Archive of SID

مجله پژوهش های علوم دامی/ جلد ۲۱ شماره ۱/ سال ۱۳۹۰

استفاده از روش تولید گاز جهت بررسی اثرات زمان های مختلف پرتوتابی مایکروویو بر فراسنجه های تغذیه ای دانه های جو و ذرت

فرهاد پرنیان خواجه دیزج[۱]، اکبر تقی زاده*[۲]، غلامعلی مقدم[۲] و حسین جانمحمدی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱/۲۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشگاه تبریز

۲- به ترتیب دانشیار، استاد و دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: Email:ataghius@yahoo.com

چکیده

اثرات پرتوتابی مایکروویو (با قدرت ۹۰۰ وات و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز) به مدت ۳، ۵ و ۷ دقیقه بر ارزش تغذیه ای دانه جو و ذرت با استفاده از روش تولید گاز مورد ارزیابی قرار گرفت. داده های تولید گاز در ساعت های ۲، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد انکوباسیون ثبت و روند تولید گاز برآورد شد. داده های تولید گاز در زمان ۲۴ ساعت بعد از انکوباسیون برای تخمین میزان انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، ماده آلی قابل هضم و پروتئین میکروبی بکار رفت. پرتوتابی مایکروویو، تولید گاز دانه جو را در زمانهای انکوباسیون پس از ۲۴ ساعت افزایش ($P< ۰/۰۵$) داد ولی تفاوت معنی داری بین زمانهای مختلف پرتوتابی مشاهد نشد. این تیمار حرارتی باعث کاهش تولید گاز دانه ذرت از ساعات انکوباسیون ۶ به بعد گردید. نرخ تولید گاز دانه جو (۱۰/۰۱ درصد در ساعت) و دانه ذرت (۶/۵۶ درصد در ساعت) با پرتوتابی مایکروویو کاهش یافت . تولید گاز بخش محلول و نامحلول (A) دانه جو تحت تأثیر تیمار مایکروویو افزایش ($P< ۰/۰۵$) یافت ولی بخش A دانه ذرت تحت تأثیر این فراوری قرار نگرفت. پرتوتابی مایکروویو دانه ذرت موجب کاهش معنی دار ($P< ۰/۰۵$) مقادیر انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی، اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر، ماده آلی قابل هضم و پروتئین میکروبی شد. اما در مورد دانه جو این فراوری منجر به افزایش معنی دار ($P <۰/۰۵$) این پارامترهای تغذیه ای شد. پرتوتابی دانه جو با مایکروویو می تواند نرخ تولید گاز را کاهش داده و با کند کردن تخمیر منجر به بهبود اکوسیستم شکمبه و کاهش خطرات احتمالی اسیدوزیس شود.

واژه های کلیدی: عمل آوری، پرتوتابی مایکروویو، تولید گاز، دانه جو، دانه ذرت

www.SID.ir

Archive of SID

Use of *in Vitro* Gas Production Technique for Evaluation of Nutritive Parameters of Barley and Corn Grain Treated by Different Microwave Irradiation Times

F Parnian Khaje Dizaj[1], A Taghizadeh[*2], G A Moghaddam[2] and H Janmohammadi[2]

Received: 13 December, 2009 Accepted: 13 April, 2010
[1]MSc. Student, Department of Animal Science, University of Tabriz, Iran
[2]Associate Professor, Professor and Associate Professor respectively, Department of Animal Science, University of Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: E-mail: ataghius@yahoo.com

Abstract
Effects of microwave irradiation (900 W, 2450 MHz) for 3, 5 and 7 min on nutritive value of barley and corn grains were evaluated using *in vitro* gas production technique. Gas production volumes were recorded at 2, 6, 12, 24, 48 and 72 h of incubation and then gas production kinetic was estimated. The obtained data from gas production at 24 h after incubation were used for estimation of metabolizable energy, net energy for lactation, short chain fatty acids, digestible organic matter and microbial protein. Irradiation of microwave increased (P<0.05) gas production of barley grain after 24 h, but the differences between different irradiation times were not significant. This heat treatment resulted decreasing in gas production of corn grain after 6 h. The rate of gas production of barley (10.01 % h^{-1}) and corn grain (6.56 % h^{-1}) decreased by microwave irradiation. Microwave treatment increased (P<0.05) gas production of soluble and insoluble fraction (*A*) of barley grain, but did not affect corn grain. Microwave heat treatment of corn grain significantly decreased (P<0.05) values of metabolizable energy, net energy for lactation, short chain fatty acid, digestible organic matter and microbial protein, but in barley, this treatment increased significantly (P<0.05) mentioned parameters. The rate of gas production of barley grain can be decreased by microwave irradiation resulting improved rumen ecosystem and decreased acidosis due to decreasing of rate of fermentation.

Key words: Processing, Microwave irradiation, Gas production, Barley grain, Corn grain

مقدمه

دو عامل مهم شناخت و ارزیابی مواد خوراکی و نیز تعیین نیازمندیهای غذایی دام ها بر تولید بیشتر و اقتصادی مؤثر هستند. قابلیت هضم یک ماده غذایی یا جیره غذایی با روشهای مستقیم استفاده از حیوان زنده (*in vivo*) و روش آزمایشگاهی (*in vitro*) قابل اندازه‌گیری است (تقی زاده و همکاران ۱۳۷۸). ارزیابی میزان مصرف خوراک و قابلیت هضم خوراک با روش استفاده از حیوان زنده بسیار وقت‌گیر، دشوار، پرهزینه، نیازمند مقدار زیاد خوراک و غیر مناسب جهت ارزیابی برای انواع زیاد خوراک می‌باشد. ارتباط نزدیک بین تخمیر شکمبه‌ای با تولید گاز از قبل گزارش شده است (گتاچیو و همکاران ۲۰۰۲). روش تولید گاز به خاطر سادگی، کمتر بودن عوامل ایجاد کننده خطا، نیاز به تعداد کمتر نمونه و همچنین سرعت عمل و تولید اطلاعات اضافی می‌تواند تکمیل کننده و جایگزین مناسبی برای روش *in vivo* باشد (گتاچیو و همکاران ۲۰۰۲). همبستگی مناسب حجم گاز تولیدی با فراسنجه های حاصل از مطالعات *in situ* و *in vivo* حاکی از آن است که تولید گاز بطور دقیق تخمیر ماده خوراکی را نشان می دهد. حجم گاز تولیدی که نشان دهنده تخمیر مواد خوراکی به اسیدهای چرب فرار است، می تواند برآوردی از قابلیت هضم ظاهری باشد و بطور دقیقی با مقدار و نسبت استات و بوتیرات نیز مرتبط می باشد (بلومل و ارسکف ۱۹۹۳). بنابراین نسبت اسیدهای چرب

www.SID.ir

Archive of SID

فرار بر حجم گـاز تولیـدی تـاثیر مـی گـذارد، زیـرا فقـط تخمیر ماده خوراکی به استات و بوتیرات است که تولیـد گاز کربنیک و در نتیجه گاز متان می کند و بخـش اعظـم حجم گاز تولیدی را این گازها شامل می شوند که بطـور مستقیم از تخمیر حاصل می شوند. تخمیـر سـریع مـواد احتمـالاً موجـب تولیـد نسـبت بیشـتری از پروپیونـات می شود و می تواند به ازای هر واحد اسید چـرب فـرار تولید شده گاز کمتری تولید شود (بشـارتی و همکـاران ۱۳۸۷).

