دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد سوم، شماره اول، ۱۳۹۴
http://ejrr.gau.ac.ir

بررسی ارزش تغذیه‌ای بقایای ماش (*Vigna radiate*) عمل‌آوری شده با پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک با استفاده از فن تولید گاز و روش کشت بسته

منیره بابایی[۱]، *فرزاد قنبری[۲]، آشورمحمد قره‌باش[۲] و جواد بیات کوهسار[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، [۲]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری)، پراکسید هیدروژن (۱۳۲ میلی‌لیتر در کیلوگرم)، اسید هیدروبرومیک (۶۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم) و ترکیب آن‌ها بر فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی بقایای ماش انجام گرفت. عمل‌آوری پتانسیل تولید گاز را افزایش داد (P<۰/۰۵). بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمارهای اسید هیدروبرومیک، پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) و استفاده توام از آن‌ها به‌دست آمد. به‌جز پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) (P>۰/۰۵)، سایر تیمارها باعث افزایش نرخ تولید گاز شدند (P<۰/۰۵). قابلیت هضم برون‌تنی ماده خشک و ماده آلی بقایای ماش تحت تأثیر پرتو الکترون، ترکیبات شیمیایی (پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک) و استفاده توأم از آن‌ها افزایش یافت (P<۰/۰۵). فرآسنجه‌های تخمینی شامل انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تحت تأثیر عمل‌آوری افزایش یافتند (P<۰/۰۵). بیش‌ترین افزایش در تیمارهای اسیدهیدروبرومیک و پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری) مشاهده شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی در تیمار اسیدهیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)، بیش‌تر از سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵). به‌جز

*مسئول مکاتبه: farzadghanbari@yahoo.com

اسیدهیدروبرومیک و پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)، سایر تیمارها باعث افزایش عامل تفکیک و بازده تولید توده میکروبی شدند (P<۰/۰۵). در مجموع، عمل‌آوری باعث بهبود ارزش تغذیه‌ای بقایای ماش شد. در این خصوص، تیمارهای پرتو الکترون، اسید هیدروبرومیک و ترکیب آن‌ها تأثیر بیش‌تری بر صفات مورد بررسی داشتند.

واژه‌های کلیدی: بقایای ماش، پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک، ارزش تغذیه‌ای

مقدمه

سالانه حجم عظیمی از بقایا و محصولات فرعی زراعی تولید شده که می‌توان از آن‌ها در تغذیه دام استفاده کرد. استفاده مناسب از این محصولات به‌عنوان یک جزء خوراکی در جیره نشخوارکنندگان، از لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی دارای اهمیت می‌باشد (افضل‌زاده، ۲۰۱۰). بقولات از مهم‌ترین منابع تأمین کننده مواد مغذی می‌باشند. بقایای زراعی خانواده بقولات، پتانسیل زیادی در تغذیه دام‌های مناطق خشک دارند. محدودیت اصلی در استفاده از این محصولات زراعی به‌عنوان اقلام خوراکی جیره، قابلیت هضم پایین آن‌ها به‌علت وجود مواد لیگنوسلولزی می‌باشد. تجزیه‌پذیری کم محصولات فرعی زراعی در شکمبه، به‌عنوان یک چالش اساسی مطرح می‌باشد. زیرا بخش زیادی از مواد مغذی به‌صورت هضم نشده دفع می‌گردد (چودهری، ۲۰۰۰؛ موسیر و همکاران، ۲۰۰۵). ارزش تغذیه‌ای این محصولات را می‌توان با انجام عمل‌آوری‌های مناسب بهبود بخشید (ال- مسری، ۲۰۰۵). از جمله می‌توان به عمل‌آوری فیزیکی (خرد نمودن، پلت کردن، آسیاب کردن، خیساندن، بخار آب تحت فشار و پرتوتابی)، عمل‌آوری شیمیایی (استفاده از هیدروکسید سدیم، اوره، آمونیاک، اکسید کلسیم و پراکسید هیدروژن)، عمل‌آوری بیولوژیکی (استفاده از قارچ‌ها، عوامل میکروبی و آنزیم‌های تجاری) و ترکیبی از آن‌ها اشاره کرد (ال- مسری و گانتر، ۱۹۹۹؛ بوچارد، ۲۰۰۶؛ سارنک‌لانگ و همکاران، ۲۰۱۰). هدف از عمل‌آوری، افزایش حلالیت لیگنین یا کاهش پیوند بین لیگنین و دیگر اجزای دیواره سلولی است. بدین ترتیب، سلولز و همی‌سلولز به‌راحتی در دسترس میکروب‌های شکمبه قرار گرفته و میزان مصرف اختیاری و نیز قابلیت هضم افزایش می‌یابد (سارنک‌لانگ و همکاران، ۲۰۱۰). در عمل‌آوری با مواد شیمیایی، کمپلکس لیگنین کربوهیدرات و یا خود مولکول لیگنین تغییر یافته و یا کریستالیزه شدن سلولز کاهش می‌یابد (هارمسن و همکاران، ۲۰۱۰). برداشت یا تغییر اسیدهای فنلی،

دلیل احتمالی دیگر برای بهبود قابلیت هضم مواد لیگنوسلولزی است (چوداری، ۱۹۹۸). عمل‌آوری شیمیایی از سایر روش‌های عمل‌آوری مؤثرتر و به‌کارگیری آن‌ها ساده‌تر است. با این وجود برای استفاده از این روش‌ها، نیاز به مقادیر زیادی مواد شیمیایی بوده که با ورود به طبیعت، مشکلات زیست محیطی فراوانی را به‌وجود می‌آورند (سارنک‌لانگ و همکاران، ۲۰۱۰). پرتوتابی یک روش عمل‌آوری فیزیکی بوده که با استفاده از انرژی پرتوهای یون‌ساز شامل گاما و الکترون صورت می‌گیرد. پرتوتابی به‌عنوان روشی ایمن و معتبر برای بهبود ارزش تغذیه‌ای خوراک شناخته شده و می‌تواند باعث لیگنین‌زدایی، فروپاشی و شکسته شدن ساختارهای کریستالی سلولز گردد (دریسکول و همکاران، ۲۰۰۹؛ قنبری و همکاران، ۲۰۱۲). اندازه‌گیری گاز تولیدی در شرایط برون‌تنی اطلاعات مفیدی را درباره سرعت و میزان هضم خوراک فراهم می‌کند. به‌کارگیری این فن به‌منظور بررسی وضعیت تجزیه‌پذیری خوراک‌های لیگنوسلولزی متداول شده است (بلومل و همکاران، ۱۹۹۷). سبزه‌کار (۲۰۱۴) در بررسی تأثیر پرتو الکترون (دزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری) بر ارزش تغذیه‌ای کاه ارزن، نشان داد که با افزایش زمان انکوباسیون، میزان گاز تولیدی و هم‌چنین نرخ تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم افزایش یافت. چوداری (۱۹۹۷) گزارش کرد که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدوژن سبب افزایش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی کاه گندم شد. کیم و همکاران (۲۰۰۲) و مرینو و چری (۲۰۰۷) گزارش کردند که قابلیت هضم کاه برنج عمل‌آوری شده با پرتو الکترون و آمونیاک افزایش یافت. ال- مسری (۲۰۰۵) تأثیر مقادیر متفاوتی از تیمارهای شیمیایی اسید هیدروبرومیک (۰، ۳، ۶ میلی‌لیتر) و هیدروکسید سدیم (۳ و ۶ گرم) را بر ارزش تغذیه‌ای برخی از محصولات فرعی زراعی (کاه گندم، پوسته بادام‌زمینی، پوسته دانه آفتابگردان و چوب زیتون) بررسی و گزارش کرد عمل‌آوری، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم را افزایش می‌دهد.

