریکه که ناپدید شدن شکمبه ای ماده خشک یونجه کمترو دانه جو بیشتر بود . دانه جو دارای بیشترین انرژی قابل متابولیسم بود. از نظر پروتئین قابل متابولیسم با توجه به محتویات بالای پروتئین خام یونجه این علوفه بیشترین پروتئین قابل متابولیسم را دارا بود در حالی که دانه ذرت به سبب دارا بودن محتویات کم پروتئینی دارای کمترین میزان پروتئین قابل متابولیسم

قدردانی

این طرح با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تبریز انجام شده است.

منابع مورد استفاده

بشارتی م، تقی‌زاده ا، جانمحمدی ح و مقدم غ، ۱۳۸۷. تعیین تجزیه پذیری محصولات فرعی انگور با استفاده از روش تولید گاز و کیسه‌های نایلونی. مجله دانش کشاورزی دانشگاه تبریز. جلد ۱۸ شماره ۳، صفحه‌های ۱۸۵-۱۷۳.

پایا ح، ۱۳۸٦. تعیین قابلیت هضم و گوارش پذیری برخی مواد خوراکی با روشهای *in vivo*، *in situ* و *in vitro*. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

تقی‌زاده ا، نیکخواه ع و فضائلی ح، ۱۳۷۸. تعیین گوارش پذیری و ویژگیهای تجزیه پذیری مواد خوراکی به روش In situ، In vitro و In vivo. مجله دانش کشاورزی، جلد ۹، شماره ۳، صفحه‌های ۱۷ تا ۳۱.

تقی‌زاده ا، شجاع ج، مقدم غ، جانمحمدی ح و یاسان پ، ۱۳۸۰. تعیین تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام برخی از مواد غذایی خشبی و متراکم به روش in situ در گوسفند. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۱، شماره ۳، صفحه‌های ۹۳ الی ۱۰۰.

تقی‌زاده ا، دانش مسگران م، ولی‌زاده ر و افتخار شاهرودی ف، ۱۳۸۲. بررسی مدل هضمی شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام برخی مواد خوراکی با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی متحرک. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۳، شماره ۱، صفحه‌های ۱۰۱ الی ۱۱۳.

دانش مسگران م و حیدریان ن، ۱۳۷۷. تعیین بخشهای نیتروژن‌دار مواد غذایی مورد استفاده نشخوارکنندگان در استان خراسان. طرح پژوهشی، دانشگاه فردوسی مشهد.

کریمی ن، دانش مسگران م و گلیان ا، ۱۳۸۱. تعیین ضرایب تجزیه پذیری مواد خوراکی و مقایسه آنها با ضرایب جداول استاندارد AFRC در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱٦، شماره ۱، صفحه‌های ۳۵ الی ٤۳.

منصوری ه، نیکخواه ع، رضائیان م، مرادی م و میرهادی ا، ۱۳۸۲. تعیین میزان تجزیه پذیری علوفه با استفاده از فن تولید گاز و کیسه های نایلونی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳٤، شماره ۲، صفحه‌های ٤۹۵ الی ۵۰۷.

Adesogan AD, 2002. A critical evaluation of selected nutritive value methods. Pp 33-47. Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Florida. USA.

AFRC, 1995. Energy and Protein requirements of ruminants. An Advisory Manual Prepared by the AFRC Technical committee on Research to Nutrition, CAB International, Wallingford, UK.

Agriculture research council. 1980. The nutrient requirement of ruminant livestock, Farnham Royal, UK.

Alexandrov AN, 1998. Effect of ruminal exposure and subsequent microbial contamination on dry matter and protein degradability of various feedstuffs. J Anim Feed Sci Technol 71: 99-107.

AOAC, 1999. Official Methods of Analysis of AOAC international. AOAC international. Maryland, USA.

Blummel M, Orskov ER, 1993. Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting of food intake in cattle. J Anim Feed Sci Technol 40:109–119.

Cone JW, 1991. Degradation of starch in feed concentrates by enzymes, rumen fluid and rumen enzymes. J Sci Food Agric 54: 23-34.

Datt C and Singh G, 1995. Effect of protein supplementation on in vitro digestibility and gas production of wheat straw. Indian J Dairy Sci 48: 357-361.

Elizalde JC, Merchen NR and Faulkner OB, 1999. In situ dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. J Dairy Sci 82: 1978-1990.

Fedorak PM and Hurdy DE, 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. Environ Technol Leu 4: 425-432.

Getachew G, Blummel M, Makkar HPS and Becker K, 1998. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. J Anim Feed Sci Technol 72: 261–281.

Getachew G, Crovetto GM, Fondevila M, Krishna Moorthy U, Singh B, Spanghero M, Steingass H, Robinson PH and Kailas MM, 2002. Laboratory variation of 24 h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. J Anim Feed Sci Technol 102: 169-180.

Graham H and Aman P, 1984. A comparison between degradation of in vitro and in sacco of constituents of untreated and ammonia treated barley straw. J Anim Feed Sci Technol 10:199.

Griffin TS, Cassida KA, Hesterman OB and Rust SR, 1994. Alfalfa maturity and cultivar effects on chemical and In situ estimates of protein degradability. Crop Sci 34: 1654-1661.

Hoffman PC, Sievert SJ, Shaver RD, Welch DA and Combs DK, 1993. In situ dry matter protein and fiber degradation of perennial forages. J Dairy Sci 76: 2632-2642.

Lanzas C, Fox DG and Pell AN 2006. Digestion kinetics of dried cereal grain. J Anim Feed Sci Technol.

Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ, 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. J Anim Feed Sci Tech 57: 347-358.

Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J Agric Food Sci 93:217–222.

National Research Council (NRC), 2001. Nutrient requirement of dairy cattle. 7th Rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington D.C.

Ørskov ER, 2000. The in situ technique for the estimation of forage degradability. In: D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford and H.M. Omed (Editors), Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp.175-188.

Pell AN and Schofield P, 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. J Dairy Sci 76:1063-1073.

Prasad CS, Wood CD and Sampath KT, 1994. Use of in vitro gas production to evaluate rumen fermentation of untreated and urea treated finger millet straw (Eleusine coracana) supplemented with different levels of concentrate. J Sci Food Agric 65:457-464.

SAS Inc., 2002. Sas user's Guide: statistics. Statistical Analysis Systems Institute Inc. Cary NC.

Stern MD, Bach A and Calsamiglia S, 1997. Alternative Techniques for Measuring Nutrient Digestion in Ruminants. J Anim Sci 75:2256–2276.

Woods VB, O'Mara FP and Moloney AP, 2002. The in situ ruminal degradability of concentrate feedstuffs in steers as affected by level of feed composition and ratio of grass silage to concentrate. J Anim Feed Sci Technol 100: 15-30.

Woods VB, O'Mara FP and Moloney AP, 2003. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part I: in situ ruminal degradability of Dry matter and Organic matter. J Anim Feed Sci Technol 110: 111-130.