در تغذیه نشخوارکنندگان، قابلیت تخمیر دانه های غلات موضوع مهمی در شناخت ارزش خوراکی آنها به شمار می رود، بطوریکه می تواند بر مکان هضم نشاسته در لوله گوارش و تامین پروتئین میکروبی اثر گذاشته (هررا- سالدانا و همکاران ۱۹۹۰) و تاثیر مهمی روی محیط شکمبه داشته باشد و متعاقب این اثر بر محیط شکمبه، به لحاظ تغییرات pH، تولید *اسید* چرب *فرار*[1](VFA) و فعالیت تجزیه سلولز (سووانت ۱۹۹۷) می تواند بر تولید شیر و ماده خشک مصرفی تاثیری بسزا داشته باشد (هررا- سالدانا و همکاران ۱۹۹۰). زمانی که دانه های غلات در ترکیب جیره های نشخوارکنندگان باشند، قابلیت هضم آنها در شکمبه و روده متغیر است. با اینکه نشاسته موجود در غلات، در دستگاه گوارشی نشخوارکنندگان از قابلیت هضم کاملی برخوردار نیست، ولی عمده ترین کربوهیدراتی است که بعنوان مهمترین منبع انرژی برای نشخوارکنندگان شناخته شده است. باتوجه به اینکه پریکارپ دانه های غلات مانع از چسبندگی باکتریایی آنها می شود و هضم دانه بطور کامل صورت نمی گیرد، دانه های غلات قبل از تغذیه مورد عمل آوری قرار می گیرند (مک آلیستر و همکاران ۱۹۹۰، هانتینگتون ۱۹۹۷). عمل آوری دانه ها، برای مثال *آسیاب کردن*[2] و *ورقه کردن با بخار*[3] دانه ذرت، قابلیت هضم آنرا در مقایسه با دانه کامل، افزایش می دهد. البته پاسخ دانه های غلات به عمل آوری متغیر است، بطوریکه افزایش هضم نشاسته دانه های جو، سورگوم و ذرت بوسیله غلتک کردن با بخار بیشتر از گندم و یولاف است (هانتینگتون ۱۹۹۷).

آندوسپرم دانه ذرت یک ساختار پیچیده ای است کـه می تواند حاوی آندوسپرم محیطی، آندوسپرم *شاخی*[4] و آندوسپرم *آردی*[5] باشد. نشاسته موجـود در آندوسـپرم آردی از لحاظ ساختاری مساعد برای عمل آوری غـلات و آنزیم های هضمی می باشـد (کوتارسـکی و همکـاران ۱۹۹۲؛ هانتینگتون ۱۹۹۷). در مقابل، آندوسپرم شاخی از شبکه پروتئینی تشکیل شده است که به تجزیه فیزیکـی و شیمیایی مقاوم مـی باشـد (اسـتریتر و همکـاران ۱۹۹۳). گرانول های نشاسته آندوسپرم شاخی و محیطی ذرت و حتی سورگوم بطور کامل در شـبکه پروتئینـی محصـور شده اند (رونی و پفلوگفلدر ۱۹۸۶).

اگرچه عمل آوری حرارتی برای افزایش مصرف مواد مغذی غلات توسط نشخوارکنندگان ضروری است، امـا عمل آوری غلات درمقیاس وسیعتر، اغلب مصـرف مـواد مغذی را در نشـخوارکنندگان مـی کاهـد (آلـن ۲۰۰۰). از طرفـی بهینـه سـازی تغییـر در مکـان هضـمی نشاسـته، نیازمند یک سری شرایط و روشهای عمل آوری است که بدون کـاهش درقابلیـت هضـم نشاسـته در کـل دسـتگاه گوارش، منجر به افزایش در جریان نشاسته به دوازدهـه گـردد. جـذب افزایشـی گلـوکز در دوازدهـه مـی توانـد گلوکونئوژنسیز را کاهش و تولیدات نشـخوارکنندگان را افزایش دهد (کاسم و همکاران ۱۹۸۷).

امواج مایکروویو انرژی غیر یونیزه ای می باشند کـه بواسـطه نفـوذ در مـواد و تغییـرات سـریع درزمینـه الکترومغناطیسی در فرکانس بالا، باعـث افـزایش دمـا از درون مواد می گردند. در روشهای متداول فراوری غلات با استفاده از هوای داغ، بواسطه هدایت حرارتی، حـرارت از سطح پوسته دانه، به درون آندوسپرم انتقال مـی یابـد (کاسـووا و همکـاران ۲۰۰۲). بنظـر مـی رسـد پرتوتـابی مایکروویو می تواند در عمل آوری غلات، نقش بسـزایی را ایفا نماید (لواندوویکس و همکـاران ۲۰۰۰)، چـون از یک سو فراوری یکنواخت وقابل کنترلی را ارائه می دهـد و از سـویی دیگـر در مقایسـه بـا روش هـای متـداول

[1] *Volatile fatty acid*
[2] *Grinding*
[3] *Steam-flaking*
[4] *Corneous endosperm*
[5] *Floury endosperm*

www.SID.ir

Archive of SID

فـراوری غـلات ، موجـب صـرفه جـویی در وقـت می شود (فخوری و راماس وامی ۱۹۹۳).
هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثرات پرتوهای مایکروویو برارزش غذایی ذرت و جو با استفاده از روش تولید گاز بود.

مواد و روشها

خوراک و محل آزمایش

آزمایش تولید گاز در آزمایشگاه تغذیه دام پیشرفته واقع در ساختمان تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا گردید. نمونه های غلات شامل دانه جو و ذرت از مناطق روستای خواجه دیزج و انبار ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان جمع آوری و مورد استفاده قرار گرفت.