ماش، به‌عنوان یکی از اقلام خوراکی مورد استفاده در تغذیه دام، در دسته بقولات جای می‌گیرد. این گیاه ارزش تغذیه‌ای بالایی داشته و در بسیاری از کشورها به‌عنوان منبع عمده تأمین کننده پروتئین به‌ویژه برای علفخواران می‌باشد (برونو-سورس و همکاران، ۲۰۰۰). هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر تیمارهای پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و ترکیب آن‌ها بر ارزش تغذیه‌ای بقایای ماش با استفاده از آزمون تولید گاز و روش کشت بسته بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه آموزشی- پژوهشی و آزمایشگاه تغذیه دام دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس و پژوهشکده کاربرد پرتوهای سازمان انرژی اتمی ایران (واقع در یزد) انجام گرفت. بقایای ماش (تمام قسمت‌های گیاه به‌جز دانه) از مزارع استان فارس تهیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- بقایای ماش عمل‌آوری نشده (شاهد)، ۲- بقایای ماش عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن، ۳- بقایای ماش عمل‌آوری شده با اسید هیدروبرومیک، ۴- بقایای ماش عمل‌آوری شده با پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)، ۵- بقایای ماش عمل‌آوری شده با پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)، ۶- بقایای ماش عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)، ۷- بقایای ماش عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)، ۸- بقایای ماش عمل‌آوری شده با اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری) و ۹- بقایای ماش عمل‌آوری شده با اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری) بودند. شتاب‌دهنده الکترونی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت، رودوترون[1] بود. نمونه‌ها با پرتوالکترونی ۱۰ مگا الکترون‌ولت و جریان باریکه الکترونی ۶ میلی‌آمپر، با دزهای ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری و با خطای کم‌تر از ۵ درصد پرتوتابی شدند. روش پرتوتابی به‌صورت یک‌طرفه بود. برای تأمین دزهای موردنیاز، نمونه‌های بقایای ماش چند بار در معرض پرتوهای الکترونی قرار گرفتند. به‌منظور دقت در دز داده شده به نمونه‌ها، اندازه‌گیری دز با استفاده از کالری‌متر پلی‌استراین (دزی‌متر مرجع) صورت گرفت (شورنگ و همکاران، ۲۰۱۳). به‌منظور عمل‌آوری با اسید هیدروبرومیک، به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک نمونه‌های پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با تابش الکترون، از ۶۰ میلی‌لیتر اسید رقیق شده در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر استفاده شد (ال- مسری، ۲۰۰۵). به‌منظور عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن، ابتدا نمونه‌های پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با تابش الکترون، با هیدروکسید سدیم (۸۰ گرم در کیلوگرم) پیش تیمار شدند. سپس این محلول روی نمونه‌های خرد شده اضافه شد. نیم ساعت بعد، ۱۳۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن با درجه خلوص ۳۵ درصد به این مخلوط اضافه شد نمونه‌های تیمار شده با اسید هیدروبرومیک و پراکسید هیدروژن بلافاصله در کیسه‌های نایلونی قرار داده شده و به‌مدت ۱۸ روز در شرایط بی‌هوازی سیلو شدند (قیاسوند و همکاران، ۲۰۱۱).

اندازه‌گیری تولید گاز نمونه‌ها براساس روش منک و همکاران (۱۹۷۹) انجام شد. در این روش، از فشارسنج و بطری‌های شیشه‌ای (۱۲۵ سی‌سی) حاوی بزاق مصنوعی و مایع شکمبه صاف شده استفاده

1- Rhodotron (model TT-2200, IBA Co., Belgium)

گردید. ابتدا نمونه‌های موردنظر با آسیاب دارای غربال یک میلی‌متر آسیاب شدند. سپس ۲۰۰ میلی‌گرم از ماده خشک هر نمونه به‌وسیله ترازوی حساس دیجیتالی وزن شده و مطابق روش اصلاح شده تئودورو و همکاران (۱۹۸۴) در ویال‌های شیشه‌ای ریخته شد. برای هر نمونه ۳ تکرار در نظر گرفته شد. بزاق مصنوعی بر اساس روش منک و همکاران (۱۹۷۹) تهیه شد. مایع شکمبه قبل از خوراک‌دهی صبح از از سه رأس گوسفند فیستول گذاری شده جمع‌آوری شد و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال یافت. سپس بزاق مصنوعی و مایع شکمبه تهیه شده به نسبت ۲ به ۱ (۲ حجم بزاق مصنوعی و ۱ حجم مایع شکمبه) به داخل بالن مخصوص ریخته شدند. سپس گاز دی‌اکسید کربن به‌داخل مخلوط تزریق شده و در آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در نهایت به هر یک از ویال‌های شیشه‌ای شاهد و حاوی ۰/۲ گرم نمونه، ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط تهیه شده از بزاق مصنوعی و مایع شکمبه اضافه شد. بلافاصله به‌مدت ۱۰ ثانیه به داخل هر ویال شیشه‌ای گاز دی‌اکسید کربن وارد نموده و درب آن به‌کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. ویال‌ها درون حمام آب گرم در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در طی این مدت، ویال‌های شیشه‌ای در فواصل زمانی معین و مساوی تکان داده می‌شدند. حجم گاز تولید شده در فواصل زمانی ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد انکوباسیون، به‌صورت تجمعی محاسبه شد. برآورد فرآسنجه‌های مختلف تولید گاز بقایای ماش شامل: حجم گاز تولید شده در زمان انکوباسیون، تولید گاز از بخش کند تجزیه و نرخ گاز تولیدی از بخش کند تجزیه با استفاده از نرم‌افزار فیت کرو[1] انجام شد. بدین منظور، از رابطه غیرخطی ارسکوف و مک‌دونالد (۱۹۷۹) برای برازش داده‌ها استفاده شد.

مقادیر قابلیت هضم ماده آلی[2]، انرژی قابل متابولیسم[3] و انرژی خالص[4] نمونه‌ها به ترتیب با استفاده از معادله‌های گزارششده توسط منک و استینگاس (۱۹۸۸) و منک و همکاران (۱۹۷۹) برآورد شدند. مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر[5] براساس رابطه ماکار (۲۰۰۵) محاسبه شد.

