

اثرات عمل‌آوری با پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک بر ارزش تغذیه‌ای بقایای ماش

منیره بابایی¹ - فرزاد قنبری^{2*} - آشور محمد قره‌باش² - جواد بیات کوهسار²

تاریخ دریافت: 1394/03/18

تاریخ پذیرش: 1395/03/08

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر تیمارهای پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری)، پراکسید هیدروژن (132 میلی‌لیتر در کیلوگرم) و اسید هیدروبرومیک (60 میلی‌لیتر در کیلوگرم) بر ترکیب شیمیایی و تجزیه شکمبه‌ای ماده خشک بقایای ماش انجام شد. پس از عمل‌آوری، ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام و الیاف خام توسط روش‌های استاندارد تعیین شدند. آزمایش تجزیه‌پذیری با فن کیسه‌های نایلونی و با استفاده از سه رأس گوسفند نر نژاد دالاق مجهز به فیستولای شکمبه‌ای انجام شد. از زمان‌های صفر، 4، 8، 12، 24، 48، 72 و 96 ساعت برای انکوباسیون شکمبه‌ای نمونه‌ها استفاده شد. درجه بلورینگی نمونه‌ها با استفاده از تکنیک پراش پرتو ایکس تعیین شد. همه تیمارها باعث افزایش مقدار خاکستر خام و کاهش مقدار ماده آلی شدند. پروتئین خام توسط تیمارهای اسید هیدروبرومیک، پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 کیلوگری) افزایش یافت. عمل‌آوری مقدار الیاف خام را کاهش داد. بیش‌ترین کاهش در تیمار پرتو الکترون (150 کیلوگری) مشاهده شد. عمل‌آوری باعث افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در سرعت‌های عبور 2، 5 و 8 درصد در ساعت شد. پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) و استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی بیش‌ترین تأثیر را در افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک داشتند. با بررسی الگوی پراش پرتو ایکس مشاهده شد که تمامی تیمارها باعث کاهش درجه بلورینگی نمونه‌های بقایای ماش شدند. در مجموع، تیمارهای پرتو الکترون، اسید هیدروبرومیک و ترکیب آن‌ها تأثیر بیشتری در بهبود ارزش تغذیه‌ای بقایای ماش داشتند.

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

مقدمه

لیگنوسلولزی هستند که در دسته مواد خوراکی غیرمعمول در جیره غذایی دام‌ها قرار دارند. استفاده کارا از این محصولات به‌عنوان منبع انرژی برای نشخوارکنندگان، از لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی دارای اهمیت می‌باشد (16). محدودیت اصلی در استفاده از بقایا و محصولات فرعی زراعی به‌عنوان اقلام خوراکی جیره نشخوارکنندگان، قابلیت هضم پایین آن‌ها می‌باشد. ارزش تغذیه‌ای کاه‌ها را می‌توان به کمک تغییر در ساختمان دیواره سلولی بهبود داد. این کار به کمک عمل‌آوری مناسب قابل‌انجام است (3). از عمل‌آوری‌های فیزیکی (خرد نمودن، پلت کردن، آسیاب کردن، خیساندن، بخار آب تحت فشار و پرتوتابی)، شیمیایی (استفاده از هیدروکسید سدیم، اوره، آمونیاک، اسید کلسیم و پراکسید هیدروژن)، بیولوژیکی (استفاده از قارچ‌ها، عوامل میکروبی و آنزیم‌های تجاری) و یا ترکیب آن‌ها به‌منظور بهبود ارزش تغذیه‌ای بقایای محصولات زراعی استفاده شده است (2، 5 و 29). هدف از عمل‌آوری، لیگنین‌زدایی و شکستن پیوندهای لیگنوسلولزی اجزای دیواره سلولی

امروزه با توجه به محدودیت دسترسی به اقلام خوراکی با کیفیت بالا، استفاده از محصولات فرعی زراعی در تغذیه دام مورد توجه قرار گرفته است (40). غالب این محصولات لیگنوسلولزی بوده و از حدود 70 درصد ترکیبات پلی‌ساکاریدی (به‌طور عمده سلولز و همی‌سلولز) تشکیل می‌گردند. در مقابل، از لحاظ سایر مواد مغذی از جمله مواد معدنی و ویتامین‌ها فقیر می‌باشند. کاه محصول فرعی زراعت غلات، حبوبات و ضایعات حاصل از صنایع چوب، مهم‌ترین ترکیبات

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس،

2- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس.

(* - نویسنده مسئول: Email: arzadghanbari1976@gmail.com)

DOI: 10.22067/ijasr.v0i0.47394

82000 دالتون (در شاهد) به ترتیب به میزان 80800، 53089 و 20187 دالتون کاهش پیدا کرد.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تاثیر تیمارهای پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک بر ترکیب شیمیایی و تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای ماش با استفاده از تکنیک‌های کیسه نایلونی و پراش پرتو ایکس بود.

مواد و روش‌ها

بقایای ماش از مزارع استان فارس تهیه شدند. پرتوتابی الکترونی نمونه‌ها در مرکز پرتو فرآیند یزد، وابسته به پژوهشکده کاربرد پرتوهای سازمان انرژی اتمی ایران انجام شد. شتاب‌دهنده الکترونی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت، رودترون¹ بود. نمونه‌ها با پرتو الکترونی 10 مگا الکترون‌ولت و جریان باریکه الکترونی شش میلی آمپر، با دزهای 150 و 200 کیلوگری و با خطای کمتر از پنج درصد پرتوتابی شدند. روش پرتوتابی به صورت یک‌طرفه بود. برای تأمین دزهای مورد نیاز، نمونه‌های بقایای ماش چند بار در معرض پرتوهای الکترونی قرار گرفتند. به منظور دقت در دز داده شده به نمونه‌ها، اندازه‌گیری دز با استفاده از کالری‌متر پلی‌استرین (دزی‌متر مرجع) صورت گرفت (32). به منظور عمل‌آوری با اسید هیدروبرومیک، به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک نمونه‌های پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با تابش الکترون، از 60 میلی‌لیتر اسید رقیق شده در 250 میلی‌لیتر آب مقطر استفاده شد (3). به منظور عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن، ابتدا نمونه‌های پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با تابش الکترون، با هیدروکسید سدیم (80 گرم در کیلوگرم) پیش تیمار شدند. استفاده از پراکسید هیدروژن به همراه مواد قلیایی سبب افزایش تولید یون OOH از پراکسید هیدروژن شده و همچنین سبب افزایش حساسیت سلولز در برابر تجزیه آنزیمی و میکروبی می‌شود (20). سپس این محلول روی نمونه‌های خرد شده اضافه شد. نیم‌ساعت بعد، 132 میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن با درجه خلوص 35 درصد به این مخلوط اضافه شد (15). نمونه‌های تیمار شده با اسید هیدروبرومیک و پراکسید هیدروژن بلافاصله در کیسه‌های نایلونی قرار داده شده و به مدت 18 روز در شرایط بی‌هوازی سیلو شدند. سپس درب آن‌ها باز شد و نمونه‌ها از قسمت‌های میانی آن برای اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای برداشته شدند.

ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام و الیاف خام مطابق با روش AOAC (4) تعیین شدند.