فراوری با مایکروویو

قبل از انجام فراوری دانه ها، محتوای رطوبتی دانه های ذرت و جو تعیین گردید. در مرحله بعد به منظور فراوری با پرتوهای مایکروویو، به دانه های مورد آزمایش به اندازه ای آب اضافه گردید که محتوای رطوبتی آنها با احتساب رطوبت خود دانه به ۳۰۰ گرم در کیلوگرم دانه غلات، افزایش یابد. ۵۰۰ گرم از هر یک از نمونه های مرطوب در ظروف شیشه ای (۶×۲۸×۲۸ سانتی متر) ریخته شد، بطوری که ارتفاع نمونه از ته ظرف کمتر از ۲ سانتی متر باشد. سپس دانه های غلات در سه مرحله زمانی ۳، ۵ و۷ دقیقه در داخل محفظه مایکروویو[1] با قدرت ۹۰۰ وات (۱/۸ وات انرژی مایکروویو بر گرم) و فرکانس۲۴۵۰ مگاهرتز تحت تاثیر پرتو تابی مایکروویو قرارگرفت.

آنالیز شیمیایی

تجزیه تقریبی مواد غذایی شامل میزان ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر خام بر اساس روش‌های AOAC (۲۰۰۵)؛ و دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز با روش ون‌سوست و همکاران (۱۹۹۱) انجام شد.

اندازه گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

به منظور اندازه گیری تولید گاز از روش فدوراک و هرودی (۱۹۸۳) استفاده شد. در این روش میزان جابجایی مایع در داخل لوله های آزمایشی مدرج که در ارتباط با شیشه های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراک می باشند، معرف میزان تولید گاز است (فدوراک و هرودی ۱۹۸۳). در این روش ابتدا مواد خوراکی توسط آسیاب با قطر منافذ الک ۲ میلی متری بصورت یکنواخت آسیاب شدند. مقدار ۳۰۰ میلی گرم از هر ماده خوراکی آسیاب شده با دقت توزین و به داخل شیشه های سرم استریل ۵۰ میلی لیتری منتقل گردید. برای هر نمونه ماده غذایی ۳ تکرار در نظر گرفته شد. مایع شکمبه مورد نیاز در آزمایش تولید گاز، ۲ ساعت بعد از وعده خوراک صبحگاهی، از دو رأس گوسفند فیستولا دارتغذیه شده گرفته شد. این حیوانات به مدت یک ماه با جیره غذایی در سطح نگهداری شامل ۴۰ درصد مواد غذایی متراکم و ۶۰ درصد علوفه (حاوی ۱/۹ مگاکالری در هر کیلوگرم ماده خشک انرژی متابولیسمی و در حدود ۷/۲ درصد پروتئین خام بود) و ترکیب جیره، شامل یونجه خشک، دانه جو و کنجاله سویا تغذیه شدند. مایع شکمبه جمع آوری شده با پارچه توری چهار لایه صاف شد و در داخل فلاسک حاوی گاز دی اکسید کربن، سریعاً به آزمایشگاه منتقل شد. قبل از انتقال مایع شکمبه به داخل شیشه های سرم، با بافر تهیه شده به روش مکدوگال (۱۹۴۸) به نسبت ۱ به ۲ (یک قسمت مایع شکمبه و دو قسمت بافر) مخلوط شد. شیشه های سرم قبل از انتقال مایع شکمبه و بافر، جهت جلوگیری از شوک حرارتی، بمدت نیم ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتیگراد گرم شده بودند. در مرحله انتقال بافر و مایع شکمبه از ارلن به شیشه های سرم، جریان مداوم گاز دی اکسید کربن به ارلن که بر روی هیتر ۳۹ درجه سانتیگراد قرار داشت، تزریق گردید. در هر شیشه حاوی تیمار آزمایش مقدار ۲۰ میلی لیتر مخلوط مایع شکمبه و بافر افزوده شد و بعد از بی هوازی نمودن داخل شیشه با تزریق گاز دی اکسید کربن، درب شیشه ها توسط درپوش لاستیکی و پرس فلزی، بطور محکم بسته شد. به منظور تصحیح گاز تولیدی با منشاء مایع شکمبه تعداد ۳ عدد شیشه بدون

[1] مایکروویو بوتان مدل *BC380W*

www.SID.ir

Archive of SID

ماده غذایی و فقط دارای مایع شکمبه در نظر گرفته شدند. کل شیشه ها جهت اندازه گیری گاز تولیدی به داخل دستگاه انکوباتور شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۳۹ درجه سانتیگراد، منتقل شده و عمل قرائت و ثبت میزان گاز تولیدی ناشی از تخمیر مواد غذایی به روش فدوراک (جابجایی آب) در ساعات ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد از عمل انکوباسیون انجام گرفت.

محاسبات و مدل آماری

انرژی قابل متابولیسم (ME)، انرژی ویژه شیردهی (NE_L) و درصد ماده آلی قابل هضم (DOM) غلات با استفاده از معادلات ارائه شده توسط منکی و همکاران(۱۹۷۹) و منکی و استنگیس (۱۹۸۸) محاسبه گردید. میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA) نیز بر اساس رابطه گتاچیو و همکاران (۲۰۰۲) محاسبه شد.

ME (MJ/kg DM) = ۱/۰۶+۰/۱۵۷۰ GP + ۰/۰۰۸۴ CP + ۰/۰۲۲۰ CF – ۰/۰۰۸۱ CA (n = 200, r^2 = ۰/۹۴)

NE_L (MJ/kg DM) = –۰/۳۶ + ۰/۱۱۴۹ GP + ۰/۰۰۵۴ CP + ۰/۰۱۳۹ CF – ۰/۰۰۵۴ CA (n=200, r^2 = ۰/۹۳)

DOM (% DM) = ۹/۰۰ + ۰/۹۹۹۱ GP + ۰/۰۵۹۵ CP + ۰/۰۱۸۱ CA (n=200, r^2 = ۰/۹۲)

SCFA (m mol/200 mgDM) = ۰/۰۲۲۲ GP – ۰/۰۰۴۲۵

که در این روابط GP تولید گاز (میلی لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) در ۲۴ ساعت؛ CP، CF و CA به ترتیب پروتئین خام، چربی خام و خاکستر (٪ ماده خشک) می باشند.

پروتئین میکروبی (MP) نیز بصورت ۱۹/۳ گرم نیتروژن میکروبی به ازای هر کیلوگرم ماده آلی قابل هضم محاسبه گردید (چرکاوسکی ۱۹۸۶).

