

## تعیین ارزش غذایی کاه جو پرتوتابی شده با بیم الکترونی

نرگس طباطبایی<sup>۱</sup>، محمدحسن فتحی نسری<sup>۲\*</sup>، همایون فرهنگ‌فر<sup>۳</sup> و احمد ریاسی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سابق گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند، ۲- دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند،

۳- استاد گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند و ۴- دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه صنعتی اصفهان

\*نویسنده مسئول: hfathi@birjand.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۱۹

### چکیده

در این مطالعه اثر پرتوتابی الکترونی با دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک کاه جو مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش درون کیسه‌ای، مقدار ۵ گرم از نمونه‌ی آسیاب شده (با شش تکرار) به مدت ۰، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در شکمبه‌ی دو رأس تلیسه‌ی هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای انکوبیت شد و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک برآورد شد. سپس برای تعیین گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک از انکوباسیون ۱۶ ساعته نمونه‌های خوراکی در شکمبه و انکوباسیون در دستگاه شبیه ساز هضم دیزی استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. بر اساس نتایج این تحقیق، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در اثر پرتوتابی به لحاظ عددی کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود؛ اما فیبر نامحلول در شوینده خنثی نمونه‌های پرتوتابی شده نسبت به نمونه خام به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در اثر پرتوتابی افزایش یافت و این افزایش در دوز پرتوتابی ۲۰۰ کیلوگری معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) بود. گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده خشک و گوارش پذیری ماده‌ی خشک در کل دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). نتایج این پژوهش نشان داد پرتوتابی الکترونی نقش مؤثری در بهبود ارزش غذایی و گوارش پذیری کاه جو دارد، لیکن با توجه به عدم تفاوت بین دوزهای پرتوتابی، دوز ۲۰۰ کیلوگری قابل توصیه است. کلمات کلیدی: کاه جو، بیم الکترونی، تجزیه پذیری شکمبه‌ای، گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای

## مقدمه

غلاتی مانند جو به طور وسیعی برای تولید دانه کاشته می‌شوند و مقادیر فراوانی کاه با میزان دیواره سلولی بالا و گوارش پذیری پایین پس از برداشت دانه بدست می‌آید. کاه غلات گروه بزرگی از محصولات فرعی هستند که می‌توانند نقش مهمی در تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها داشته باشند و استفاده از آنها به عنوان خوراک دام در کشورهای در حال توسعه رایج است ولی به دلیل وجود ساختمان لیگنوسلولزی، تجزیه‌ی دیواره سلولی توسط آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌های شکمبه به کندی انجام می‌شود. از طرفی گوارش پذیری پایین کاه موجب کاهش مصرف خوراک و بروز مشکل در تأمین احتیاجات غذایی دام می‌شود. وجود پیوندهای محکم و نفوذناپذیر بین اجزای دیواره سلولی، عامل اصلی پایین بودن ارزش غذایی کاه‌ها محسوب می‌شود (عبداللهی و همکاران، ۱۳۸۷). کاه جو یکی از فرآورده‌های فرعی حاوی مقادیر زیاد فیبر و لیگنین می‌باشد که از قابلیت هضم پایینی برخوردار است. از این محصول برای تولید کمپوست، قارچ، کاغذ و مقوا و در جهت افزایش مواد آلی خاک و کاهش فرسایش خاک استفاده می‌شود.

از ویژگی‌های بارز نشخوارکنندگان، توانایی آنها در استفاده از مواد خشبی و ضایعات کشاورزی غیر قابل مصرف انسان است (المصری و زرقاوی، ۱۹۹۴). برای هضم کامل و مؤثر این مواد، ماندگاری طولانی آنها در شکمبه الزامی است لیکن هرچه زمان ماندگاری مواد خوراکی در شکمبه بیشتر باشد مقدار ماده خشک مصرفی و در نتیجه تولید دام کاهش می‌یابد. هرچند که با توجه به کمبود علوفه و افزایش قیمت آن در کشور مصرف کاه جو و کاه سایر غلات به عنوان بخشی از مواد فیبری جیره‌ی غذایی دام‌ها به ویژه در مناطق خشک که دسترسی کمتری به علوفه مرغوب دارند مرسوم است، ولی به دلیل قابلیت تجزیه‌پذیری و ضریب هضم بسیار پایین آنها لازم است با اعمال روش‌های مختلف عمل‌آوری مبادرت به حذف لیگنین، کاهش دیواره‌ی سلولی و افزایش سطح دسترسی مواد مغذی برای فعالیت آنزیم‌های میکروبی نمود. بدین منظور از روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی استفاده شده است (شورنگ و همکاران، ۱۳۸۷). از جمله روش‌های فیزیکی مورد استفاده جهت کاهش و تغییر ساختار دیواره‌ی سلولی مواد خشبی پرتوتابی با اشعه‌ی گاما و بیم الکترونی است. پرتوتابی با در هم شکستن لیگنین، دپلمیراسیون کریستال‌های سلولز و تجزیه همی‌سلولز به اجزای محلول، موجب افزایش تجزیه‌پذیری این مواد می‌شود. همچنین به علت آن که پرتوتابی باعث بالا رفتن دمای ماده خوراکی نمی‌شود، کاهش