به منظور اندازه‌گیری ناپدیدشدن شکمبه‌ای ماده خشک بقایای

است. بدین ترتیب، سلولز و همی سلولز به راحتی در دسترس میکروب‌های شکمبه قرار گرفته و میزان مصرف اختیاری و نیز قابلیت هضم افزایش می‌یابد (29). پرتوتابی مواد خوراکی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته، یک روش عمل‌آوری فیزیکی بوده که شامل استفاده کنترل شده از انرژی پرتوهای یون‌ساز شامل اشعه گاما و تابش الکترون می‌باشد (14). قیاسوند و همکاران (15) دریافتند که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم + پراکسید هیدروژن سبب کاهش تیمار هیدروکسید سدیم + پراکسید هیدروژن سبب کاهش درصد چربی خام، ماده آلی و لیگنین گردید. شورنگ و همکاران (32)، تاثیر دزهای 250 و 500 کیلوگری پرتو الکترون را بر ترکیب شیمیایی گندم بررسی کردند. در نتایج مشاهده کردند که پرتو الکترون تأثیری بر خاکستر، پروتئین خام و چربی خام نداشت. اما محتویات الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی را کاهش داد. چوداری (8) در بررسی تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای گندم عمل‌آوری شده با اکسید کلسیم، هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن، به این نتیجه رسید که میزان ناپدیدشدن ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در گاه‌های عمل‌آوری شده نسبت به شاهد بیشتر بود. تیمار پراکسید هیدروژن بیش‌ترین تجزیه‌پذیری ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی را داشت. قیاسوند و همکاران (15) نشان دادند که بخش‌های گندتجزیه، ثابت نرخ تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و ماده آلی گاه کلزا در اثر عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم + پراکسید هیدروژن افزایش یافتند. شورنگ و همکاران (32) بیان کردند که تیمار پرتو الکترون (250 و 500 کیلوگری) باعث افزایش بخش‌های سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی گاه گندم شد. شهبازی و همکاران (31) در بررسی تاثیر پرتو الکترون (100، 200 و 300 کیلوگری) بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک گاه گندم، گزارش کردند که پرتوتابی باعث افزایش بخش سریع تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر و کاهش پتانسیل تجزیه‌پذیری و ثابت نرخ تجزیه شد. دباغچیان و همکاران (9) گزارش کردند که پرتو الکترون در دزهای 150 و 200 کیلوگری باعث افزایش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک گاه گندم شد. مارک و همکاران (23) کاهش میزان بلورینگی برخی محصولات فرعی زراعی را در اثر پرتو الکترون گزارش کردند. دریسکول و همکاران (12) در بررسی الگوی پراش پرتو ایکس، مشاهده کردند که پرتوتابی با دزهای 10، 100 و 1000 کیلوگری پرتو گاما درصد بلورینگی نسبی سلولز را از 87 درصد (شاهد) به ترتیب به 76، 65 و 45 درصد کاهش داد. به همین ترتیب وزن مولکولی بلورهای سلولز توسط دزهای مورد اشاره از

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

(رودترون (مدل TT-2000، دستگاه شتاب دهنده الکترونی، بلژیک))

انکوباسیون شکمبه‌ای می‌باشند.

برآورد مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک بقایای ماش با استفاده از رابطه پیشنهادی ارسکوف و مک‌دونالد (27) محاسبه شد (رابطه 3).

$$ERD = a + \left[\frac{b \times c}{c + k} \right] \quad (3)$$

در این رابطه، ERD: تجزیه‌پذیری مؤثر و k: نرخ عبور می‌باشند. فراسنجه‌های a و b و c در رابطه 2 معرفی شدند.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آزمایش ترکیب شیمیایی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی، و داده‌های حاصل از آزمایش تجزیه‌پذیری با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. پردازش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9/1) (30) و رویه GLM انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD ($P < 0/05$) استفاده شد.

درجه بلورینگی نمونه‌های بقایای ماش با استفاده از آزمایش پراش پرتو ایکس تعیین شد. بدین منظور ابعاد آن‌ها تا 80 میکرون ریز شد. بعد از آماده‌سازی، نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس از زاویه چهار درجه (برحسب 2θ) تا 90 درجه (برحسب 2θ) مورد اسکن قرار گرفته و الگوی پراش حاصله مورد بررسی قرار گرفت. از الگوی پراش پرتو ایکس برای شناسایی ترکیبات بلورین و تعیین درصد بلورینگی نمونه‌ها استفاده شد. با استفاده از الگوهای پراش پرتو ایکس در نمونه‌های مختلف و مقایسه آن‌ها با یک‌دیگر از لحاظ بلورینگی، تغییرات حاصله از لحاظ افزایش یا کاهش میزان پیوندهای موجود در نمونه مورد بررسی قرار گرفت (10). ضمناً رقومی کردن الگوها با استفاده از نرم‌افزار Xpert Highscore Plus انجام شد.

نتایج و بحث

اثرات پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک بر ترکیب شیمیایی بقایای ماش در جدول 1 نشان داده شده است. مقدار ماده خشک بقایای ماش عمل‌آوری نشده (شاهد) 94/83 درصد بود. تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اسید هیدروبرومیک+ پرتو الکترون (دزهای 150 و 200 کیلوگری) باعث افزایش درصد ماده خشک شدند ($P < 0/05$) (به ترتیب 95/53، 95/13 و 95/03 درصد). در مقابل مقدار ماده خشک در تیمارهای پراکسید هیدروژن و پراکسید هیدروژن+ پرتو الکترون (دزهای 150 و 200 کیلوگری) کاهش یافت ($P < 0/05$) (به ترتیب 93/30، 92/70 و 92/50 درصد). مقدار ماده خشک در تیمارهای پرتو الکترون (دزهای 150 و 200 کیلوگری) به ترتیب 94/70 و 94/43 درصد به دست آمد. این مقادیر اختلافی با شاهد نداشتند. همه عمل‌آوری‌ها سبب افزایش خاکستر خام و کاهش ماده آلی شد ($P < 0/01$). تیمارهای حاوی ترکیبات شیمیایی تأثیر بیشتری

ماش، از تکنیک کیسه‌های نایلونی استفاده شد (24). بدین‌منظور، از سه رأس گوسفند نر نژاد دالاق، مجهز به فیستولای شکمبه‌ای و با میانگین وزن 54 ± 1 کیلوگرم استفاده شد. دام‌های مورد مطالعه درون قفس‌های انفرادی نگهداری شدند. جیره این دام‌ها مطابق با استاندارد تکنیک کیسه‌های نایلونی، در حد نگهداری تنظیم شد. خوراک‌دهی گوسفندان، روزانه در دو نوبت صبح و بعد از ظهر انجام گرفت. ضمناً دام‌ها دسترسی آزاد به آب آشامیدنی داشتند. نمونه‌های ماده خوراکی مورد مطالعه توسط آسیاب آزمایشگاهی دارای غربال سه میلی‌متری آسیاب شدند. سپس مقدار سه گرم از هر نمونه ماده خوراکی داخل کیسه‌های نایلونی به ابعاد 14×8 سانتی‌متر (با وزن مشخص) ریخته شد. به منظور قرار دادن کیسه‌ها در شکمبه، از شیلنگ‌های لاستیکی استفاده شد. شیلنگ‌ها به یک نخ نایلونی مقاوم به هضم در شکمبه وصل شده و سر نخ از شیار درب فیستولا خارج شد. از هر تیمار در هر کدام از زمان‌های انکوباسیون سه کیسه در داخل شکمبه هر گوسفند قرار داده شد. زمان‌های صفر، 4، 8، 12، 24، 48، 72 و 96 ساعت به منظور باقی‌ماندن کیسه‌های نایلونی حاوی نمونه‌های مواد خوراکی در شکمبه در نظر گرفته شدند. در ضمن برای برآورد مقدار ناپدید شدن مواد خوراکی در زمان صفر یا مقدار مواد محلول در آب، کیسه‌های حاوی نمونه‌های مواد خوراکی به مدت 30 دقیقه شستشو شدند. پس از پایان یافتن هر زمان انکوباسیون، کیسه‌های حاوی مواد باقی‌مانده از طریق فیستولا از داخل شکمبه خارج شده و بلافاصله در آب سرد قرار داده شدند. این کار به منظور جلوگیری از تخمیر و هم‌چنین شسته شدن ذرات خوراکی چسبیده به بیرون کیسه‌ها صورت گرفت. سپس کیسه‌ها به مدت 30 دقیقه در آب سرد تا خروج آب زلال شسته شدند. پس از شستشو، کیسه‌ها به مدت 48 ساعت در آون 65 درجه سانتی‌گراد قرار داده شده تا خشک شوند. پس از خارج کردن کیسه‌ها از آون، به منظور جلوگیری از جذب رطوبت محیط، در دسیکاتور قرار داده شدند. سپس آن‌ها را وزن کرده تا تجزیه‌پذیری ماده خشک محاسبه شود (27).

درصد تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای ماش در زمان‌های مختلف انکوباسیون با استفاده از رابطه 1 تعیین شد:

مقدار ماده خشک پد = مقدار ماده خشک قبل

$$100 \times \left(\frac{\text{مقدار ماده خشک بقایای شکمبه‌ای}}{\text{مقدار ماده خشک قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای}} \right) \quad (1)$$

برآورد فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری ماده خشک با استفاده از نرم‌افزار Fit curve انجام شد. بدین‌منظور از رابطه غیرخطی ارسکوف و مک‌دونالد (27) برای برازش داده‌ها استفاده شد (رابطه 2).