اثرات تیمارها و زمان انکوباسیون روی تولید گاز با رویه مدل Glm برنامه آماری SAS (۲۰۰۳) با مدل:

$$GP_{ij} = M + T_i + e_{ij}$$

مورد تجزیه آماری قرار گرفت، که در آن GP_{ij} حجم گاز تولیدی (میلی لیتر در یک گرم ماده خشک)، M میانگین کل، T_i اثر تیمار i، و e_{ij} خطای آزمایش می باشد. تفاوت بین میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد مورد آزمون قرار گرفتند. ضرایب تولید گاز در تمام زمانهای انکوباسیون برای هر نمونه در برابر زمان انکوباسیون پلات گردیده و مشخصه های روند تولید گاز با استفاده از معادله $Y = A\ (1 - e^{-ct})$ برآورد شد؛ در این معادله Y= حجم گاز تولید شده در زمان t، A= تولید گاز بخش محلول و نا محلول (میلی گرم در ماده خشک)، c= نرخ ثابت تولید گاز و t= زمان انکوباسیون می باشد.

نتایج و بحث

مواد مغذی دانه ها

ترکیب مواد مغذی دانه های جو و ذرت در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که مشاهده می گردد هر دو دانه تقریباً دارای پروتئین خام یکسانی بودند. دیواره سلولی در دانه جو بیشتر از دانه ذرت بوده که بخش اعظم آن را همی سلولز تشکیل می دهد. عصاره اتری دانه جو و ذرت به ترتیب ۱/۹ و ۶/۱ درصد بود. کربوهیدراتهای غیر فیبری دانه جو و ذرت به ترتیب ۵۳/۹ و ۶۰/۶ در صد بود.

تفاوت بین ترکیب شیمیایی دانه جو و ذرت درمقایسه با NRC (۲۰۰۱)، می تواند ناشی از تفاوت در گونه، شرایط کشت و محیط باشد. ذرت مورد استفاده در این تحقیق ذرت وارداتی (برزیل) بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- ترکیب مواد مغذی دانه ها (بر اساس در صد از ماده خشک)[†]

دانه غلات	DM	CP	EE	NDF	ADF	HC[††]	Ash	NFC[†††]
دانه جو مورد آزمایش	۹۰/۷	۱۱/۵	۱/۹	۲۰/۶	۶/۷	۱۳/۹	۲/۸	۵۳/۹
دانه جو در NRC (2001)	۹۱/۰	۱۲/۴	۲/۲	۲۰/۸	۷/۲	۱۳/۶	۲/۹	۵۲/۷
دانه ذرت مورد آزمایش	۸۹/۶	۱۱/۱	۶/۱	۹/۴	۴/۳	۵/۱	۱/۲	۶۰/۶
دانه ذرت در NRC (2001)	۸۸/۱	۹/۴	۴/۲	۹/۵	۳/۴	۶/۱	۱/۵	۶۳/۵

[†] برای هر خوراک سه نمونه مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفت.

[††] همی سلولز: HC= NDF-ADF

[†††] کربوهیدرات غیر فیبری: NFC= DM - (CP+EE+NDF+Ash)

DM : ماده خشک، CP : پروتئین خام، EE : چربی خام، NDF : دیواره سلولی، ADF : دیواره سلولی بدون همی سلولز، HC : همی سلولز، Ash : خاکستر.

تولید گاز در شرایط آزمایشگاه

داده های مربوط به تولید گاز حاصل از تخمیر دانه های جو و ذرت در دو حالت خام و پرتوتابی شده با مایکروویو بعد از ۲، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت انکوباسیون به همراه مشخصه های تولید گاز (A و c)، به ترتیب در جداول ۲ و۳ ارائه شده است. پرتوتابی مایکروویو توانست میانگین گاز تولیدی درساعات ۲۴ به بعد را در دانه جو تحت تأثیر قرار داده و منجر به افزایش ($P<0/05$) حجم گاز تولیدی گردد. تولید گاز بخش محلول و غیر محلول (A) دانه جو نیز در اثر این فراوری افزایش معنی داری ($P<0/05$) نشان داده است. اما تفاوت معنی داری در زمانهای فراوری (۳، ۵ و ۷ دقیقه) به لحاظ تفاوت در تولید گاز در ساعات مختلف

جدول ۲- پارامترهای تولید گاز دانه جو درحالت خام وحالت پرتوتابی با مایکروویو.

خوراک	تولید گاز در ساعات بعد انکوباسیون (میلی لیتر در گرم ماده خشک) ۲	۶	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	مشخصه های تولید گاز A	c
دانه جو درحالت خام	۱٤[a]	۹۳	۱۹۵[a]	۲۵۰[b]	۲۸٤[b]	۲۹۵[b]	۲۹۰/۹۵[b]	۱۰/۰۱[a]
دانه جو پرتوتابی شده به مدت:								
۳ دقیقه	۱۱[ab]	۸۷	۱۹۰[a]	۲٦٦[a]	۳۰٦[a]	۳۱۸[a]	۳۱۷/۰۸[a]	۸/۶۳[b]
۵ دقیقه	۹[b]	۸۸	۱۹۳[a]	۲٦۹[a]	۳۰۷[a]	۳۲۱[a]	۳۱۹/۳۳[a]	۸/۷۷[b]
۷ دقیقه	۱۰[ab]	۸۷	۱۷۸[b]	۲۵۷[ab]	۳۰۱[a]	۳۱۲[a]	۳۱۲/۷۵[a]	۷/۹۶[c]
SEM (n=3)	۱/۳۶	۲/۹۰	۳/۷۴	۳/۵۷	۳/۷۰	۳/۶۵	۳/۵۸۲	۰/۱۱۰

A : تولید گاز بخش محلول و غیر محلول (میلی لیتر در گرم ماده خشک)؛ c : نرخ تولید گاز (٪ در ساعت)

انکوباسیون و همچنین در تولید گاز بخش A دانه جو، مشاهده نگردید. از مشخصه های تولید گاز دانه جو، نرخ تولید گاز (c)، با افزایش مدت فراوری روند کاهشی($P<0/05$) را نشان داد. بطوری که از ۱۰/۰۱ درصد در ساعت برای حالت خام دانه جو، به ۷/۹۶ درصد در ساعت برای پرتوتابی به مدت ۷ دقیقه تنزل یافت. در مورد دانه ذرت، تولید گاز در ساعات ۲، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از انکوباسیون و همین طور بخش A ، تحت تأثیر فراوری مایکروویو نبوده ولی در ساعات دیگر تولید گاز نسبت به حالت خام کاهش ($P<0/05$) نشان داده است اما تفاوت معنی داری بین زمانهای

www.SID.ir

Archive of SID

پرتوتابی مشاهده نگردید (جدول۳). روند کاهشی نرخ تولید گاز (*c*) برای دانه ذرت نیز قابل مشاهده است.