اندازه‌گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف بر اساس روش کشت بسته انجام شد (تئودورو و همکاران، ۱۹۸۴). به‌این منظور، ابتدا نمونه‌ها به اندازه یک میلی‌متر آسیاب شدند. روش تهیه بزاق مصنوعی و مایع شکمبه نیز مطابق آزمایش قبل بود. با این تفاوت که در آزمایش تعیین قابلیت هضم،

1-Fit curve
2- Organic Matter Digestibility (OMD)
3- Metabolizable Energy (ME)
4- Net Energy (NE)
5- Short Chain Fatty Acid (SCFA)

داخل هر یک از ویال‌های شیشه‌ای شاهد و حاوی ۰/۵ گرم نمونه، ۵۰ میلی‌لیتر از مخلوط تهیه شده از بزاق مصنوعی و مایع شکمبه اضافه شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، تمامی ویال‌های شیشه‌ای از حمام آب گرم خارج شده و به ظرف حاوی یخ منتقل شدند. در نهایت، نمونه‌های موجود در هر ویال با استفاده از صافی پارچه‌ای مخصوص صاف شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شدند. pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس محتویات هضم نشده، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس قابلیت هضم ظاهری ماده خشک محاسبه شد. به‌منظور محاسبه قابلیت هضم ماده آلی نمونه‌ها، محتویات هضم نشده به‌مدت ۳ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. میزان نیتروژن آمونیاکی فاز مایع با استفاده از روش فنول-هیپوکلریت[1] تعیین گردید (ایلیس و همکاران، ۱۹۸۲). به‌این منظور از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر جهت قرائت جذب نوری استفاده شد.

محاسبه توده میکروبی[2] تولید شده با استفاده از رابطه پیشنهادی بلومل و همکاران (۱۹۹۷) انجام شد:

(میلی‌گرم در میلی‌لیتر)عامل تفکیک – ۲/۲× میزان تولید گاز در ۲۴ ساعت انکوباسیون = (میلی‌گرم) توده میکروبی

عامل تفکیک[3] برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی می‌باشد. مقدار بازده توده میکروبی[4] با تقسیم توده میکروبی تولید شده بر مقدار ماده آلی حقیقی قابل تخمیر در پایان زمان انکوباسیون (۲۴ ساعت) محاسبه شد (بلومل و همکاران (۱۹۹۷).

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. به‌این منظور از نرم‌افزار آماری سسنسخه ویرایش شده ۹/۲ (۲۰۰۳) و رویه مدل خطی تعمیم یافته[5] استفاده شد. برای انجام مقایسات، از روش مقایسات گروهی مستقل[6] و آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[7] استفاده شد.

1- Phenol Hypochlorite Assay
2- Microbial Biomass (MB)
3- (PF) Partitioning Factor
4- Efficiency of Microbial biomass (EMB)
5- GLM
6- Orthogonal contrast
7- Least Significant Difference (LSD)

نتایج و بحث

اثر تیمارهای پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون بر روند تولید گاز بقایای ماش در زمان‌های مختلف انکوباسیون، در جدول ۱ گزارش شده است. تیمارهای مختلف بر مقدار تولید گاز نمونه‌ها تأثیر گذاشتند (P<۰/۰۵). در زمان ۲ ساعت انکوباسیون، به‌جز اسید هیدروبرمیک+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)، سایر تیمارها دارای فاز تأخیر بودند. در مجموع، پس از ۹۶ ساعت انکوباسیون، تیمارهای اسید هیدروبرومیک، پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری) بیش‌ترین، و تیمار شاهد کم‌ترین مقدار تولید گاز را داشتند. میزان گاز تولیدی وابسته به ترکیب شیمیایی ماده خوراکی می‌باشد. بنابراین عواملی از جمله گونه، زمان برداشت و مرحله بلوغ گیاه و نیز روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی و درنتیجه میزان گاز تولیدی تأثیر می‌گذارند (سبزه‌کار، ۲۰۱۴). فرآسنجه‌های تولید گاز بقایای ماش عمل‌آوری نشده (شاهد) و عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون در جدول ۲ نشان داده شده اند. عمل‌آوری باعث افزایش پتانسیل تولید گاز بقایای ماش شد (P<۰/۰۱). پرتو الکترون توانایی بیش‌تری در افزایش این صفت نسبت به ترکیبات شیمیایی داشت (P<۰/۰۱). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که تمام تیمارها باعث افزایش پتانسیل تولید گاز شدند (P<۰/۰۵). بیش‌ترین مقدار آن در تیمارهای اسید هیدروبرومیک، پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) به‌دست آمد. عمل‌آوری باعث افزایش نرخ تولید گاز شد (P<۰/۰۱). توانایی پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی در افزایش صفت مورد اشاره یکسان بود (P>۰/۰۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که به‌جز تیمار پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری)، سایر تیمارها باعث افزایش نرخ تولید گاز شدند (P<۰/۰۵). بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمار اسید هیدروبرومیک به‌دست آمد.

در پژوهش حاضر، عمل‌آوری با کاهش در میزان الیاف خام بقایای ماش، موجب افزایش تجزیه‌پذیری شد. مطابق پژوهش‌های انجام گرفته، منابع خوراکی که میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی کم‌تری دارند، پتانسیل تولید گاز آن‌ها بالا است. هم‌چنین با افزایش نسبت بخش محتوای دیواره سلولی لیگنینی شده، تخمیر کم‌تر صورت گرفته و منجربه کاهش در تولید گاز می‌شود (سومارت و همکاران، ۲۰۰۰). کاهش در میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی باعث افزایش گاز تولیدی می‌شود. این ممکن است در نتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌دلیل دریافت منابع کربوهیدرات محلول باشد (سومارت و همکاران، ۲۰۰۰؛ دانش مسگران و همکاران، ۲۰۱۰).

جدول ۱- اثر تیمارهای پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون بر روند تولید گاز بقایای ماش در زمان‌های مختلف انکوباسیون (میلی‌لیتر در گرم ماده خشک)