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (2)$$

در این معادله، P: پتانسیل تجزیه‌پذیری؛ a: بخش سریع تجزیه؛ b: بخش کند تجزیه؛ e: عدد نپر؛ c: ثابت نرخ تجزیه و t: مدت زمان

خام در بقایای ماش عمل‌آوری نشده 70 درصد به‌دست آمد. مقایسه میانگین نشان داد که تمام تیمارها باعث کاهش لیاف خام بقایای ماش شدند ($P < 0/05$). کمترین مقدار این صفت در تیمار پرتو الکترون (150 کیلوگری) مشاهده شد (52 درصد). پراکسید هیدروژن، باعث شکافتن پیوندهای استری بین لیگنین و همی سلولوز از دیواره سلولی می‌شود. بنابراین گاه به ذرات کوچک تبدیل شده و محتویات لیاف از هم پاشیده و به‌صورت معلق در می‌آیند. علاوه بر این، در مقایسه با دیگر عمل‌آوری‌ها که فقط بلورینگی سلولوز را کاهش می‌دهند، پراکسید هیدروژن باعث تجزیه قابل ملاحظه سلولوز می‌شود (34، 22). سان و همکاران (34)، علت تغییر در ساختار سلولوز در اثر تیمار پراکسید هیدروژن را به کاهش درصد بلورینگی آن نسبت دادند. آزاد شدن لیگنین از دیواره سلولی عمدتاً وابسته به هیدرولیز پیوندهای استری بین لیگنین و اسید فنولیک و یا قندهای اسیدی از پکتین و یا همی سلولوز وابسته به لیگنین توسط مواد قلیایی است (22).

عمل‌آوری با پرتو الکترون تغییراتی را در ساختار سلولوز و محتویات سلولوز ایجاد می‌کند. این تغییرات ممکن است به دلیل چندین عامل از جمله واکنش بین رادیکال‌های آزاد و پیوندهای گلیکوزیدی باشد. پرتو الکترون بر پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره‌ای و پیوندهای گلیکوزیدی داخل مولکولی سلولوز تأثیر گذاشته و باعث تضعیف نیروی واندروالسی شده، در نتیجه موجب تجزیه سلولوز و کاهش مقادیر دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولوز می‌شود (17). یون‌های تولید شده توسط پرتو الکترون می‌توانند، آغازکننده واکنش شیمیایی و شکافتن پیوند شیمیایی در مواد باشند (7). این یون‌ها عمدتاً سلولوز را تجزیه یا دپلمریزه می‌کنند (5، 36). هم‌چنین پیوند بین لیگنین با سایر اجزاء در دیواره سلولی توسط پرتوتابی شکسته می‌شود (41). تانگ و همکاران (39) نشان دادند که تجزیه لیاف پنبه توسط پرتو یون‌ساز یک واکنش اکسیداتیو در سلولوز است. این پژوهش‌گران بیان کردند که استفاده از پرتو یون‌ساز روش مؤثری در تغییر محتویات لیاف محصولات فرعی زراعی می‌باشد.

روند تجزیه‌پذیری ماده خشک بقایای ماش عمل‌آوری نشده (شاهد) و عمل‌آوری شده با پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک در زمان‌های مختلف آنکوباسیون شکمبه‌ای در جدول 2 گزارش شده است.

در زمان 24 ساعت پس از آنکوباسیون، بیش‌ترین مقدار تجزیه‌پذیری ماده خشک در تیمارهای پرتو الکترون (200 کیلوگری)، اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) و پراکسید هیدروژن + پرتو الکترون (200 کیلوگری) مشاهده شد ($P < 0/05$) (به ترتیب 49/74، 53/99، 55/17 و 49/29 درصد). هم‌چنین تیمارهای مورد اشاره تا زمان 48 ساعت بعد آنکوباسیون بیش‌ترین مقدار تجزیه‌پذیری ماده خشک را داشتند (به ترتیب 58/10، 55/98، 57/01 و 53/50 درصد). در زمان 72 ساعت آنکوباسیون، میانگین

در افزایش خاکستر خام و کاهش ماده آلی داشتند ($P < 0/01$). در تیمارهای پراکسید هیدروژن و پراکسید هیدروژن + پرتو الکترون (200 کیلوگری)، بیش‌ترین مقدار خاکستر خام (به ترتیب 21/33 و 21/55 درصد) و کمترین مقدار ماده آلی (به ترتیب 78/67 و 78/45 درصد) مشاهده شد. عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن نیاز به مقدار زیادی آب و هیدروکسید سدیم به‌منظور حفظ pH در محدوده 11/5 دارد. در نتیجه افزودن هیدروکسید سدیم به گاه به‌علت اثرات باقی‌مانده هیدروکسید سدیم منجر به افزایش درصد خاکستر خام آن می‌شود (15). تانگ و همکاران (39)، علت کاهش ماده آلی گاه گندم پرتوتابی شده را ناشی از خروج گازها (شامل هیدروژن، دی‌اکسید کربن، مونواکسید کربن و غیره) در طول عمل‌آوری دانستند (21، 33). در مجموع عمل‌آوری بر مقدار پروتئین خام بقایای ماش تأثیرگذار بود ($P < 0/01$). ضمن این‌که تأثیر تیمارهای پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی در این خصوص یکسان بود. مقدار پروتئین خام در گروه شاهد 9/84 درصد به‌دست آمد. مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای اسید هیدروبرومیک، پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 کیلوگری) باعث افزایش مقدار پروتئین خام شدند ($P < 0/05$) (به ترتیب 10/83، 12/84، 11/61 و 10/97 درصد). سایر تیمارها تأثیری بر این صفت نداشتند. مقایسات گروهی نشان داد که ترکیبات شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر مقدار چربی خام داشتند ($P < 0/05$) در مقابل پرتو الکترون تأثیری بر این صفت نداشت. در ضمن استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی بر مقدار چربی خام تأثیرگذار بود ($P < 0/05$). مقدار چربی خام در بقایای ماش شاهد 2/33 درصد به‌دست آمد. مقایسه میانگین نشان داد که فقط تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (200 کیلوگری) باعث افزایش چربی خام شدند ($P < 0/05$) (به ترتیب 5/00 و 6/00 درصد). سایر تیمارها تأثیری بر این صفت نداشتند.

مطابق با پژوهش حاضر، قیاسوند و همکاران (15) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی گاه کلزا مشاهده کردند که نمونه‌های عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم + پراکسید هیدروژن، درصد پروتئین خام کم‌تری نسبت به شاهد داشتند. افزودن هیدروکسید سدیم به گاه باعث افزایش درصد خاکستر خام آن شده و این خود می‌تواند، باعث کاهش درصد پروتئین خام (به‌علت کاهش مواد آلی) شود. شورنگ و همکاران (32) مشاهده کردند که عمل‌آوری گاه گندم با پرتو الکترون (200 و 250 کیلوگری)، تأثیری بر خاکستر خام، پروتئین خام و چربی خام نداشت.

بر اساس نتایج مقایسات گروهی، عمل‌آوری باعث کاهش مقدار لیاف خام شد ($P < 0/01$). پرتو الکترون توانایی بیش‌تری در کاهش لیاف خام نسبت به ترکیبات شیمیایی داشت ($P < 0/01$). مقدار لیاف

تیمارهای مختلف تفاوتی با شاهد نداشت.