زمانی که مواد خوراکی با مایع شکمبه در شرایط آزمایشگاهی انکوبه می شود، کربوهیدراتها به *اسید های چرب کوتاه* زنجیر (SCFA مثل استیک اسید، پروپیونیک اسید، بوتیریک اسید، والریک اسید، لاکتیک اسید و ...) و گازها (بطور عمده CO_2 و CH_4) تخمیر و به سلولهای میکروبی تبدیل می شود. بطور کلی تولید گاز در نتیجه تخمیر کربوهیدرات به استات، پروپیونات و بوتیرات می باشد (بووینک و اسپولسترا ۱۹۹۲؛ بلومل و ارسکف ۱۹۹۳). تولید گاز ناشی از تخمیر پروتئین در مقایسه با تخمیر کربوهیدرات (وولین ۱۹۶۰) نسبتاً کم می باشد. سهم چربی نیز در تولید گاز جزئی می باشد (منکی و استینگیس ۱۹۸۸؛ گتاچیو و همکاران ۱۹۹۷). با توجه به اینکه میزان نشاسته در دانه جو ۵۹/۲ درصد (هررا-سالدا و همکاران ۱۹۹۰) و در دانه ذرت ۷۱/۰ درصد (صادقی و شورنگ ۲۰۰۶) می باشد، می توان گفت بخش اعظم تولید گاز از تخمیر کربوهیدرات بویژه نشاسته می باشد. صادقی و شورنگ (۲۰۰۸) در یک مطالعه *in situ* در ارتباط با اثرات پرتوتابی مایکروویو بر روی خصوصیات تجزیه پذیری دانه جو، گزارش کردند که پرتوتابی مایکروویو منجر به افزایش بخش محلول (*a*) و کاهش بخش نامحلول (*b*) ماده خشک و نشاسته شده و از طرفی دیگر این فراوری، نرخ تجزیهٔ بخش نامحلول (*c*) ماده خشک و نشاسته دانه جو را می کاهد. در تحقیق حاضر، افزایش بخش *A* دانه جو با پرتوتابی مایکروویو (جدول ۲) نیز با این نتایج سازگار بوده و نشان دهندهٔ افزایش بخش محلول دانه جو می باشد. کاهش نرخ تولید گاز (*c*) هم بنظر می رسد مربوط به کاهش نرخ تخمیر بخش نامحلول دانه جو فراوری شده با مایکروویو باشد. با توجه به اینکه کربوهیدرات نقش مهمی در افزایش حجم گاز تولیدی دارد.

جدول ۳- پارامترهای تولید گاز دانه ذرت درحالت خام وحالت پرتوتابی با مایکروویو.

خوراک	تولید گاز در ساعات بعد انکوباسیون (میلی لیتر در گرم ماده خشک) ۲	۶	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	مشخصه های تولید گاز *A*	*c*
دانه ذرت درحالت خام	۱۷	۹۴^{a}	۱۷۳^{a}	۲۵۰^{a}	۳۰۶	۳۲۷	۳۲۷/۸۳	۶/۵۶^{a}
دانه ذرت پرتوتابی شده به مدت:								
۳ دقیقه	۱۷	۸۸^{ab}	۱۵۴^{b}	۲۳۷^{ab}	۳۰۴	۳۳۰	۳۳۷/۹۸	۵/۲۵^{c}
۵ دقیقه	۱۹	۸۶^{b}	۱۵۷^{b}	۲۲۵^{b}	۳۰۱	۳۱۵	۳۲۰/۱۳	۵/۶۰^{bc}
۷ دقیقه	۱۶	۸۶^{b}	۱۶۰^{b}	۲۴۰^{ab}	۲۹۸	۳۱۹	۳۲۳/۸۴	۵/۹۶^{ab}
SEM (n=3)	۱/۲۸	۲/۱۵	۳/۸۲	۵/۳۰	۵/۶۱	۶/۳۳	۶/۵۳۸	۰/۱۹۳

A : تولید گاز بخش محلول و غیر محلول (میلی لیتر در گرم ماده خشک)؛ *c* : نرخ تولید گاز (٪ در ساعت)

به نظر می رسد بخش اعظم تولید و افزایش حجم گاز تولیدی در دانه جو، با پرتوتابی مایکروویو، مربوط به تخمیر نشاسته قابل دسترس باشد. همچنین همی سلولز نیز در دانه جو که درصد قابل توجهی (۱۳/۹ درصد) را در مقایسه با ذرت (۵/۱ درصد) به خود اختصاص داده است، کربوهیدراتی ساختمانی است که تخمیر آن می تواند سهم عمده ای را علاوه بر تخمیر نشاسته، در افزایش حجم گازی تولیدی ایفا کند. افزایش تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون با اعمال پرتوتابی مایکروویو برای دانه جو (جدول ۲)، احتمالاً می تواند ناشی از تغییر در بخش *متبلور*[1] آمیلوزِ گرانول های نشاسته باشد که طی پرتوتابی مایکروویو در حضور آب رخ می دهد (لواندووایز و همکاران ۲۰۰۰). حرارت دهی