تیمارها	زمان انکوباسیون (ساعت)									
	۲	٤	٦	۸	۱۲	۲٤	۳٦	٤۸	۷۲	۹٦
شاهد	۰/۰۰^{b}	۵/۵۰^{c}	۱۷/۱۷^{b}	۲٤/۳۳^{c}	٤٦/۱۷^{e}	۷۲/۱۷^{f}	۹۳/٦۷^{d}	۱۰۸/٦۷^{d}	۱۲۲/۳۳^{d}	۱۳۰/۸۳^{d}
پراکسید هیدروژن	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{d}	۱۲/۳۳^{bc}	۳۳/۵۰^{b}	٦۲/۵۰^{c}	۱۰۰/۰۰^{d}	۱۲٤/٦۷^{c}	۱٤۰/۰۰^{c}	۱۵۵/۱۷^{c}	۱٦٦/٦۷^{c}
اسید هیدروبرومیک	۰/۰۰^{b}	۸/۷۵^{bc}	۳۸/۹۷^{a}	۵۹/۹۷^{a}	۸۹/۲۵^{a}	۱۲۵/۰۸^{a}	۱۵۳/٤۲^{a}	۱٦۹/۹۲^{a}	۱۸٦/۲۵^{ab}	۱۹۷/۷۵^{ab}
پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)	۰/۰۰^{b}	۱۰/۰۰^{ab}	۳٦/۸۳^{a}	۵٦/٦۷^{a}	۸۰/۸۳^{b}	۱۱۸/۰۰^{ab}	۱٤۵/۸۳^{ab}	۱٦۳/۳۳^{ab}	۱۸۲/۰۰^{ab}	۱۹۵/۰۰^{ab}
پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)	۰/۰۰^{b}	۱۳/۱۷^{a}	٤۰/۰۰^{a}	٦۰/۵۰^{a}	۸۷/٦۷^{a}	۱۲۳/۰۰^{a}	۱۵۲/۵۰^{ab}	۱۷۰/۰۰^{a}	۱۸۸/۰۰^{a}	۲۰۱/۰۰^{a}
پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)	۰/۰۰^{b}	۱/٦۷^{d}	۱٤/۵۰^{b}	۳۲/۵۰^{b}	۵۵/۵۰^{d}	۹۲/٦۷^{d}	۱۲۰/۳۳^{c}	۱۳۷/۳۳^{c}	۱۵٦/۰۰^{c}	۱٦۷/۱۷^{c}
اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)	۰/۰۰^{b}	۱۲/۳۳^{ab}	۳٤/٦۷^{a}	۵٤/۰۰^{a}	۷۸/٦۷^{b}	۱۱۵/۰۰^{bc}	۱٤۳/۵۰^{ab}	۱٦٤/۳۳^{ab}	۱۸۲/۸۳^{ab}	۱۹۳/۸۳^{ab}
پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{d}	۷/٦۷^{c}	۲۲/٦۷^{c}	٤٦/۰۰^{e}	۸۲/۰۰^{e}	۱۱۵/۳۳^{c}	۱۳۱/۱۷^{c}	۱۵۰/۰۰^{c}	۱٦۱/۳۳^{c}
اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)	۲/۵۰^{a}	۱۳/۱۷^{a}	۳۵/۵۰^{a}	۵۳/۵۰^{a}	۷٤/٦۷^{b}	۱۰۹/۵۰^{c}	۱٤۲/۸۳^{b}	۱٦۰/۵۰^{b}	۱۷٦/۸۳^{b}	۱۹۰/۰۰^{b}
انحراف معیار میانگین	۰/۰۹٦	۱/۲۷۹	۲/۲۲۵	۲/٤۵۱	۲/۲٦۹	۲/۵۰۳	۳/۳٦۹	۳/۰۳۰	۳/۳۵۲	۳/۲۰۹
P- Value	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
مقایسات گروهی										
شاهد در برابر عمل‌آوری	۱/۰۰۰۰	۰/۱۰۰۰	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی	۱/۰۰۰۰	۰/٤۸۱۸	۰/۰۰٦۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر پرتو الکترون	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
پرتو الکترون در برابر ترکیبات شیمیایی	۱/۰۰۰۰	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۷٦	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی+ پرتو الکترون	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۷۸۲	۰/۰۲۸۷	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

در هر ستون، اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

جدول ۲- اثر تیمارهای پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون بر فرآسنجه‌های تولید گاز بقایای ماش

تیمارها	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)	نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم)	انرژی خالص (مگاژول در کیلوگرم)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)
شاهد	۱۳۳/۷۰^{c}	۰/۰۳۶۷^{ef}	۳۳/۰۰^{g}	٤/۹۱^{h}	۱/۳۱^{f}	۰/۳۱^{f}
پراکسید هیدروژن	۱٦٦/۰۰^{b}	۰/۰٤۳٤^{cd}	۳۸/۵۵^{d}	۵/٦۷^{e}	۱/۹۰^{d}	۰/٤٤^{d}
اسید هیدروبرومیک	۱۹۱/۹٤^{a}	۰/۰۵۱۸^{a}	٤۳/۸٤^{a}	٦/۵۱^{a}	۲/۵۸^{a}	۰/۵۵^{a}
پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)	۱۹۰/۹۳^{a}	۰/۰٤۵٦^{bc}	٤۱/٦٤^{bc}	٦/۲۱^{bc}	۲/۳٦^{bc}	۰/۵۲^{ab}
پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)	۱۹۵/۸۵^{a}	۰/۰٤۷۸^{b}	٤۲/۸۹^{ab}	٦/٤۰^{ab}	۲/٤۸^{ab}	۰/۵٤^{a}
پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)	۱۷۰/٤۹^{b}	۰/۰۳۷۵^{e}	۳۷/۱۷^{e}	۵/٤٦^{f}	۱/۷۵^{d}	۰/٤۱^{d}
اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)	۱۹۲/۸٤^{a}	۰/۰٤۳۰^{cd}	٤۱/۲٤^{c}	٦/۱٤^{c}	۲/۲۹^{c}	۰/۵۰^{bc}
پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)	۱٦۹/۰۳^{b}	۰/۰۳۳۲^{f}	۳۵/۰۸^{f}	۵/۱۵^{g}	۱/٤۹^{e}	۰/۳٦^{e}
اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)	۱۸۹/۳٤^{a}	۰/۰٤۱٤^{d}	۳۹/۷٦^{d}	۵/۹۳^{d}	۲/۲۱^{c}	۰/٤۸^{c}
انحراف از میانگین	۳/٤٤۰	۰/۰۰۱	۰/٤۵۸	۰/۰٦٦	۰/۰۵۸	۰/۰۱۱
P- Value	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
مقایسات گروهی						
شاهد در برابر عمل‌آوری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر پرتو الکترون	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
پرتو الکترون در برابر ترکیبات شیمیایی	۰/۰۰۰۵	۰/٤۹٤۷	۰/۰۳۱۹	۰/۰۰٤٤	۰/۰۰٦۲	۰/۰۰۳۲
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی+ پرتو الکترون	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۵۸۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

در هر ستون، اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

افزایش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی موجب کاهش کربوهیدرات‌های غیر الیافی و قندهای محلول گردیده و در نهایت باعث کاهش سهولت هضم و تولید گاز می‌گردد (بلومل و بکر، ۱۹۹۷؛ گتاچیو و همکاران، ۱۹۹۸؛ ماکار، ۲۰۰۵). هم‌چنین بین منبع کربوهیدرات و منبع نیتروژن برای کینتیک تولید گاز اثر متقابل وجود دارد. هرچه هم‌زمانی بین تجزیه‌پذیری کربوهیدرات و نیتروژن بهتر بوده و نیز نسبت نیتروژن به کربوهیدرات متناسب‌تر با نیاز میکروب‌ها باشد، بهبود در فرآیند تخمیر در محیط تولید گاز قابل انتظار است (دیوهورست و همکاران، ۱۹۹۵).