جدول 1-1 تأثیر پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک بر ماده خشک و ترکیب شیمیایی بقایای ماش (درصد ماده خشک)¹

Table 1- Effect of electron beam, hydrogen peroxide, and hydrobromic acid on dry matter and chemical composition of vetch wastes (DM%)¹

تیمارها Treatments	ماده خشک DM	خاکستر خام Ash	ماده آلی OM	پروتئین خام CP	چربی خام EE	الیاف خام CF
شاهد control	94.83 ^{bc}	13.22 ^f	86.78 ^a	9.84 ^e	2.33 ^{cd}	70.00 ^a
پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂	93.30 ^d	21.33 ^a	78.67 ^f	10.01 ^{cde}	1.67 ^d	55.00 ^e
اسید هیدروبرومیک HBr	95.53 ^a	14.44 ^d	85.56 ^{bc}	12.84 ^a	5.00 ^b	63.00 ^b
پرتو الکترون (150 کیلوگری) EB (150 kGy)	94.70 ^{bc}	13.89 ^e	86.11 ^b	10.83 ^{bcd}	1.67 ^d	52.00 ^f
پرتو الکترون (200 کیلوگری) EB (200 kGy)	94.43 ^c	14.00 ^e	86.00 ^b	11.61 ^b	1.67 ^d	59.00 ^{cd}
پرتو الکترون + پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ + EB (150 kGy).	92.70 ^e	20.67 ^b	79.33 ^e	9.92 ^{de}	2.67 ^c	57.00 ^{de}
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (150 kGy).	95.13 ^{ab}	15.00 ^c	85.00 ^d	10.97 ^{bc}	2.00 ^{cd}	59.00 ^{cd}
پرتو الکترون + پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ + EB (200 kGy).	92.50 ^e	21.55 ^a	78.45 ^f	9.37 ^e	2.33 ^{cd}	58.00 ^d
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (200 kGy).	95.03 ^{ab}	15.11 ^c	84.89 ^d	9.83 ^e	6.00 ^a	61.00 ^{bc}
SEM	0.173	0.123	0.123	0.325	0.333	1.000
P- Value	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

مقایسات گروهی

Orthogonal contrast

شاهد در برابر عمل آوری Control vs Processing	0.09	<0.01	<0.01	0.01	0.66	<0.01
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی Control vs Chemical compounds	0.06	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01
شاهد در برابر پرتو الکترون Control vs EB:	0.22	0.01	0.01	0.01	0.12	<0.01
پرتو الکترون در برابر ترکیبات شیمیایی EB vs Chemical compounds	0.40	<0.01	<0.01	0.54	<0.01	0.01
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی + پرتو الکترون Control vs Chemical compounds+EB	<0.01	<0.01	<0.01	0.61	0.02	<0.01

¹ میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0/05).

¹ Mean with different alphabets are statistically different (P<0.05).

² DM, Dry Matter; OM, Organic Matter; CP, Crude Protein; EE, Ether Extract; CF, Crude Fiber; H₂O₂, Hydrogen peroxide; HBr, Hydrobromic acid; EB, Electron beam;

وجود نداشت (به ترتیب 62/15 و 64/86 درصد). مطابق با پژوهش حاضر چوداری (8) در بررسی تجزیه پذیری شکمبه‌ای گاو گندم عمل آوری شده با اکسید کلسیم، هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن، به این نتیجه رسید که عمل آوری باعث افزایش میزان ناپدید شدن ماده خشک گاو گندم شد. تیمار پراکسید هیدروژن بیشترین ناپدید شدن ماده خشک را داشت. تیمارهای شیمیایی از طریق تغییر ترکیبات شیمیایی دیواره سلولی گاو گندم، تجزیه پذیری آن را

مقدار تجزیه پذیری ماده خشک بقایای ماش شاهد در زمان 96 ساعت انکوباسیون، 59/99 درصد به دست آمد. تیمارهای پرتو الکترون (200 کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (200 کیلوگری) باعث افزایش تجزیه پذیری در این زمان انکوباسیون شدند (P<0/05) (به ترتیب 67/75 و 67/17 درصد). هرچند که بین تیمارهای مورد اشاره و تیمارهای پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 کیلوگری) اختلاف معنی داری

افزایش دادند.

پرتوتابی به‌عنوان روشی ایمن و معتبر برای بهبود ارزش تغذیه‌ای خوراک شناخته شده و می‌تواند باعث لیگنین‌زدایی، فروپاشی و دپلمریزه شدن ساختارهای بلوری سلولز گردد (12). فلاچسکی و همکاران (13) افزایش ناپدیدشدن ماده خشک را به‌دلیل کاهش اندازه ذرات در اثر پرتوتابی دانستند. دورینها و همکاران (11) در بررسی ناپدیدشدن ماده خشک تفاله نیشکر عمل‌آوری شده با دزهای مختلف پرتو الکترون (200، 400، 600، 800 و 1000 کیلوگری) و آمونیاک، نشان دادند که پرتوتابی با ایجاد تغییرات در اندازه ذرات، منجر به افزایش ناپدیدشدن ماده خشک در زمان صفر شد. با افزایش دز پرتوتابی از 200 کیلوگری به 1000 کیلوگری، میزان ناپدیدشدن ماده خشک به‌علت افزایش محلولیت آن افزایش یافت.

مقایسات گروهی و میانگین فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای بقایای ماش عمل‌آوری نشده (شاهد) و عمل‌آوری شده با پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک در جدول 3 نشان داده شده است.

مقایسات گروهی نشان داد که عمل‌آوری باعث افزایش بخش سریع تجزیه شد ($P < 0/05$). تأثیر پرتو الکترون در افزایش این صفت بیشتر از ترکیبات شیمیایی بود ($P < 0/05$). در ضمن استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی مقدار بخش سریع تجزیه را افزایش داد ($P < 0/01$). مقدار بخش سریع تجزیه ماده خشک بقایای ماش شاهد، 32/15 درصد به‌دست آمد. مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) باعث افزایش مقدار بخش سریع تجزیه شدند ($P < 0/05$) (به ترتیب 36/98، 36/14، 40/98 و 42/77 درصد). سایر تیمارها تأثیری بر این صفت نداشتند. استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی باعث کاهش بخش کندتجزیه بقایای ماش شد ($P < 0/01$). مقدار بخش کندتجزیه در تیمار شاهد 41/64 درصد به‌دست آمد. تیمارهای پراکسید هیدروژن + پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری)، باعث کاهش مقدار این صفت شدند ($P < 0/05$) (به ترتیب 29/36، 25/53، 27/25 و 26/85 درصد). میانگین سایر تیمارها اختلافی با شاهد نداشت. استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی، بر مقدار پتانسیل تجزیه‌پذیری تأثیرگذار بود ($P < 0/05$). میانگین تیمار پراکسید هیدروژن + پرتو الکترون (200 کیلوگری) (56/19 درصد) کمتر از شاهد بود ($P < 0/05$). سایر تیمارها اختلافی با شاهد نداشتند. طبق نتایج مقایسات گروهی، در مجموع عمل‌آوری تأثیری بر مقدار ثابت نرخ تجزیه نداشت. ثابت نرخ تجزیه بقایای ماش شاهد 0/011 در ساعت به‌دست آمد. تیمار پراکسید هیدروژن + پرتو الکترون (200 کیلوگری) مقدار این صفت را

به 0/083 در ساعت افزایش داد ($P < 0/05$). میانگین سایر تیمارها اختلافی با شاهد نداشت.

مقایسات گروهی نشان داد که عمل‌آوری با پرتو الکترون باعث افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر بقایای ماش در سرعت عبور 2 درصد در ساعت شد ($P < 0/01$). اما ترکیبات شیمیایی تأثیری بر این صفت نداشتند. در ضمن استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی نیز مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر را افزایش داد ($P < 0/01$). تجزیه‌پذیری مؤثر بقایای ماش شاهد در سرعت عبور 2 درصد در ساعت 47/10 درصد به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین حاکی از عدم اختلاف بین تیمارهای پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و پراکسید هیدروژن + پرتو الکترون (150 کیلوگری) با شاهد بود (به ترتیب 48/90، 50/00 و 49/70 درصد در ساعت). سایر تیمارها باعث افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر در این سرعت عبور شدند ($P < 0/05$). بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمارهای پرتو الکترون (200 کیلوگری) و اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) مشاهده شد (به ترتیب 54/15، 55/65 و 57/30 درصد در ساعت). عمل‌آوری باعث افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های عبور پنج و هشت درصد در ساعت شد ($P < 0/01$). در این خصوص، توانایی پرتو الکترون بیش‌تر از ترکیبات شیمیایی بود ($P < 0/01$). ضمن این که استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی نیز باعث افزایش این صفت شد ($P < 0/01$). مقایسه میانگین نشان داد که تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های عبور پنج و هشت درصد در تیمار پراکسید هیدروژن (به ترتیب 41/10 و 38/25 درصد در ساعت در سرعت‌های عبور پنج و هشت درصد) اختلافی با شاهد (به ترتیب 39/75 و 37/25 درصد در ساعت) نداشت. اما سایر تیمارها باعث افزایش این صفت شدند ($P < 0/05$). بیش‌ترین مقدار تجزیه‌پذیری در این سرعت‌های عبور، در تیمارهای اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) مشاهده شد (به ترتیب 50/00 و 51/60 درصد برای سرعت عبور پنج درصد و 47/50 و 49/15 درصد برای سرعت عبور هشت درصد).