[1] *Amorphous amylose*

www.SID.ir

Archive of SID

به همراه بخار برخی دانه های غلات، منجر به تغییرات فیزیکی و شیمیایی گرانول های نشاسته شده و با شکستن باندهای هیدروژنی و جذب آب باعث ژلاتینه شدن آنها شده و قابلیت دسترسی آنها برای تجزیه و تخمیر توسط میکروارگانیسمها را می افزاید (لیچ ۱۹۶۵؛ ویلیامز و باولر ۱۹۸۲). گتاچیو و همکاران (۲۰۰۴) و پایا و همکاران (۲۰۰۷) ثابت نرخ تولید گاز کُندتری (به ترتیب ۵/۶ و ۴/۸ درصد در ساعت) را در مقایسه با تحقیق حاضر برای دانه ذرت (۶/۵۶ درصد در ساعت) در حالت خام گزارش کردند. ثابت نرخ تولید گاز دانه جو در حالت بدون فراوری با تحقیقات دیگر (صادقی و همکاران ۲۰۰۳) منطبق ولی با نتایج آذرفر و همکاران (۲۰۰۷) سازگار نبود. این اختلاف می تواند مربوط به واریته و اختلاف در ثبت گاز تولید شده و نوع فراوری دانه های غلات باشد. ثابت نرخ تولید گاز در دانه جو و ذرت (جداول ۲و۳) با افزایش مدت پرتوتابی کاهش نشان داد.دانه ذرت در مقایسه با سایر غلات به لحاظ تجزیه شکمبه ای نشاسته متفاوت است. تفاوت در ساختار فیزیکی و شیمیایی گرانول های نشاسته، منعکس کننده کیفیت نشاسته در خوراک، قابلیت دسترسی و ماهیت تجزیه پذیری آن می باشد (سویهوس و همکاران، ۲۰۰۵). همانطور که در جداول ۲و۳ مشاهده می شود، دانه جو در مقایسه با دانه ذرت در حالت خام، از نرخ تولید گاز بالایی (۱۰/۰۱ در مقابل ۶/۵۶ درصد در ساعت) برخوردار است. مطابق آزمایشات *in situ* نیز، دانه جو (صادقی و شورنگ ۲۰۰۸)، برخلاف دانه ذرت (صادقی و شورنگ ۲۰۰۶)، از تجزیه پذیری موثر بالایی برای نشاسته (۸۷/۵ در مقابل ۶۴/۶ درصد با نرخ عبور ۰/۰۵ در ساعت) برخوردار است که سریعاً در شکمبه مورد هضم واقع شده (هررا- سالدا و همکاران ۱۹۹۰؛ نوسک و تامیگا ۱۹۹۱) و خطر افزایش مشکلات سلامتی گاوها را بالا می برد (پوزدیسِک و واکولووا ۲۰۰۸). نشخوارکنندگان نیازمند دانه های غلاتی هستند که در شکمبه تجزیه پذیری کُند و در کل دستگاه گوارش قابلیت هضم بالایی داشته باشند (پوزدیسِک و واکولووا ۲۰۰۸). تحقیقات مقایسه ای مختلف در مورد تجزیه پذیری شکمبه ای نشاسته در خوراک های مختلف (ریچاردز و همکاران ۱۹۹۵) تایید می کند که از نقطه نظر تجزیه پذیری نشاسته، دانه ذرت حاوی مقادیر زیادی از نشاسته با قابلیت تجزیه پذیری پایین در شکمبه می باشد (فیلیپو و همکاران ۱۹۹۹). برای همین منظور دانه ذرت برای تغذیه گاوهای شیری پرتولید بسیار ایده آل می باشد (تومانکووا و هومولکا ۲۰۰۴).برخلاف افزایش حلالیت گرانول های نشاسته در طی تیمار حرارتی به همراه بخار، تأثیر این فراوری بر روی پروتئین خام دانه های غلات بصورت کاهش در تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه شده و منجر به عبوری شدن آن به قسمتهای بعدی شکمبه می شود. تشکیل *اتصالات عرضی*[1] بین اسیدهای آمینه و قندهای احیاء (*واکنش میلارد*[2]) (کلیل و همکاران ۱۹۸۷؛ والیس و فالکونر ۱۹۹۲) و یا بین پروتئین ها (باندهای ایزو- پپتید) شود (لیاردون و هورل ۱۹۸۳؛ هیاس و همکاران ۱۹۷۵) و تغییرحالت دادن[3] پروتئینها در طی تیمار حرارتی، می تواند مسئول کاهش در تجزیه شکمبه ای پروتئین و نشاسته خوراک باشد (فینلی ۱۹۸۹ و وُراژن و همکاران ۱۹۹۵). بنظر می رسد پرتوتابی مایکروویو، قابلیت تخمیر و دسترسی کربوهیدرات برای میکروارگانیسمها را مورد تغییر قرار می دهد. بیشترین اثر پرتوتابی مایکروویو، مربوط به کاهش مقاومت گرانول های نشاسته به واکنش های گوارشی است، به نحوی که متعاقب این فراوری مرطوب، پیوند های عرضی پروتئین ها از هم گسسته و گرانولهای نشاسته محصور در ماتریس پیچیده پروتئینی ژلاتینه شده و با سهولت بیشتری در اختیار میکروارگانیسم ها و آنزیم های هاضم مترشحه از منابع میکروبی و یا حیوانی قرار می گیرند (تئورر و همکاران ۱۹۹۹).

مقادیر برآورد انرژی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین میکروبی

مقادیر برآورد شده برای انرژی قابل متابولیسم (ME، مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)، انرژی ویژه شیردهی (NE_L، مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)،

[1] *Cross-linkages*
[2] *Maillard reaction*
[3] *Denaturation*

www.SID.ir

Archive of SID

اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA، میلی مول)، ماده آلی قابل هضم (DOM، ٪ ماده خشک) و پروتئین میکروبی (گرم در کیلوگرم ماده آلی قابل هضم) از تولید گاز دانه جو و ذرت به ترتیب در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. فراوری دانه جو با مایکروویو باعث افزایش ($P <$۰/۰۵) پارامترهای مذکور گردیده است ولی تفاوت معنی داری بین زمانهای پرتوتابی دانه جو به مدت ۳ دقیقه و ۵ دقیقه مشاهده نگردید. در مورد دانه ذرت پرتوتابی مایکروویو منجر به کاهش برآورد پارامترهای تغذیه ای شده است که می تواند بعلت کاهش تولید گاز در زمان ۲۴ ساعت بعد از انکوباسیون باشد. شورای ملی تحقیقات آمریکا (NRC) (۲۰۰۱) میزان ME و NE_L متفاوتی را برای دانه جو (به ترتیب ۱۲/۲۱ و ۷/۷ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) و برای دانه ذرت (به ترتیب ۱۳/۳۸ و ۸/۴ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)در حالت خام گزارش کرده است. این اختلاف می تواند به اختلاف در گونه و واریته دانه های غلات بکار رفته و همچنین دقت معادلات مورد استفاده در تخمین پارامترهای مذکور مربوط باشد میزان ME، NE_L و DOM برآورد شده برای دانه جو بدون پرتوتابی، در مقایسه با نتایج اَباش و همکاران (۲۰۰۵) کمتر بود (ME : ۱۲/۴۵ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک؛ NE_L : ۷/۸۴ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک؛ DOM : ۸۰/۱۸ درصد). ولی میزان تولید گاز در ساعت ۲۴ انکوباسیون،

جدول ۴- پارامترهای تخمینی برای دانه جو خام و پرتوتابی شده با مایکروویو با استفاده از روش تولید گاز.