نتایج مقایسات گروهی نشان داد که عمل‌آوری باعث افزایش میزان قابلیت هضم ماده آلی در بقایای ماش شد (P<۰/۰۱). بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمارهای اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری) به‌دست آمد. ضمن این‌که اختلاف بین دزهای ۱۵۰ کیلوگری (۴۱/۶۴ درصد) و ۲۰۰ کیلوگری پرتو الکترون معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). عمل‌آوری باعث افزایش میزان انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بقایای ماش شد (P<۰/۰۱). در این خصوص، توانایی پرتو الکترون در افزایش این صفات، بیش‌تر از ترکیبات شیمیایی بود (P<۰/۰۱). هم‌چنین استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی بر مقدار این صفات تأثیرگذار بود (P<۰/۰۱). بیش‌ترین میزان انرژی قابل متابولیسم و انرژی خالص در تیمارهای اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری) به‌دست آمد. لازم به‌ذکر است که اختلاف بین میانگین دز ۱۵۰ کیلوگری پرتو الکترون با دز ۲۰۰ کیلوگری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). هم‌چنین بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در تیمارهای اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) به‌دست آمد. مقدار تولید گاز در شرایط برون‌تنی، یک فرآسنجه مهم برای شناسایی قابلیت هضم، تخمیر نهایی و ساخت پروتئین میکروبی از مواد اولیه به‌وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه می‌باشد (سومارت و همکاران، ۲۰۰۰). زیاد بودن تولید گاز بیان‌گر زیاد بودن انرژی قابل متابولیسم و هم‌چنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. بلومل و ارسکوف (۱۹۹۳) نشان دادند که حجم گاز تولیدی منعکس کننده تخمیر مواد خوراکی به تولید اسیدهای چرب زنجیر کوتاه است. این بحث می‌تواند برآوردی از قابلیت هضم ظاهری باشد. به‌طور دقیق‌تر، میزان گاز تولیدی با مقدار و نسبت استات و بوتیرات نیز مرتبط می‌باشد. زیرا فقط تخمیر ماده خوراکی به استات و بوتیرات، تولید دی‌اکسید کربن و درنتیجه گاز متان می‌کند. حدود ۵۰ درصد حجم گازهای تولیدی را دی‌اکسید کربن و متان تشکیل داده که به‌طور مستقیم از تخمیر ناشی می‌شوند. تولید گاز در شرایط

برون‌تنی، از دو منبع متابولیسم میکروبی (مستقیم) و واکنش اسید محصول نهایی با بی‌کربنات در محیط کشت (غیرمستقیم) حاصل می‌شود (بئوینک و اسپلسترا، ۱۹۹۲). با افزایش گاز تولیدی، قابلیت هضم ماده خشک نیز افزایش می‌یابد. این موضوع نشان دهنده آن است که تولید گاز یک بخش جدا ناپذیر از تخمیر شدن مواد خوراکی است (منصوری و همکاران، ۲۰۰۳). در مطالعه ال-مسری (۲۰۰۵)، عمل‌آوری بقایای زراعی با اسید هیدروبرومیک، منجربه افزایش قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم آن‌ها شد. این پژوهشگر دلیل این افزایش را وابسته به کاهش الیاف خام و افزایش بخش محلول و کربوهیدرات‌های سهل هضم در اثر اعمال این تیمارها دانست. چراکه همبستگی منفی بین قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم با الیاف خام وجود دارد (فایست و همکاران، ۱۹۷۰؛ ویستلر و تنگ، ۱۹۷۰). به‌طورکلی قابلیت هضم بقایای زراعی به‌وسیله بلورهای سلولزی و ارتباط فیزیکی نزدیک بین کربوهیدرات‌های ساختاری و لیگنین محدود می‌شود (کنگ و همکاران، ۱۹۹۲).

اثر تیمارهای پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، نیتروژن آمونیاکی، pH و فرآسنجه‌های تخمینی بقایای ماش در جدول ۳ ارائه شده است. عمل‌آوری باعث افزایش قابلیت هضم برون‌تنی ماده خشک و ماده آلی بقایای ماش شد (P<۰/۰۱). توانایی پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی در افزایش صفات مورد اشاره یکسان بود (P>۰/۰۵). به‌جز تیمار پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)، سایر تیمارها باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک نسبت به شاهد شدند (P<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در تیمارهای پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)، پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) مشاهده شد. ضمن این‌که اختلاف بین میانگین این تیمارها معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). تیمارهای پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک به‌طور معنی‌داری قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را افزایش دادند (P<۰/۰۵). هرچند که اختلاف بین دو ماده شیمیایی معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). هم‌چنین اختلاف معنی‌داری بین میانگین دزهای ۱۵۰ و ۲۰۰ وجود داشت (P<۰/۰۵). استفاده توأم از ترکیبات شیمیایی و پرتو الکترون، سبب افزایش معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی شد (P<۰/۰۵). در دیواره سلولی، هضم میکروبی سلولز به‌علت پیوند آن با همی‌سلولز محدود می‌شود. قابلیت هضم پایین سلولز، با حضور لیگنین و اسیدهای فنلی تشدید می‌یابد. عمل‌آوری، از طریق لیگنین‌زدایی و شکستن پیوندهای لیگنوسلولزی، سبب بهبود قابلیت هضم دیواره سلولی می‌شود. لیگنین‌زدایی سبب حلالیت بیش‌تر همی‌سلولز و در نتیجه افزایش هضم