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای بقایا و محصولات فرعی زراعی، به‌عنوان یک چالش اساسی در نشخوارکنندگان مطرح می‌باشد. ساختار سه بعدی دیواره سلولی این محصولات، دسترسی آن را برای تجزیه میکروارگانیسم‌های شکمبه محدود ساخته است. در دیواره سلولی گیاهان، سلولز توسط لیگنین و همی‌سلولز پوشانده شده است. لیگنین به‌طور کووالانسی به کربوهیدرات‌ها متصل شده که سبب می‌شود دسترسی آنزیم‌های سلولاز به سلولز دشوار شود. در نتیجه بخش زیادی از مواد مغذی گاه هضم نشده و توسط حیوان نشخوارکننده دفع می‌شود (8 و 25). با انجام عمل‌آوری مناسب، می‌توان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای دیواره سلولی را توسط میکروارگانیسم‌ها افزایش داد که

الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در اثر پرتوتابی، تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل در اثر برخورد پرتوهای الکترونی به آب موجود در خوراک می‌باشد. به طوری که این رادیکال‌ها شرایط را برای آبکافت پیوندهای گلیکوزیدی و تجزیه میکروبی فراهم می‌کنند (28).

الگوی پراش پرتو ایکس بقایای ماش شاهد و عمل آوری شده با پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک در نگاره 1 نشان داده شده است. تیمارهای مختلف میزان بلورینی بقایای ماش را کاهش دادند. به طوری که در نمونه‌های عمل آوری شده، پیک مربوط به ناحیه بلورینی سلولز نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است. میزان بلورینی نمونه‌های تیمار شده در جدول 4 ارائه شده است. بیشترین میزان بلورینی در تیمار شاهد (65 درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (200 کیلوگری) (25 درصد) مشاهده شد.

ترکیبات شیمیایی از جمله پراکسید هیدروژن با تغییر ساختار و ترکیب دیواره سلولی، باعث کاهش بلورینی سلولز و حذف مونومرهای فنولی از ماتریکس دیواره سلولی می‌شوند. در نتیجه باعث افزایش ظرفیت جذب و کاهش غلظت لیگنین در دیواره سلولی می‌شوند. از لحاظ تئوری نیز کاهش بلورینی سلولز منجر به افزایش حساسیت سلولز موجود در مواد لیگنوسولوزی به تجزیه میکروبی شده و حذف مونومرهای فنولی از ماتریکس دیواره سلولی باعث افزایش فرآهمی پلی‌ساکاریدهای ساختمانی می‌شود (20). همچنین ترکیبات شیمیایی، گروه‌های استیل و اسید ارونیک را از روی همی سلولز جدا می‌کنند. این گروه‌ها دسترسی آنزیم به همی سلولز و سلولز را کاهش می‌دهند. بنابراین، با حذف آن‌ها طی عمل آوری شیمیایی، انتظار می‌رود که میزان هیدرولیز آنزیمی افزایش یابد (6). ترکیبات شیمیایی از طریق صابونی کردن پیوندهای استری درون مولکولی که واحدهای زیلان همی سلولز را به ترکیباتی مثل لیگنین اتصال عرضی می‌دهند، باعث جدا شدن و سست شدن استحکام مواد لیگنوسولوزی می‌شوند (35). همچنین طی عمل آوری شیمیایی، سلولز به خصوص نواحی آمورف آن متورم می‌شود. بنابراین عمل آوری شیمیایی نمونه بقایای ماش از طریق باز کردن ساختار توده زیستی و افزایش تخلخل آن و همچنین کاهش ساختار بلوری سلولز از طریق حذف مواد استخراجی، موجب افزایش قابلیت دسترسی به سلولز در نمونه‌ها شده است. در یسکول و همکاران (12) در بررسی الگوی پراش پرتو ایکس، مشاهده کردند که پرتوتابی با دزهای 10، 100 و 1000 کیلوگری پرتو گاما درصد بلورینی نسبی سلولز را از 87 درصد (شاهد) به ترتیب به 76، 65 و 45 درصد کاهش داد. به همین ترتیب وزن مولکولی بلورهای سلولز توسط دزهای مورد اشاره از 82000 دالتون (در شاهد) به ترتیب به میزان 80800، 53089 و 20187 دالتون کاهش پیدا کرد. چارلزبای (7) نشان داد که پرتوتابی منجر به کاهش متوسط وزن مولکولی سلولز

نتیجه آن بهبود ارزش انرژی‌زایی کاه‌ها می‌باشد. هدف از انجام عمل آوری، شکستن ساختار و پیوندهای دیواره سلولی به منظور آزادسازی اجزاء و محتویات سلول، یا افزایش سطح تماس به منظور تأثیرگذاری آنزیم‌ها و سایر مواد می‌باشد (31). در نتیجه‌ی عمل آوری، لیگنین‌زدایی صورت می‌گیرد. این امر باعث تغییراتی در ساختمان دیواره سلولی شده، به نحوی که با حذف لیگنین، محتویات سلولی به آسانی در دسترس میکروارگانیسم‌های شکمبه قرار می‌گیرند (37). قیاسوند و همکاران (15)، نشان دادند که بخش‌های کُندتجزیه، ثابت نرخ تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و ماده آلی کاه کلزا در اثر عمل آوری با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم + پراکسید هیدروژن نسبت به شاهد افزایش یافت. یون‌های هیدروکسیل باعث متورم شدن سلولز، شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین سلولز و همی سلولز و هیدرولیز پیوندهای استری پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی شده و در نتیجه منجر به محلولیت لیگنین و همی سلولز می‌شوند (18). شورنگ و همکاران (32) بیان کردند که پرتوتابی پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی را افزایش داد. این امر احتمالاً به دلایل کاهش اندازه ذرات و افزایش سطح در معرض برای اتصال باکتری، تغییر در ترکیب شیمیایی به ویژه کاهش در محتویات الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و همچنین افزایش حالیت، کاهش بلورینی، دپلمریزه شدن و تجزیه سلولز و همی سلولز می‌باشد (7، 17، 5، 38، 36). در یسکول و همکاران (12) نشان دادند که سطح قابل دسترس ریز بلورهای سلولز با پرتوتابی افزایش می‌یابد. آن‌ها مشاهده کردند که با افزایش دز پرتو الکترون، کاهش قابل توجهی در بلورینی و وزن مولکولی سلولز حاصل می‌شود. کاهش در بلورینی سلولز می‌تواند دلیل دیگری برای افزایش هیدرولیز الیاف کاه پرتوتابی شده در شکمبه باشد. شورنگ و همکاران (32) بیان کردند که دزهای بالای پرتو الکترون (250 و 500 کیلوگری) باعث افزایش بخش‌های سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی کاه گندم شد. ناپدید شدن الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی در مواد خوراکی و کاه‌های پرتوتابی شده ناشی از دپلمریزه شدن و لیگنین‌زدایی بوده که ارتباط مستقیمی با افزایش دز پرتو دارد (16). پرتوهای یون‌ساز به ویژه الکترون، سبب تجزیه سلولز به دو روش مستقیم و غیرمستقیم می‌شوند. روش مستقیم شامل اثرات متقابل پرتو یونی با سلولز بوده که باعث شکافت مولکولی و در نتیجه تجزیه سلولز می‌شود. روش غیرمستقیم از طریق پرتوتابی آب اتفاق می‌افتد. به طوری که پرتوها سبب تولید رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شوند. این رادیکال‌ها، موجب عمل آبکافت پیوندها می‌شوند. به نحوی که شرایط برای تجزیه میکروبی مهیا می‌شود. یکی از دلایل عمده‌ی افزایش تجزیه‌پذیری

شده که با افزایش دز پرتو، کاهش بیشتری رخ می‌دهد. هم‌چنین مطالعات دیگر نیز بیانگر کاهش بلورینگی سلولز تحت تأثیر پرتوتایی بود (19، 1).