پارامترهای تخمینی†	خام	پرتوتابی با مایکروویو			SEM
		۳ دقیقه	۵ دقیقه	۷ دقیقه	
ME	۹/۰۵^{b}	۹/۵۴^{a}	۹/۶۲^{a}	۹/۲۵^{ab}	۰/۱۱۲
NE_L	۵/۴۷^{b}	۵/۸۳^{a}	۵/۸۹^{a}	۵/۶۲^{ab}	۰/۰۸۲
SCFA	۱/۱۰^{b}	۱/۱۷^{a}	۱/۱۹^{a}	۱/۱۳^{ab}	۰/۰۱۵
DOM	۵۹/۸۵^{b}	۶۲/۹۸^{a}	۶۳/۵۱^{a}	۶۱/۱۲^{ab}	۰/۷۱۴
MP	۷۲/۱۹^{b}	۷۵/۹۷^{a}	۷۶/۶۱^{a}	۷۳/۷۲^{ab}	۰/۸۶۱

†ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ NE_L: انرژی ویژه شیردهی (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی مول در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک)؛ DOM: ماده آلی قابل هضم (٪ ماده خشک)؛ MP: پروتئین میکروبی (گرم در کیلوگرم ماده آلی قابل هضم)

جدول ۵- پارامترهای تخمینی برای دانه ذرت خام و پرتوتابی شده با مایکروویو با استفاده از روش تولید گاز

پارامترهای تخمینی†	خام	پرتوتابی با مایکروویو			SEM
		۳ دقیقه	۵ دقیقه	۷ دقیقه	
ME	۹/۱۳^{a}	۸/۷۳^{ab}	۸/۳۴^{b}	۸/۸۳^{ab}	۰/۱۶۶
NE_L	۵/۵۲^{a}	۵/۲۳^{ab}	۴/۹۴^{b}	۵/۳۰^{ab}	۰/۱۲۱
SCFA	۱/۱۰^{a}	۱/۰۵^{ab}	۰/۹۹^{b}	۱/۰۶^{ab}	۰/۲۳۵
DOM	۵۹/۶۹^{a}	۵۷/۱۵^{ab}	۵۴/۶۵^{b}	۵۷/۷۸^{ab}	۱/۰۵۹
MP	۷۲/۰۰^{a}	۶۸/۹۴^{ab}	۶۵/۹۲^{b}	۶۹/۶۹^{ab}	۱/۲۷۷

†ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ NE_L: انرژی ویژه شیردهی (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی مول در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک)؛ DOM: ماده آلی قابل هضم (٪ ماده خشک)؛ MP: پروتئین میکروبی (گرم در کیلوگرم ماده آلی قابل هضم)

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتر از تحقیق حاضر بود (۶۳/۵۹ در مقابل ۵۰/۰ میلی لیتر در ۲۰۰ گرم ماده خشک). همبستگی مثبتی بین ME و NE_L محاسبه شده در تولید گاز با قابلیت دسترسی و قابلیت هضم ترکیبات خوراک بویژه کربوهیدرات مطرح شده است (اُپاتپاتاناکیت و همکاران ۱۹۹۴). برآورد بالای SCFA در دانه جو پرتوتابی شده بعلت تولید بالای گاز در ساعت ۲۴ می باشد. افزایش تولید SCFA در نتیجه تیمار حرارتی دانه های غلات، منجر به تامین انرژی قابل دسترس برای نشخوارکنندگان می گردد (گتاچیو و همکاران ۲۰۰۲). همزمان شدن دسترسی کربوهیدراتهای سهل الهضم (به عنوان *انرژی قابل متابولیسم قابل تخمیر*[1]) و منابع پروتئینی منجر به افزایش بازده تولید پروتئین میکروبی و افزایش حضور آن در دوازدهه می گردد.

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان دادند که پرتوتابی مایکروویو می تواند مشخصه های تولید گاز دانه جو و ذرت را تغییر داده که در نتیجهٔ تغییر در قابلیت تخمیر این غلات در حضور میکروارگانیسم ها می باشد. این تیمار حرارتی با کاهش نرخ تخمیر در دانه جو می تواند اثرات سوء ناشی از فرآورده های تخمیر را در شکمبه تعدیل نماید. با توجه به اینکه پرتوتابی مایکروویو به مدت ۳ و ۵ اثرات مشابهی را در کاهش نرخ تخمیر دانه جو و ذرت داشته اند لذا از دیدگاه تغذیه ای و اقتصادی (صرف انرژی، وقت و هزینه) پیشنهاد می گردد که برای دانه جو، مدت فراوری ۳ دقیقه در مقابل ۵ و ۷ دقیقه مطلوب باشد. بدیهی است ارائه مدت عمل آوری مطلوب، نیازمند اجرای آزمایشات متعددی با توان (وات) و مدتهای گوناگون (دقیقه) می باشد. همچنین با توجه به کاربرد روش تولید گاز در ارائه اطلاعات اضافی (مثل ME، NE_L ، DOMو ...)، می توان از این روش در برآورد میزان تخمیر و تخمین ارزش تغذیه ای مواد خوراکی جهت استفاده در فرموله کردن جیره های نشخوارکنندگان بهره جست.

سپاسگزاری

بدین وسیله از پرسنل و مدیریت ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان به لحاظ مساعدت های فراوان در انجام این آزمایش، کمال تشکر و قدردانی می گردد.

[1] *Fermentable metabolizable energy: FME*

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

بشارتی م، تقی زاده ا، جانمحمدی ح و مقدم غ، ۱۳۸۷. تعیین تجزیه پذیری محصولات فرعی انگور با استفاده از روش تولید گاز و کیسه های نایلونی مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۸، شماره ۳، صفحه های ۱۷۳ تا ۱۸۵.

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

نیکخواه ا، علیخانی م، امانلو ح و سمیع ع، ۱۳۸۲. تأثیر روشهای فراوری بر تجزیه پذیری دانه های جو و سورگوم جارویی در شکمبه. مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هفتم، شماره اول، صفحه های ۱۶۹ تا ۱۷۷.

Abas I, Pinar H, Kutay HC and Kahraman R, 2005. Determination of the metabolizable energy (ME) and net energy lactation (NEL) contents of some feeds in the marmara region by in vitro gas technique. Turk J Vet Anim Sci 29: 751-757

Allen MS, 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J Dairy Sci 83: 1598–1624.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC international. AOAC international. Maryland, USA.

Azarfar A, Williams BA, Boer H and Tamminga S, 2007. In vitro gas production profile and the formation of end products from nonwashable, insoluble washable and soluble washable fractions in some concentrate ingredients. J Sci Food Agric 87:1345–1355.

Beuvink JMW, Spoelstra SF and Hogendorp RJ, 1992. An automated method for measuring time-course of gas production of feedstuff incubated with buffered rumen fluid. Neth J Agric Sci 40: 401–407.

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

Cleale RM, Klopfenstein TJ, Britton RA, Satterlee LD and Lowry SR, 1987. Induced non enzymatic browning of soybean meal 1. Effects of factors controlling non-enzymatic browning on in vitro ammonia release. J Anim Sci 65: 1312–1318.