همی‌سلولز و سلولز خواهد شد. بنابراین به‌دنبال حذف همی‌سلولز و لیگنین، سلولز بیش‌تری فرآهم می‌شود (چوداری، ۲۰۰۰؛ سان و همکاران، ۲۰۰۰). از طرفی در اثر عمل‌آوری، بافت مواد نرم‌تر شده و تورم در دیواره سلولی گیاهی اتفاق می‌افتد. با انبساط دیواره سلولی، سطح دیواره آن افزایش یافته و میکروارگانیسم‌های شکمبه دست‌یابی بهتری به کربوهیدرات‌های ساختمانی خواهند داشت. بنابراین قابلیت هضم افزایش می‌یابد (پرساد و همکاران، ۱۹۹۸؛ شن و همکاران، ۱۹۹۹). به‌طورکلی عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی با ترکیبات شیمیایی، موجب تورم دیواره سلولی، کاهش کریستاله شدن و انسجام سلولز می‌شود. چنین موادی عوامل هیدروکسیل واحدهای گلوکز در مولکول سلولز را در معرض واکنش قرار داده و شدت کریستاله شدن سلولز را کاهش می‌دهند. این امر اثر پوشانندگی موادی مثل لیگنین و سیلیس بر سلولز را کاهش داده و آمادگی دیواره سلولی برای هیدرولیز را افزایش می‌دهد (چسون و ارسکوف، ۱۹۸۴). هم‌سو با نتایج پژوهش حاضر، چوداری (۱۹۹۷) بیان کرد که عمل‌آوری کاه گندم با پراکسید هیدروژن، قابلیت هضم ماده خشک آن را افزایش داد. این پژوهش‌گر علت افزایش قابلیت هضم را ناشی از افزایش نرخ و میزان تجزیه‌پذیری کاه گندم توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه بیان کرد. پرتوهای یون‌ساز با انرژی زیاد، قادر به شکستن پیوندهای موجود در سلولز می‌باشند. پرتوها علاوه‌بر تجزیه سلولز، موجب تورم الیاف سلولزی گردیده، به‌نحوی که خاصیت جذب آب، حل شدن در محلول‌های قلیایی و حساسیت به هیدرولیز اسیدی را در آن‌ها افزایش می‌دهند (کاسپرزیک و همکاران، ۲۰۰۴). بیان شده است که پرتوهای یون‌ساز با تولید یون‌ها و رادیکال‌های آزاد، سبب دپلیمریزه شدن ترکیبات پیچیده به‌ویژه جداسازی پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات، و شکستن پیوندهای کووالانسی می‌شوند. به‌این ترتیب قابلیت هضم افزایش می‌یابد (آلبرتی و همکاران، ۲۰۰۵). استفاده توأم از روش‌های عمل‌آوری فیزیکی و شیمیایی به‌منظور تجزیه مواد لیگنوسلولزی و بهبود ارزش تغذیه‌ای محصولات فرعی زراعی کارایی بیش‌تری دارد. زیرا به‌کمک پرتوتابی، ساختارهای لیگنوسلولزی شکسته شده و تیمارهای شیمیایی این عمل را سریع‌تر می‌کنند (ال- مسری، ۲۰۰۵). در پژوهش حاضر نیز استفاده توأم از پرتو الکترون و مواد شیمیایی قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی بقایای ماش را افزایش داد. دورینها و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی قابلیت هضم تفاله نیشکر عمل‌آوری شده با دزهای مختلف پرتو الکترون و آمونیاک، نشان دادند که قابلیت هضم ماده آلی تیمارهای مختلف با افزایش دز پرتوتابی افزایش یافت. این پژوهشگران علت افزایش قابلیت هضم را کاهش اندازه ذرات، در نتیجه افزایش سطح در معرض برای اتصال میکروارگانیسم‌ها، افزایش محلولیت و تغییر در ترکیب شیمیایی دانستند.

جدول ۳- اثر تیمارهای پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، نیتروژن آمونیاکی، pH و فرآسنجه‌های تخمینی بقایای ماش

تیمارها	قابلیت هضم ماده خشک (درصد)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد)	نیتروژن آمونیاکی محیط کشت (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	pH محیط کشت	عامل تفکیک (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	بازده تولید گاز در ساعت ۲۴ انکوباسیون (میلی‌لیتر)	توده میکروبی تولید شده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون	بازده توده میکروبی تولید شده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون
شاهد	٦٤/٦٧^{d}	٦٢/٦٥^{d}	٨/٨١^{b}	٦/٨٦	٤/٢٠^{d}	٢٠١/٩٧^{a}	١٣٠/٣٠^{f}	٠/٤٧٧^{d}
پراکسید هیدروژن	٧٤/٠٠^{bc}	٦٩/٠٢^{c}	٨/٢٠^{b}	٦/٩٩	٥/٥٥^{b}	١٣٦/٩٣^{cd}	١٦٥/٠٢^{cde}	٠/٦٠٣^{ab}
اسید هیدروبرومیک	٧١/٣٣^{c}	٦٩/٥٨^{c}	٨/٢٨^{b}	٦/٩٠	٤/٣١^{d}	١٩٦/٠٨^{a}	١٤٧/٢٦^{def}	٠/٤٩٠^{d}
پرتو الکترون (١٥٠ کیلوگری)	٦٩/٣٣^{cd}	٦٩/٣٧^{c}	٨/٦٧^{b}	٦/٨٨	٤/٢٦^{d}	٢٠٣/٣٩^{a}	١٤٥/٥٣^{ef}	٠/٤٨٣^{d}
پرتو الکترون (٢٠٠ کیلوگری)	٧٨/٠٠^{ab}	٧٧/٢٣^{a}	٨/٩٢^{ab}	٦/٨٩	٥/٠٤^{c}	١٦٩/٨٩^{b}	١٨٧/٨٤^{abc}	٠/٥٦٣^{c}
پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (١٥٠ کیلوگری)	٧٤/٦٧^{bc}	٧١/٠٣^{bc}	٩/٢٥^{ab}	٦/٨٨	٥/٤٩^{b}	١٣٨/٨٠^{c}	١٦٩/٨٩^{bcd}	٠/٥٩٧^{bc}
اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (١٥٠ کیلوگری)	٧٨/٦٧^{ab}	٧٦/٧٤^{ab}	١٠/١١^{a}	٦/٨٧	٥/٠٣^{c}	١٦٥/٩٥^{b}	١٨٤/٧٥^{abc}	٠/٥٦٣^{c}
پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (٢٠٠ کیلوگری)	٧٩/٣٣^{ab}	٧٦/٨٦^{ab}	٩/٢٠^{ab}	٦/٩٦	٦/٠٦^{a}	١٢٦/١٢^{d}	١٩٢/٤٤^{ab}	٠/٦٣٧^{a}
اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (٢٠٠ کیلوگری)	٨٢/٦٧^{a}	٨١/٥٤^{a}	٩/٠٨^{ab}	٦/٨٩	٥/١٩^{bc}	١٦٢/٤٦^{b}	٢٠٠/٢٣^{a}	٠/٥٧٣^{bc}
انحراف از میانگین	١/٩٣٧	١/٩٨٤	٠/٤٩٥	٠/٠٧٠	٠/١٤٩	٤/٢٩٠	٨/٠٣٢	٠/٠١٢
P-Value	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	٠/١٣٤٦	٠/٩٢٦٩	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١
مقایسات گروهی								
شاهد در برابر عمل‌آوری	٠/٠٠١٠	٠/٠٠١١	٠/٥٤٣٩	٠/٥١٣٧	٠/٠٠٢٣	<٠/٠٠٠١	٠/٠٠٢٨	٠/٠٠٠٥
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی	٠/٠٠٣٤	٠/٠١٣٥	٠/٩١٩٨	٠/٣٦٦٣	٠/٠٠٠٨	<٠/٠٠٠١	٠/٠١٧١	٠/٠٠٠٢
شاهد در برابر پرتو الکترون	٠/٠٠١٣	٠/٠٠٠٤	٠/٣١٤٥	٠/٧٧٥٤	٠/٠٢٣٢	٠/٠٠٨١	٠/٠٠١٦	٠/٠٠٦١
پرتو الکترون در برابر ترکیبات شیمیایی	٠/٦١٢٠	٠/٠٥٩١	٠/٢٦٧٧	٠/٤٤٥٣	٠/٠٧٩٢	٠/٠٠٠١	٠/٢٠٥٦	٠/٠٧٣٤
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی+ پرتو الکترون	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	٠/٠٢٨٩	٠/٦٢٥١	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١	<٠/٠٠٠١

در هر ستون، اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<٠/٠٥).