جدول 2- اثر تیمارهای پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای ماش در زمان‌های مختلف انکوباسیون (درصد)¹
Table 2- Effect of electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid treatments on ruminal dry matter degradability of vetch wastes at different incubation times (%)¹

تیمارها Treatments	زمان انکوباسیون (ساعت) incubation times (h)									
	0	2	4	8	12	24	36	48	72	96
شاهد control	29.22 ^d	34.77 ^c	37.01 ^{bc}	36.68 ^{cd}	37.62 ^b	38.97 ^e	45.06 ^{de}	46.56 ^{de}	58.55	59.99 ^b
پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂	28.89 ^d	32.54 ^c	34.96 ^c	35.46 ^d	40.19 ^{ab}	42.51 ^{de}	42.02 ^e	43.63 ^e	58.49	62.15 ^{ab}
اسید هیدروبرومیک HBr	32.95 ^{bc}	34.62 ^c	37.62 ^{bc}	39.48 ^{bcd}	45.88 ^{ab}	46.40 ^{cd}	48.59 ^{bcd}	50.10 ^{bcd}	60.72	60.66 ^b
پرتو الکترون (150 کیلوگری) EB (150 kGy)	33.34 ^b	34.55 ^c	36.74 ^{bc}	41.71 ^b	42.34 ^{ab}	46.04 ^{cd}	46.34 ^{cde}	48.38 ^{cde}	61.25	60.65 ^b
پرتو الکترون (200 کیلوگری) EB (200 kGy)	33.88 ^b	35.92 ^{bc}	38.52 ^{abc}	41.43 ^{bc}	40.34 ^{ab}	49.74 ^{abc}	51.51 ^{ab}	55.98 ^{abc}	62.00	67.75 ^a
پرتو الکترون + پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ + EB (150 kGy).	29.27 ^d	37.27 ^{abc}	38.39 ^{abc}	41.01 ^{bc}	41.47 ^{ab}	47.11 ^{bcd}	50.85 ^{bc}	52.53 ^{abcd}	55.88	60.59 ^b
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (150 kGy).	39.43 ^a	42.75 ^{ab}	44.78 ^{ab}	47.12 ^a	47.42 ^{ab}	53.99 ^{ab}	56.47 ^a	58.10 ^a	62.42	64.86 ^{ab}
پرتو الکترون + پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ + EB (200 kGy).	31.54 ^c	39.33 ^{abc}	41.53 ^{abc}	41.03 ^{bc}	42.79 ^{ab}	49.29 ^{abcd}	52.02 ^{ab}	53.50 ^{abcd}	61.14	60.17 ^b
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (200 kGy).	39.13 ^a	43.28 ^a	45.72 ^a	47.31 ^a	48.38 ^a	55.17 ^a	56.38 ^a	57.01 ^{ab}	62.46	67.17 ^a
SEM	0.534	2.198	2.481	1.463	3.287	2.144	1.555	2.371	2.303	1.893
P- Value	<0.01	0.07	0.14	0.01	0.40	0.01	0.01	0.03	0.52	0.09
مقایسات گروهی Orthogonal contrast										
شاهد در برابر عمل‌آوری Control vs Processing	0.01	0.89	0.98	0.12	0.25	0.02	0.27	0.30	0.44	0.22
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی Control vs Chemical compounds	0.03	0.67	0.82	0.67	0.22	0.07	0.90	0.92	0.72	0.56
شاهد در برابر پرتو الکترون Control vs EB	0.01	0.87	0.84	0.03	0.38	0.01	0.08	0.09	0.31	0.11
پرتو الکترون در برابر ترکیبات شیمیایی EB vs Chemical compounds	0.01	0.47	0.60	0.02	0.62	0.15	0.05	0.05	0.41	0.18
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی + پرتو الکترون Control vs Chemical compounds+EB	<0.01	0.04	0.08	0.01	0.08	0.01	0.01	0.01	0.47	0.17

¹ میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P < 0/05).

¹ Mean with different alphabets are statistically different (P < 0.05).

جدول 3- اثر تیمارهای پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک بر فراسجدهای تجزیه پذیری شکمبه ای و تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک بقایای ماش¹
Table 3- Effect of electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid treatments on ruminal dry matter degradability parameters and effective degradability of vetch waste¹

تیمارها Treatments	بخش سریع تجزیه (درصد) a ² (%)	بخش کند تجزیه (درصد) b (%)	پتانسیل تجزیه پذیری (درصد) a+b (%)	ثابت نرخ تجزیه (در ساعت) c (h ⁻¹)	تجزیه پذیری مؤثر (درصد) در سرعت عبور (درصد در ساعت) ERD		
					2 (h ⁻¹)	5 (h ⁻¹)	8 (h ⁻¹)
شاهد control	32.15 ^{de}	41.64 ^a	73.79 ^a	0.011 ^b	47.10 ^f	39.75 ^e	37.25 ^d
پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂	32.00 ^{de}	39.30 ^{ab}	71.30 ^a	0.015 ^b	48.90 ^{ef}	41.10 ^{de}	38.25 ^d
اسید هیدروبرومیک HBr	34.62 ^{bcd}	31.60 ^{abc}	66.22 ^{ab}	0.021 ^b	50.00 ^{def}	43.45 ^{cd}	40.80 ^c
پرتو الکترون (150 کیلوگری) EB (150 kGy)	36.98 ^b	31.83 ^{abc}	68.81 ^a	0.020 ^b	53.00 ^{bcd}	46.15 ^b	43.45 ^b
پرتو الکترون (200 کیلوگری) EB (200 kGy)	36.14 ^{bc}	33.94 ^{abc}	70.08 ^a	0.023 ^b	54.15 ^{abc}	46.75 ^b	43.65 ^b
پرتو الکترون + پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ + EB (150 kGy).	33.42 ^{cde}	29.36 ^{bc}	62.78 ^{ab}	0.032 ^b	49.70 ^{ef}	43.60 ^c	40.95 ^c
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (150 kGy).	40.98 ^a	27.25 ^c	68.23 ^a	0.029 ^b	55.65 ^{ab}	50.00 ^a	47.50 ^a
پرتو الکترون + پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ + EB (200 kGy).	30.67 ^e	25.53 ^c	56.19 ^b	0.083 ^a	51.30 ^{cde}	45.65 ^b	43.75 ^b
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (200 kGy).	42.77 ^a	26.85 ^c	69.62 ^a	0.030 ^b	57.30 ^a	51.60 ^a	49.15 ^a
SEM	0.997	3.156	3.566	0.007	1.008	0.750	0.709
P- Value	0.01	0.06	0.15	0.01	0.01	<0.01	<0.01
مقایسات گروهی Orthogonal contrast							
شاهد در برابر عمل آوری Control vs Processing	0.04	0.07	0.27	0.28	0.01	0.01	0.01
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی Control vs Chemical compounds	0.37	0.15	0.28	0.42	0.09	0.02	0.03
شاهد در برابر پرتو الکترون Control vs EB	0.01	0.05	0.35	0.24	0.01	<0.01	<0.01
پرتو الکترون در برابر ترکیبات شیمیایی EB vs Chemical compounds	0.01	0.44	0.85	0.62	0.01	0.01	0.01
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی + پرتو الکترون Control vs Chemical compounds+EB	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	<0.011	<0.011

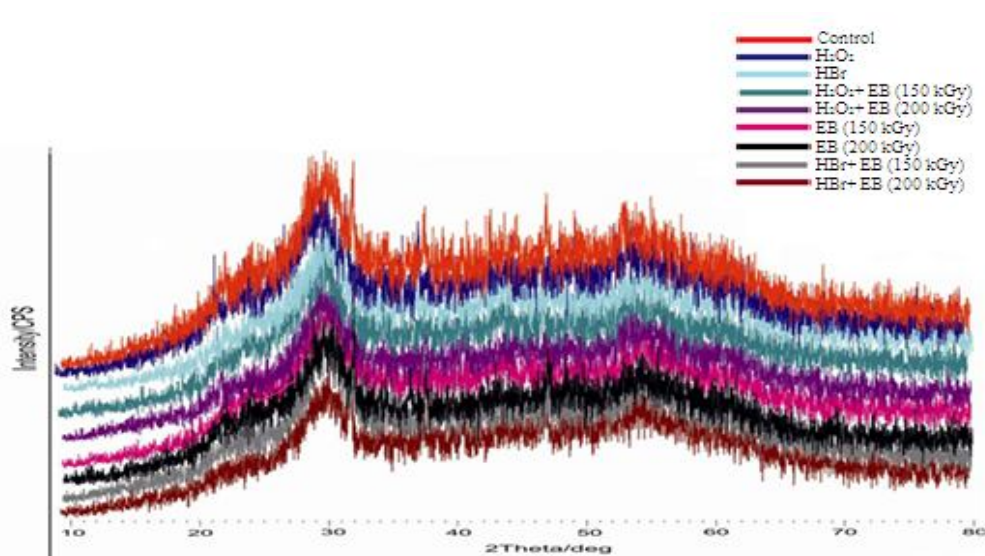
¹ میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی دار می باشند (P < 0/05).