Czerkawski JW, 1986. An introduction to rumen studies. Pergamon Press, Oxford, UK.

Lewandowicza G, Jankowskib T and Fornalc J, 2000. Effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of cereal starches. Carbohydrate Polymers 42: 193–199.

Fakhouri MO and Ramaswamy HS, 1993. Temperature uniformity of microwave heated foods as influenced byproduct type and composition. Food Res Inter 26: 89–95.

Fedorak PM and Hrudey SE, 1983. A Simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultuvesin serum bottles. Environ Technol Lett 4: 425-435.

Finley JW, 1989. Effects of processing on proteins: an overview. In: Phillips, R.D., Finley, J.W. (Eds.), Protein Quality and the Effects of Processing. Marcel Dekker, New York, NY, USA, Pp. 1–7.

Getachew G, Makkar HPS and Becker K, 1998. The in vitro gas coupled with ammonia measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using incubation medium of different buffering capacity. J Sci Food Agric 77: 87- 95.

Getachew G, Makkar HPS and Becker K, 2002. Tropical browses: content of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acids and in vitro gas production. J Agric Sci 139: 341-352.

www.SID.ir

Archive of SID

Getachew G, Robinson PH, DePeters EJ and Taylor SJ, 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. Anim Feed Sci Technol 111: 57–71.

Hayase F, Kato H and Fujimaki M, 1975. Racemization of amino acid residues in proteins and poly (L-amino acids) during roasting. Journal of Agricultural and Food Chemistry 23: 491–494.

Herrera-Saldana RE, Huber JT and Poore MH, 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. J Dairy Sci 73: 2386–2393.

Huntington GB, 1997. Starch utilization by ruminants: From basis to the bunk. J Anim Sci 75:852–870.

Kaasova J, Hubackova B, Kadlec P, Prihoda J and Bubnik Z, 2002. Chemical and biochemical changes during microwave treatment of wheat. Czech J Food Sci 20: 74–78.

Kassem MM, Thomas PC, Chamberlain DG and Robertson S, 1987. Silage intake and milk production in cows given barley supplements of reduced ruminal degradability. Grass Forage Sci 42: 175–183.

Kotarski SF, Waniska RD and Thurn KK, 1992. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. J Nutr 122: 178–190.

Leach HW, 1965. Gelatinization of starch. In: Starch, Chemistry and Technology, Academic Press, New York.

Lewandowicz G, Jankowsk T and Fornal J, 2000. Effect of microwave radiation on physico chemical properties and structure of cereal starches. Carbohydr Polym 42: 193–199.

Liardon R and Hurrell RF, 1983. Amino acid racemization in heated and alkali-treated proteins. J Agric Food Chem 31: 432–437.

McAllister TA, Rode LM, Major DJ, Cheng KJ and Buchanan-Smith JG, 1990. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. Can J Anim 70: 571–579.

McDougall EI, 1948. Studies on Ruminant Saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. Biochemical J 43: 99-109.

Menke KH and Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim Res Devt 28: 7– 55.

Menke KH, Rabb L, Saleweski A, Steingass H, Fritz D, and Schnider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor In vitro. J Agr Sci 93: 217-222.

Nocek JE and Tamminga S, 1991. The prediction of nutrient supply to dairy cows from rate and extent of ruminal degradation of ration components. J Dairy Sci 74: 3598–3629.

Opatpatanakit Y, Kellaway RC, Lean IJ, Annison G and Kirby A, 1994. Microbial fermentation of cereal grains in vitro. Aust J Agric Res 45: 1247-1263.

Paya H, Taghizadeh A, Janmohammadi H and Moghadam GA, 2007. Nutrient digestibility and gas production of some tropical feeds used in ruminant diets estimated by the in vivo and in vitro gas production techniques. American J Anim Vet Sci 2: 108-113.

Philippeau C, Le Deschault de Mornredon F and Michalet Doreau B, 1999. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. J Anim Sci 77: 238–243.

Pozdíšek J and Vaculová K, 2008. Study of wheat (Triticum aestivum L.) quality for feeding ruminants using in vitro and in vivo methods. Czech J Anim Sci 53: 253-264.

www.SID.ir

Archive of SID

Qrskov ER and McDonald I, 1979. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements according to rate of passage. J Agric Sci Camb 92: 449 – 503.

Rooney LW, Pflugfelder RL, 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J Anim Sci 63: 1607–1623.

Sadeghi AA, Nikkhah A, Moradi Shahrbabak M and shawrang P, 2003. The study of degradability of dry matter, crude protein and starch of trated and untreated barley grain by formaldehyde using in situ method. The processing of Iranian Anim Sci Aquatic meeting Karaj. Iran, Pp: 224.

Sadeghi AA and Shawrang P, 2006. Effects of microwave irradiation on ruminal protein and starch degradation of corn grain. Anim Feed Sci Technol 127: 113–123.

Sadeghi AA and Shawrang P, 2008. Effects of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. Anim Feed Sci Technol 141:184-194.

SAS Institute In, 2003. SAS user's guide Statistical analyses systems institute. Cary, NC, USA.

Sauvant D, 1997. Cons´equences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l' amidon chez les ruminants. INRA Prod Anim 10: 287–300.

Streeter MN, Hill GM, Wagner DG, Hibberd CA and Owens FN, 1993. Chemical and physical properties and in vitro dry matter and starch digestion of eight sorghum grain hybrids and maize. Anim Feed Sci Technol 44: 45–58.

Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM, 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. Anim Feed Sci Technol 122: 303–320.

Theurer CB, Huber JT, DelgadoElorduy A and Wanderley R, 1999. Invited review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. J Dairy Sci 82:1950– 1959.

Tománková O and Homolka P 2004. In vitro ruminal degradability of cereal grain starch. Czech J Anim Sci 49: 151–155.

Van Soest PJ, Robertson JB and Levvis BA, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in ration to animal nutrition. J Anim Sci 74: 3583-3597.

Voragen AGJ, Gruppen H, Marsman GJP and Mul AJ, 1995. Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: Garnsworthy, P.C., Cole, D.J.A. (Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, UK, Pp. 93–126.

Wallace RJ and Falconer ML, 1992. In vitro studies of conditions required to protect protein from ruminal degradation by heating in the presence of sugar. Anim Feed Sci Technol 37: 129–141.

Williams MR and Bowler P, 1982. Starch gelatinization – a morphological study of Triticeae and other starches. Starch 34: 221-223.

Wolin MJ, 1960. A theoretical rumen fermentation balance. J Dairy Sci 43: 1452–1459.

www.SID.ir