کیفیت مواد مغذی در اثر پرتوتابی بسیار کمتر از سایر روش‌های عمل‌آوری است (المصری و زرقاوی، ۱۹۹۴).

یکی از مزایای استفاده از پرتوتابی سرعت و سهولت کاربرد آن به عنوان یک روش عمل‌آوری مواد خوراکی است. گزارش شده که استفاده از بیم الکترونی به دلیل آلودگی زیست محیطی کمتر و زمان پرتوتابی بسیار کوتاه نسبت به پرتوتابی گاما ارجحیت دارد (تقی نژاد و همکاران، ۲۰۰۹). در ایران نیز در پژوهشکده‌ی پرتو فرآیند یزد، پرتوتابی مواد خوراکی با اشعه‌ی گاما و بیم الکترونی عملیاتی شده است. انرژی منتقل شده توسط این پرتوها سبب شکستن پیوند بین همی‌سلولز و سلولز و همچنین پیوندهای بین این دو پلیمر با لیگنین در دیواره‌ی سلولی گیاه می‌شود به طوری که پیوندهای غیر کوالانسی به دلیل گرفتن انرژی لازم، شروع به سست شدن کرده و نهایتاً این پرتوها سبب دپلمیریزه شدن کربوهیدرات‌های ساختمانی و تبدیل آنها به ملکول‌های با وزن کمتر می‌شوند. بنابراین دیواره سلولی نامحلول بر اثر پرتوتابی به شکل تا حدی محلول در آمده و از بخش غیر قابل تجزیه و بخش کند تجزیه وارد بخش سریع تجزیه می‌شود (صادقی و شورنگ، ۱۳۸۶). هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثر بیم الکترونی بر ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک کاه جو بود. علت انتخاب کاه جو در مقابل کاه گندم که استفاده از آن رایج‌تر است، انجام تحقیقات کمتر در زمینه تأثیر انواع پرتوتابی بر روی آن بود.

## مواد و روش‌ها

برای پرتوتابی کاه جو، سه نمونه ۷۵۰ گرمی از این خوراک در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی گردید و به منظور پرتوتابی در سه سطح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری<sup>۱</sup> به مرکز پرتو فرآیند یزد ارسال شد. بعد از پرتوتابی، مقداری از نمونه‌ها با آسیاب<sup>۲</sup> مجهز به غربال ۲ میلیمتری با سرعت چرخش ۳۰۰۰ دور بر دقیقه آسیاب شدند. ترکیب شیمیایی نمونه‌ها طبق روش‌های پیشنهادی AOAC (۱۹۹۵) تعیین گردید. برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک نمونه‌ها، از دو رأس تلیسه هلشتاین (با وزن  $400 \pm 20$ )

1- Kilo Gray

۲- آسیاب چکشی (مدل IKA MF 10)