در پژوهش حاضر مقدار نیتروژن آمونیاکی بقایای ماش عمل‌آوری نشده ۸/۸۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر به‌دست آمد. تیمار اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری) مقدار آن را به ۱۰/۱۱ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر افزایش داد (P<۰/۰۵). سایر تیمارها اختلافی با شاهد نداشتند (P>۰/۰۵). لازم به‌ذکر است که تیمارهای پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری)، پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری) اختلافی با تیمار اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری) نداشتند (P>۰/۰۵). در پژوهش حاضر، میزان عامل تفکیک بقایای ماش ۶/۰۶-۴/۲۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر به‌دست آمد. به‌جز تیمارهای اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری)، سایر تیمارها باعث افزایش میزان عامل تفکیک شدند. بیش‌ترین مقدار عامل تفکیک در تیمار پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۲۰۰ کیلوگری) و کم‌ترین مقدار آن در تیمارهای شاهد، اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری) مشاهده شد. بلومل و همکاران (۱۹۹۷)، مقدار عامل تفکیک را در خوراک‌های متعارف در محدوده ۴/۴۱-۲/۷۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر گزارش کردند. بالاتر بودن عامل تفکیک از محدوده متعارف، نشان دهنده وجود عامل ضد تغذیه‌ای در نمونه خوراکی است. عامل تفکیک بیش‌تر از ۹/۹۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر، در برخی از گیاهان غنی از تانن گزارش شده است. دلیل افزایش عامل تفکیک در اثر حضور عوامل ضد تغذیه‌ای آن است که این مواد ممکن است در جریان تخمیر و هضم از نمونه خوراکی شسته شده و در ناپدید شدن ماده خشک سهیم شوند، بدون آن‌که در فرآیند تولید گاز نقش داشته باشند. یا این‌که این عوامل سبب جلوگیری از حلالیت سایر ترکیبات به‌خصوص پروتئین‌ها شده باشند. این در واقع سبب رقیق شدگی مواد مغذی شده و در ازای قابلیت هضم به‌دست آمده، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی شکل نگرفته است (ماکار و همکاران، ۱۹۹۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که، به‌جز تیمارهای اسید هیدروبرومیک و دز ۱۵۰ کیلوگری پرتو الکترون (P>۰/۰۵)، سایر تیمارها باعث کاهش بازده تولید گاز نسبت به شاهد شدند (P<۰/۰۵). کم‌ترین مقدار این متغییر در تیمارهای پراکسید هیدروژن و پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری) مشاهده شد. عمل‌آوری باعث افزایش توده میکروبی و بازده توده میکروبی تولید شده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون شد (P<۰/۰۱). در این خصوص، تأثیر تیمارهای پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی یکسان بود (P>۰/۰۵). به‌جز تیمارهای اسید هیدروبرومیک و پرتو الکترون (۱۵۰ کیلوگری) (P>۰/۰۵)، سایر تیمارها باعث افزایش میزان توده میکروبی و بازده توده میکروبی تولید شده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون شدند. تخمیر سوبسترا

توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه، تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، گاز و پـروتئین میکروبـی را در پی دارد (کارابولوت و همکاران، ۲۰۰۷). پروتئین میکروبی تولید شده به‌عنـوان منبـع پـروتئین و بـازده پروتئین میکروبی تولید شده در تغذیه نشخوارکنندگان اهمیت زیـادی دارد. عـواملی ازجملـه پـروتئین خام و محتویات کربوهیدرات‌های خوراک، مقدار پروتئین میکروبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (بلومل و ارسکف، ۱۹۹۳).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عمل‌آوری با تیمارهای مختلف در بهبود ارزش تغذیه‌ای بقایای ماش در شرایط برون‌تنی مؤثر بود. در این خصوص، تیمارهای پرتو الکترون و اسید هیدروبرومیک تأثیر بیش‌تری داشتند.

منابع

Afzalzade, A., Ghorbani, H., Danesh Mesgaran, M. and Khadem, A. 2010. Soaked straw and alfalfa utilization in dairy cattle ration. J. Anim. product. 12: 37-50. (In Persian)

Alberti, A., Bertini, S., Gastaldi, G., Iannaccone, N., Macciantelli, D., Torri, G. and Vismara, E. 2005. Electron beam irradiated tex-tile cellulose fibers. Europ. Poly. J. 41: 1787-1797.

Al-Masri, M.R. and Guenther, K.D. 1999. Changes in digestibility and cell wall constituents of some agricultural by-products due to gamma irradiation and urea treatments. Radiat. Phys. Chem. 55: 323-329.

Al-Masri, M.R. 2005. Nutritive value of some agricultural wastes as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatments. Bioresour. Technol. 96: 1737–1741.

Beuvink, J.M.W. and Spoelstra, S.F. 1992. Interactions between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production UP.On fermentation of different carbohydrates by mixed rumen microorganisms *in vitro*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 37: 505-509.

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

Blummel, M. and Becker, K. 1997. The Degradability characteristics of fifty-four roughages and roughage neutral detergent fibers as described by *in vitro* gas production and their relationship to voluntary feed intake. Br. J. Nutr. 77: 757-768.

Blummel, M., Makkar, P.S. and Becker, K. 1997. *In vitro* gas production: a technique revisited. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 77: 24-34.

Bouchard, J., Methot, M. and Jordan, B. 2006. The effects of ionizing radiation on the cellulose of woodfree paper. Cellulose. 13: 601-610.

Chaudhry, A.S. 1997. Washing and filtration of wheat straw treated with sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide to modify cell wall composition and *in vitro* digestibility. Austr. J. Exp. Agric. 37: 617-621.

Chaudhry, A.S. 1998. Nutrient composition, digestion and rumen fermentation in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide. Anim. Feed Sci. Technol. 74: 315-328.

Chaudhry, A.S. 2000. Rumen degradation *in sacco* in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. Anim. Feed Sci. Technol. 83: 313-323.

Cheson, A. and Orskov, E.R. 1984. Microbial degradation in the digestive tract in straw and other fibrous by-product as feed. Sundstol and Owen ed. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. Pp: 305-339.

Danesh Mesgaran, M., Malakkhahi, M., Heravi Moussavi, B., Vakili, A.R. and Tahmasbi, A. 2010. *In situ* ruminal degradation and *in vitro* gas production of chemically treated sesame stover. J. Anim. Vet. Adv. 9: 2256-2260.

Dewhurst, R.J., Hepper, D. and Webster, A.J.F. 1995. Comparison of *in sacco* and *in vitro* techniques for estimating the rate and extent of rumen fermentation of a range of dietary ingredients. Anim. Feed Sci. Technol. 51: 211-229.

Dorinha, M.S.S., Adibe, L. and Jose, A.C. 1999. Misleading relationships between *in situ* rumen dry matter disappearance, chemical analyses and *in vitro* gas production and digestibility, of sugarcane bagasse treated with varying levels of electron irradiation and ammonia. Anim. Feed Sci. Technol. 79: 145-153.

Driscoll, M., Stipanovic, A., Winter, W., Cheng, K., Manning, M., Spiese, J., Galloway, R.A. and Cleland, M.R. 2009. Electron beam irradiation of cellulose. Radiat. Phys. Chem. 78: 539-542.