¹ Mean with different alphabets are statistically different (P < 0.05).

² a, washout fraction; b, potentially degradable fraction; a+b, potential degradability; c, degradation rate of b fraction; ERD, effective ruminal degradability.

شکستن پیوندهای شیمیایی می شوند. این امر باعث دپلمریزاسیون ترکیبات لیگنوسولونی و در نتیجه کاهش بلورینگی آن ها می شود (12).

مارک و همکاران (23) نیز کاهش میزان بلورینگی برخی محصولات را در اثر پرتو الکترون گزارش کردند. پرتوهای گاما و الکترون در ماده ایجاد یون کرده که اینها باعث آغاز واکنشها و



شکل 1- الگوی پراش پرتو ایکس بقایای ماش عمل‌آوری نشده (شاهد) و عمل‌آوری با تیمارهای پرتوالکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک
Figure 1- X-Ray Diffraction pattern of unprocessed (control) and processed vetch wastes with electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid

جدول 4- اثر تیمارهای پرتو الکترون، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک بر درجه بلورینگی نسبی بقایای ماش

Table 4- Effect of electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid on relative crystallinity degree of vetch wastes

تیمارها Treatments	بلورینگی نسبی (درصد) Crystallinity (%)
شاهد Control	65
پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂	60
اسید هیدروبرومیک HBr	55
پراکسید هیدروژن + (150 کیلوگری) پرتو الکترون H ₂ O ₂ + EB (150 kGy).	50
پراکسید هیدروژن + (200 کیلوگری) پرتو الکترون H ₂ O ₂ + EB (200 kGy).	45
پرتو الکترون (150 کیلوگری) EB (150 kGy)	40
پرتو الکترون (200 کیلوگری) EB (200 kGy)	35
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (150 kGy).	30
پرتو الکترون + اسید هیدروبرومیک HBr+ EB (200 kGy).	25

اسید هیدروبرومیک + پرتو الکترون (150 کیلوگری) مقدار پروتئین خام را افزایش دادند. مقدار چربی خام توسط تیمار اسید هیدروبرومیک افزایش یافت. استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی نیز سبب افزایش چربی خام شد. عمل‌آوری باعث کاهش مقدار الباف خام شد. کاهش در مقدار این صفت در اثر عمل‌آوری با پرتو الکترون

نتیجه‌گیری کلی

عمل‌آوری بقایای ماش با پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی، باعث افزایش خاکستر خام و کاهش ماده آلی شد. در این خصوص، ترکیبات شیمیایی تأثیر بیشتری نسبت به پرتو الکترون داشتند. تیمارهای اسید هیدروبرومیک، پرتو الکترون (150 و 200 کیلوگری) و

ترکیبات شیمیایی نیز تجزیه پذیری مؤثر را افزایش داد. بررسی الگوی پراش پرتو ایکس حاکی از کاهش درصد بلورینگی نمونه‌های بقایای ماش در اثر عمل‌آوری بود. این مشاهدات نتایج آزمایش انجام گرفته در این پژوهش را تأیید کرد.

بیش‌تر از ترکیبات شیمیایی بود. استفاده توأم از پرتو الکترون و ترکیبات شیمیایی نیز باعث کاهش الیاف خام شد. عمل‌آوری باعث افزایش تجزیه پذیری مؤثر بقایای ماش در سرعت‌های عبور 2، پنج و هشت درصد در ساعت شد. در این خصوص، توانایی پرتو الکترون بیش‌تر از ترکیبات شیمیایی بود. استفاده توأم از پرتو الکترون و

منابع

- 1- Alberti, A., S. Bertini., G. Gastaldi., N. Iannaccone., D. Macciantelli., G. Torri, and E. Vismara. 2005. Electron beam irradiated tex-tile cellulose fibers. *European Polymer. Journal*, 41: 1787-1797.
- 2- Al-Masri, M. R, and K. D. Guenther. 1999. Changes in digestibility and cell wall constituents of some agricultural by-products due to gamma irradiation and urea treatments. *Radiation Physics and Chemistry*, 55: 323-329.
- 3- Al-Masri, M. R. 2005. Nutritive value of some agricultural wastes as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatments. *Bioresource Technology*, 96: 1737-1741.
- 4- AOAC. 2005. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th ed. Washington, DC. USA.
- 5- Bouchard, J., M. Methot, and B. Jordan. 2006. The effects of ionizing radiation on the cellulose of woodfree paper. *Cellulose*, 13: 601-610.
- 6- Chang, V. S, and M. T. Holtzapple. 2000. Fundamental factors affecting biomass enzymatic reactivity. *Applied Biochemistry and Biotechnology Part A. Enzyme. Engineerin Biotechnology*, 84-86: 5-37.
- 7- Charlesby, A. S. 1995. Degradation of cellulose by ionizing radiation. *Journal of Polymer Science*, 15: 263-270.
- 8- 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. *Animal Feed Science and Technology*, 83: 313-323.
- 9- Dabaghchian, M. R., P. Shawrang., A. Nikkhah, and N. Ila. 2010. The effect of electron beam irradiation on chemical composition and dry matter degradability of wheat straw. Fourth Congress of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, (Karaj). P 1556-1559. (In Persian)
- 10- Daraei Garmakhany, A. 2013. Optimization of production of fermentable sugars from lignocellulosic biomass of canola by advanced pretreatments. A Dissertation of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
- 11- Dorinha, M. S. S., L. Adibe, and A. Jose. 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. *Animal Feed Science and Technology*, 79: 145-153.
- 12- Driscoll, M., A. Stipanovic, W. Winter, K. Cheng., M. Manning, J. Spiese, R. A. Galloway, and M. R. Cleland. 2009. Electron beam irradiation of cellulose. *Radiation Physics and Chemistry*, 78: 539-542.
- 13- Flachowsky, G., M, Bar., A. Sabine, and K. Tiroke. 1990. Cell wall content and rumen dry matter disappearance of irradiated wood by products. *Biological Wastes*, 34: 181-189.
- 14- Ghanbari, F., T. Ghoorchi, P. Shawrang, H. Mansouri, and N. M. Torbati-Nejad. 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. *Radiation Physics and Chemistry*, 81: 672-678.
- 15- Ghiasvand, M., K. Rezayazdi, and M. Dehghan Banadaki. 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. *Journal of Animal Science Research*, 22: 93- 104. (In Persian)
- 16- Gray, k. A., L. S. Zhao, and M. Emptage. 2006. Bioethanol Current Opinion in Chemical Biology, 10: 141-146. 87
- 17- Iller, E., A. Kukeielka., H. Stupinska, and W. Mikolajczyk. 2002. Electron beam stimulation of the reactivity of cellulose pulps for production of derivatives. *Radiation Physics and Chemistry*, 63: 253-257.
- 18- Izdorczyk, M. S., L. J. Macri, and A. W. Macgregor. 1998. Structural and physicochemical properties of barley non-starch polysaccharides. Alkali extractable β -glucans and arabinoxylans. *Carbohydrate Polymer*, 35: 259-269.
- 19- Kasprzyk, H., K. Wichlacz, and S. Borysiak. 2004. The effects of gamma radiation on the supramolecular structure of pine wool cellulose *in situ* revealed by X-ray diffraction. *Journal of Polish Agricultural University*, 7 (1).
- 20- Kerley, M. S., K. A.Garleb., G. C. Fahey., L. L. Berger., K. J. Moore., G. Phillips and J. M. Gould. 1988.