برای تعیین گوارش پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، چهار نمونه پنج گرمی از نمونه‌ی خوراک به مدت ۱۶ ساعت در شکمبه انکوباسیون شد و مقدار ماده خشک ناپدید شده برای هر نمونه محاسبه گردید. گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده خشک توسط دستگاه شبیه ساز هضم دیزی<sup>۱</sup> تعیین شد. بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم از نمونه هضم نشده در شکمبه (پس از ۱۶ ساعت انکوباسیون) داخل کیسه‌های پلی‌استر با اندازه‌ی منافذ ۵۰ میکرومتر و با ابعاد ۵×۵ سانتیمتر ریخته شد و سپس کیسه‌ها به مدت یک ساعت داخل محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و پیپسین در دمای ۳۹ درجه سانتیگراد در بطری‌های دستگاه قرار داده شدند. پس از این مدت، کیسه‌ها با آب سرد شسته شده و به مدت ۲۴ ساعت در محلول پانکراتین ۰/۵ مولار (بافر منوپتاسیم فسفات در pH استاندارد) و دمای ۳۹ درجه سانتیگراد انکوباسیون شدند. سپس کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون (با دمای ۵۵ درجه‌ی سانتیگراد) خشک شدند و گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده خشک از اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون در دستگاه محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌های مربوط به گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک با نرم‌افزار آماری SAS و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح ۰/۰۵ انجام شد (استیل و توری، ۱۹۸۰).

## نتایج و بحث

### ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی کاه جو خام و پرتو تابی شده در جدول (۱) نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، میزان ماده خشک، پروتئین خام، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی، کلسیم و فسفر در اثر پرتو تابی تغییر معنی داری نکرد. میزان خاکستر در اثر پرتو تابی افزایش معنی دار (به جز دوز ۳۰۰ کیلوگری) پیدا کرد (P<۰/۰۵) که با نتایج عظیم و همکاران (۲۰۰۹)، در زمینه‌ی تأثیر اشعه‌دهی گاما بر دو نوع دانه بادام زمینی در دوز ۲ کیلوگری و ازدن و ارکان (۲۰۱۰)، در رابطه با اثر اشعه گاما (دوزهای ۲/۵ و ۵ کیلوگری) بر ماهی خاردار موافق بود.

کیلوگرم) مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. هر یک از حیوانات از یک هفته قبل از انجام آزمایش با جیره حاوی ۱/۸ کیلوگرم یونجه خشک، ۱/۸ کیلوگرم کنسانتره، ۰/۵ کیلوگرم ذرت سیلویی و ۱/۸ کیلوگرم کاه جو (بر حسب ماده خشک) در سطح نگهداری به صورت جیره کاملاً مخلوط در دو نوبت صبح و عصر در ساعت‌های ۶:۰۰ و ۱۸:۰۰ تغذیه شدند. اجزاء کنسانتره شامل ۳۵ درصد دانه جو، ۱۸ درصد دانه ذرت، ۱۰ درصد کنجاله سویا، ۱۵ درصد کنجاله کلزا، ۱۱/۵ درصد سبوس گندم، ۷ درصد ملاس، ۱ درصد مکمل معدنی-ویتامینی، ۲ درصد پودر صدف و ۰/۵ درصد نمک (بر حسب ماده خشک) بود. حیوانات به طور انفرادی نگهداری و تغذیه می‌شدند. پنج گرم کاه جو آسیاب شده (پرتو تابی نشده و پرتو تابی شده در سه سطح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری) داخل کیسه‌هایی از جنس پلی‌استر با اندازه‌ی منافذ ۵۰ میکرومتر و ابعاد ۱۶×۱۰ سانتیمتر ریخته شده (سه کیسه به ازای هر نمونه در هر دام) و به مدت ۰، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در شکمبه انکوبیت شدند. کیسه‌ها پس از خروج از شکمبه با آب سرد شستشو داده شدند تا آب زلال از آنها خارج شد. سپس تمام کیسه‌ها در آون (دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت) خشک شدند و میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک با توجه به اختلاف مقدار ماده خشک نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون محاسبه گردید. جهت تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک از معادله پیشنهادی ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) استفاده شد و برازش داده‌ها با مدل زیر با استفاده از Proc NLIN نرم افزار آماری SAS (۱۹۹۶) انجام شد.

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

که در این معادله، P مقدار ناپدید شدن ماده خشک در شکمبه، a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه و t زمان انکوباسیون در شکمبه (ساعت) است. تجزیه پذیری مؤثر شکمبه‌ای نمونه‌ها با استفاده از معادله زیر و با در نظر گرفتن نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت محاسبه شد.

$$ED = a + \{(b \times c)/(c + k)\}$$

که در این معادله ED تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای، a، b و c همان اجزای فرمول قبل و k ثابت نرخ عبور مواد از شکمبه (در ساعت) است.