Ellis, W.C., Lascano, C., Teeter, R. and Owens, F.N. 1982. Solute and particulate flow markers. In: F.N. Owens (Ed.) Protein Reqkments for Cattle: Symposium. Pp: 37-56. Oklahoma State University Stillwater.

Feist, W.C., Baker, A.J. and Tarkow, H. 1970. Alkali requirements for improving digestibility of hardwoods by rumen microorganisms. J. Anim. Sci. 39: 832–835.

Getachew, G., Blummel, M., Makkar, H. and Becker, K. 1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 72: 261-281.

Ghanbari, F., Ghoorchi, T., Shawrang, P., Mansouri, H. and Torbati-Nejad, N.M. 2012. Comparison of electron beam and gamma ray irradiations effects on ruminal crude protein and amino acid degradation kinetics, and *in vitro* digestibility of cotton seed meal. . Radiat. Phys. Chem. 81: 672–678.

Ghiasvand, M., Rezayazdi, K. and Dehghan Banadaki, M. 2011. The effects of different processing methods on chemical composition and ruminal degradability of canola straw and its effect on fattening performance of male Holstein calves. Anim. Sci. Res. 22: 93-104. (In Persian)

Harmsen, P., Huijgen, W., Bermudez, L. and Bakker, R. 2010. A review of physical and chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass. Food. Biobased Res. 1184: 1-54.

Karabulut, A., Canbolat, O., Kalkan, H., Gurbuzol1, F., Sucu, E. and Filya, I. 2007. Comparison of *In vitro* gas production, metabolizable energy, organic matter digestibility and microbial protein production of some legume hays. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 4: 517-522.

Kasprzyk, H., Wichlacz, K. and Borysiak, S. 2004. The effects of gamma radiation on the supramolecular structure of pine wool cellulose *in situ* revealed by X-ray diffraction. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 7(1).

Kim, K.H., Tucker, M.P. and Nguyen, Q.A. 2002. Effects of pressing lignocellulosic biomass on sugar yield in two-stage dilute-acid hydrolysis process. Biotechnol. Prog. 18: 489–494.

Kong, F., Engler, C.R. and Soltes, E.J. 1992. Effects of cell wall acetate xylan backbone and lignin on enzymatic hydrolysis of aspen wood. Appl. Biochem. Biotechnol. 35: 23-35.

Makkar, H.P.S., Blummel, M. and Becker, K. 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. Br. J. Nutr. 73: 897–913.

Makkar, H.P.S. 2005. *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. Anim. Feed Sci. Technol. 123: 291-302.

Mansuri, H., Nikkhah, A., Rezaeian, M., Moradi Shahrbaback, M. and Mirhadi, S.A. 2003. Determination of Roughages Degradability through *In vitro* Gas Production and Nylon Bag Techniques. J. Agric. Sci. 34: 495-507.

Menke, K.H., Rabb, L., Saleweski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schinder, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci. 93: 217-222.

Menke, K.H. and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28: 7-55.

Merino, S. and Cherry, J. 2007. Progress and challenges in enzyme development for biomass utilization. Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 108: 95–120.

Mosir, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., lee, Y.Y., Holtzapple, M. and ladisch, M. 2005. Feature of promising technologies for pretreatement of lignocellulosic biomass. Bioresour. Technol. 96: 673-686.

Orskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rumenrate of passage. J. Agric. Sci. (Camb). 92: 499-503.

Prasad, R.D.D., Reddy, M.R. and Reddy, G.V.N. 1998. Effect of feeding baled and stacked urea treated rice straw on the performance of crossbred cows. Anim. Feed Sci. Technol. 73: 347-352.

Sabzekar, H. 2014. Study of nutritive value of irradiated millet straw with *in situ* nylon bag and *in vitro* gas production. M.Sc. thesis. Zabol University. (In Persian)

Sarnklong, C., Cone, J.W., Pellikaan, W. and Hendriks, W.H. 2010. Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: A Review. Asian- Aust. J. Anim. Sci. 23: 680-692.

SAS, 2003: SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Shawrang, P., Sadeghi, A.A. and Ahmadpanah, J. 2013. Ruminal degradation kinetics of wheat straw irradiated by high doses of electron beam. J. Appl. Anim. Sci. 3: 25-29.

Shen, H.S., Sundstol, F., Eng, E.R. and Eik, L.O. 1999. Studies on untreated and urea treated rice straw from three cultivation seasons: 3. Histological investigations by light and scanning electron microscopy. Anim. Feed Sci. Technol. 80: 151-159.

Sommart, K., Parker, D.S., Rowlinson, P. and Wanapat, M. 2000. Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an *in vitro* system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13: 1084-1093.

Sun, R., Tomkinson, J., Mao, F.C. and Sun, X.F. 2000. Physicochemical characterization of lignin from rice straw by hydrogen peroxide treatment. J. Appl. Polym. Sci 79: 719-732.

Theodorou, M.K., Gascoyne, D.J. and Beever, D.E. 1984. The role of consecutive batch culture in rumen microbiology. Can. J. Anim Sci. 64: 47-48.

Whistler, R.L. and Teng, J. 1970. Cellulose chemistry. In: Britt, K.W. (Ed.), Handbook of Pulp and Paper Technology, second ed. Van Nostrand Reinhold Company, New York, Pp: 13–23.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Ruminant Research, Vol. 3(1), 2015
http://ejrr.gau.ac.ir

Investigation on the nutritional value of processed vetch wastes (*vigna radiate*) with electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid using gas production technique and batch culture method

M. Babayi[1], *F. Ghanbari[2], A.M. Gharehbash[2] and J. Bayat Kouhsar[2]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, [2]Assistant Prof., Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University
Received: 03/11/2015; Accepted: 06/23/2015

Abstract

This research was conducted to investigate the effects of electron beam (EB) (150 and 200 kGy), hydrogen peroxide (H2O2) (132 ml/kg DM), hydrobromic acid (HBr) (60 g/kg DM) and their combination on the gas production parameters and *in vitro* digestibility of vetch wastes. Processing increased gas production potential (P<0.05). The highest amount for this trait was observed in HBr, EB (150 and 200 kGy) and their combination. Except for HBr+ EB (150 and 200 kGy) (P>0.05), the other treatments increased gas production rate (P<0.05). *In vitro* digestibility of the dry matter (DM) and organic matter (OM) of samples was increased by EB, chemical compounds (H2O2 and HBr), and their combination (P< 0.05). Estimated parameters, including metabolizable energy (ME), net energy (NE) and short chain fatty acids (SCFAs) were increased by processing (P<0.05). The highest increase was observed for HBr and EB (200 kGy) treatments. Ammonia nitrogen (NH3-N) concentration was greater in HBr+ EB (150 kGy) than other treatments (P<0.05). Except for the EB (150 kGy) and HBr (P>0.05), the other treatments led to an increased partitioning factor (PF) and efficiency of microbial mass production (P<0.05). Overall, the processing improved the nutritional value of vetch wastes. In this case, treatments of EB, HBr and their combination had greater effect on the studied traits.

Keywords: Vetch wastes, Electron beam, Hydrogen peroxide, Hydrobromic acid, Nutritional value

---

*Corresponding author; farzadghanbari@yahoo.com