- Effects of alkaline hydrogen peroxide treatment of cotton and wheat straw on cellulose crystallinity and on composition and site and extent of disappearance of wheat straw cell wall phenolics and monosaccharides by shep. *Journal of Animal Science*, 66: 3235-3244.
- 21- Kovalev, G. V., and L. T. Bugaenko. 2003. On the crosslinking of cellulose under exposure to radiation. *High Energy Chemistry*, 37: 209-215.
 - 22- Lam, T. B. T., K. Kadoya, and K. Iiyama. 2001. Bonding of hydroxycinnamic acids to lignin: ferulic and p-coumaric acids are predominantly linked at the benzyl position of lignin, not the b-position, in grass cell walls. *Phytochemistry*, 57: 987-992.
 - 23- Mark, D., S. Arthur., W. William., C. Kun., A. Mellony and S. Jessica. 2009. Electron beam irradiation of cellulose. *Radiation Physics and Chemistry*, 78: 539-542.
 - 24- Mehrez, A. Z, and E. R. Orskov. 1997. A study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. *Journal of Agricultural Science*, 88: 645-650.
 - 25- Mosir, N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y. Y. Lee, M. Holtzapple and M. Iadisch. 2005. Feature of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 96: 673-686.
 - 26- Nursel, P. 2004. Radiation crosslinking of biodegradable hydroxyl propyl methyl cellulose. *Carbohydrate Polymer*, 55: 139-147.
 - 27- Orskov, E. R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rumen rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92: 499-503.
 - 28- Radoslaw. A, and H. Mitomo. 2003. Radiation crosslinking of carboxy methyl cellulose of various degree of substitution at high concentration in aqueous solutions of natural pH. *Radiation Physics and Chemistry*, 42: 695.
 - 29- Sarnklong, C., J. W. Cone, W. Pellikaan and W. H. Hendriks. 2010. Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: A Review. *Asian- Australian Journal of Animal Science*, 23: 680-692.
 - 30- SAS, 2003: SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC, USA.
 - 31- Shahbazi, H. R., A. A. Sadeghi, H. Fazaeli, G. Raisali, M. Chamani and P. Shawrang. 2008. Effects of electron beam irradiation on ruminal NDF and ADF degradation characteristics of barley straw. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7: 464-468.
 - 32- Shawrang, P., A. A. Sadeghi, and J. Ahmadpanah. 2013. Ruminal degradation kinetics of wheat straw irradiated by high doses of electron beam. *Journal of Applied Animal Science*, 3: 25-29.
 - 33- Smith, P. A., M. V. Sheely, S. J. Hakspiel, and S. Miller. 2003. Volatile organic compounds produced during irradiation of mail. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 64: 189-195.
 - 34- Sun, R., J. Tomkinson, F. C. Mao and X. F. Sun. 2000. Physicochemical characterization of lignin from rice straw by hydrogen peroxide treatment. *Journal of Applied Polymer Science*, 79: 719-732.
 - 35- Sun, Y, and J. Y. Cheng. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*, 83: 1-11.
 - 36- Yang, C. P., Z. Q. Shen, G. C. Yu and J. L. Wang. 2008. Effect and aftereffect of γ - radiation pretreatment on enzymatic hydrolysis of wheat straw. *Bioresource. Technology*, 99: 6240-6245.
 - 37- Yang, I., J. Cao, Y. Jin, H. M. Chang, H. Jameel, R. Phillips and Z. Li. 2012. Effect of sodium carbonate pretreatment on chemical compositions and enzymatic saccharification of rice straw. *Bioresource Technology*, 124: 283-291.
 - 38- Tahan, Gh., M. H. Fathi Nasri, A. Riasi, M. Behgar and H. Farhangfar. 2012. The effect of electron beam irradiation on degradability parameters and ruminal and post-ruminal digestibility of Dry matter and crude protein of some plant protein resources and after of dry matter and crude protein some protein sources. *Journal of Animal Science Research*. 4: 422-434. (In Persian)
 - 39- Tang, S. X., K. Q. Wang, Z. H. Cong, M. Wang, X. F. Han, C. S. Zhou, Z. L. Tan and Z. H. Sun. 2012. Changes in chemical composition and in vitro fermentation characters of rice straw due to gamma irradiation. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2: 459-462.
 - 40- Vahni, P., A. A. Naserian, J. Arshami, R. Vali Zadeh and H. Nasiri Moghadam. 2006. Determination the nutritional value of pistachio by-products and its application in Holstein dairy cows nutrition during mid-lactation. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20: 201-209. (In Persian)
 - 41- Wasikiewicz, J. M., F. Yoshii, N. Nagasawa, R. A. Wach and H. Mi-tomo. 2005. Degradation of chitosan and sodium alginate by gamma radiation, sonochemical and ultraviolet methods. *Radiation Physics and Chemistry*, 73: 287-295.

Effects of processing with electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid on the nutritional value of vetch wastes

M. Babayi¹- F. Ghanbari^{2*}- A. M. Gharehbash²- J. Bayat Kouhsar²

Received: 08-06-2015

Accepted: 28-05-2016

Introduction Recently, considering the fact that access to high quality feed stuffs is limited, using agricultural by-products in animal nutrition has taken to consideration. Effective use of these products as alternative energy source for ruminant feeding is important for economical and environmental reasons. Major limitation for using agricultural by-products as ruminant feed stuffs is their low digestibility because of cellulose crystallinity and close physical association between structural carbohydrates and lignin. Physical (soaking, milling and steaming), chemical (alkaline, acidic and oxidative agents), and biological (enzymes, white rot fungi and mushroom) processing methods have been used extensively to break down lignocellulose structure of crop residues. Irradiation is another physical processing because of its effectiveness without any side effects on environment. The concept of feedstuff irradiation refers to using ionizing radiations of gamma ray (GR) or electron beam (EB). The purpose of the present study was to determine the effects of EB, hydrobromic acid (HBr) and hydrogen peroxide (H₂O₂) on the chemical composition and ruminal degradability of vetch wastes.

Materials and method Vetch wastes were prepared from Fars province farms. For the EB processing, samples were subjected to 10 MeV EB of Rhodotron accelerator to doses of 150 and 200 kGy. Irradiated and unirradiated samples were sprayed with HBr and H₂O₂. 60 ml HBr diluted in 250 ml distilled water /kg of dry matter (DM). In order to processing with H₂O₂, first the samples pretreated with sodium hydroxide (NaOH, 80 g/kg DM) to attain and maintain a pH of 11.5, then 132 ml H₂O₂ (purity: 35%) were added. Treated samples were then placed into plastic bags, tied up and stored under anaerobic conditions for 18 days. Then the bags were opened and samples dried by exposure to air. Chemical composition of the samples was determined using the standard methods. Ruminal degradability trial was carried out by the nylon bag technique. Crystallinity degree of the samples was investigated through X-ray diffraction (XRD) technique. The resulting data of the study were analyzed by the SAS software.

Results and Discussion Processing was effective on the chemical composition of the vetch wastes ($P < 0.05$). All treatments increased the ash, but decreased the organic matter (OM). Crude protein (CP) was increased by HBr, EB (150 and 200 kGy) and HBr+EB (150 kGy). Treatments reduced the crude fiber (CF) content. The most decrease was observed in EB (150 kGy) treatment. Decrease of CF in agricultural residues by irradiation treatment could be a result of degradation of cellulose and hemicellulose into soluble materials. It is found that under irradiation, cell wall constituents undergo degradation, which is due to the breaking off the glucosidal bond and modification in their structures. Modification may be due to several factors that finally lead to the opening of the anhydroglucose ring.

Processing led to an increase of effective rumen degradability (ERD) of DM at outflow rates of 0.02, 0.05 and 0.08 h⁻¹ ($P < 0.05$). EB (150 and 200 kGy) and the combination of EB with the chemical compounds had the greatest effect on increasing this trait. By examining XRD pattern, it was revealed that all the treatments led to a reduction in crystallinity degree of vetch wastes samples. It is demonstrated that the use of alkaline H₂O₂, which leads to degradation and solubilisation of lignin, greatly improved cellulose digestibility of agricultural residues. Furthermore the increases reported for CF degradability by HBr could be attributed to a decrease in cell-wall constituents or in lignocellulosic materials, which was probably matched by an increase in the more soluble and easily-digestible forms of carbohydrates. The improvement in the effective degradability of the CF with irradiation is likely to be due to a combination of the decreased particle size increasing the surface area exposed for microbial attachment, the alteration in the chemical composition (especially the reduction in the CF content), depolymerization and the composition of the cellulose and hemicelluloses, and serious weakening of the cellulosic fiber. A reduction in crystallinity of the cellulose is another reason for the increasing degradability of

1- MSc. Graduated, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University,

2- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University.

(*-Corresponding Author Email: farzadghanbari1976@gmail.com)

the processed samples

Conclusion Totally, the results of this research showed that processing was effective on the improvement of vetch wastes nutritional value. Treatments EB, HBr and their combination had a greater effect on chemical composition and degradability parameters of DM.

Key word: Electron beam, Hydrobromic acid, Hydrogen peroxide, Nutritional value, Vetch waste.