همکاران، ۲۰۰۵؛ آسلندر و همکاران، ۲۰۰۲). هان و همکاران (۱۹۸۳) گزارش کردند که پرتوتابی با اشعه‌ی گاما در دوزهای بالاتر از ۱۰ مگارد<sup>۱</sup> ساختار فیبری باگاس نیشکر را تغییر داده و باعث تجزیه بیشتر همی سلولز نسبت به سلولز و لیگنین شد. ابراهیم و پیرس (۱۹۸۳) کاهش در فیبرخام، فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی را در گاه جو پرتوتابی شده با ۱ مگاگری اشعه گاما گزارش کردند. در مطالعه‌ی ابراهیم و پیرس (۲۰۰۳)، نمونه‌های گاه جو، گاه نخود، باگاس نیشکر، پوسته‌ی آفتابگردان و خاک اره کاج با دوزهای ۱۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ مگارد اشعه گاما عمل‌آوری شدند. نتایج نشان داد پرتوتابی در سطح ۱۰ مگارد باعث تغییرات اندکی در ساختار و مقدار فیبر نمونه‌ها شد اما پرتوتابی در سطح ۱۰۰ مگارد و بیشتر، کاهش قابل توجهی در ترکیبات فیبری را سبب شد.

شورنگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که میزان الیاف باگاس نیشکر در اثر پرتوتابی الکترونی (۲۵۰ تا ۵۰۰ کیلوگری) کاهش یافت. سانیدی و کارایوانو (۱۹۷۷)، دلیل کاهش میزان الیاف علوفه یونجه، گاه غلات و چوب ذرت در اثر پرتوتابی گاما را دپلمریزاسیون و دلیگنیفیکاسیون گزارش کردند. کاهش در بلورینگی سلولز دلیل دیگری برای افزایش هیدرولیز باگاس پرتوتابی شده با بیم الکترونی در شکمبه ذکر شده است (شورنگ و همکاران، ۲۰۱۲). گرالاک و همکاران (۱۹۸۹) نیز نشان دادند که پرتوتابی با اشعه گاما نمونه‌های گاه گندم و گاه تریتیکاله به طور معنی داری میزان فیبر نامحلول در شوینده‌ها را کاهش داد. فلاچوسکی و همکاران (۱۹۹۰) اثر پرتوتابی خاک اره کاج و پوست درخت‌های مختلف کاج را با اشعه‌ی گاما در دوزهای صفر، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگری مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که اشعه گاما فیبر نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی را در تمامی این بقایا کاهش داد و باعث افزایش معنی‌دار ناپدید شدن شکمبه‌ی ماده خشک آنها شد و دلیل آن را افزایش حلالیت و شکسته شدن ترکیبات دیواره سلولی گزارش نمودند.

همچنین در گزارش یلسین و همکاران (۲۰۱۱)، میزان خاکستر نمونه‌های دانه کتان پرتوتابی شد به طور معنی داری با افزایش دوز پرتوتابی (۲/۵، ۴/۰، ۵/۵ و ۷/۵ کیلوگری) افزایش یافت. در این تحقیق دلیل این افزایش به کاهش در میزان روغن و پروتئین دانه کتان پرتوتابی شده نسبت داده شده است؛ گرچه گزارشی درباره اثر بیم الکترونی بر تغییر میزان خاکستر گاه جو در منابع علمی یافت نشد لیکن دلیل افزایش خاکستر در نمونه‌های پرتوتابی شده در آزمایش حاضر نیز می‌تواند کاهش معنی دار فیبر نامحلول در شوینده خنثی باشد که سبب شده است سهم بخش خاکستر در ماده خشک افزایش یابد. گراهام و همکاران، (۲۰۱۲) گزارش کردند که میزان ماده خشک گاه جو در اثر افزایش زمان اشعه‌دهی ماکروویو (۰ تا ۸۰ ثانیه) تغییر معنی‌داری نداشت. این محققان دلیل این موضوع را میزان بسیار پایین رطوبت گاه جو ذکر کردند. بنابراین اثر اشعه ماکروویو بر حذف آب به خصوص آب درون سلولی و درون مولکولی دیواره سلولی بسیار محدود است. فیبر نامحلول در شوینده‌ی اسیدی نیز در اثر پرتوتابی به لحاظ عددی کاهش یافت اما میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی گاه جو پرتوتابی شده نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). با توجه به این که فیبر نامحلول در شوینده خنثی در اثر پرتوتابی کاهش معنی داری یافته ولی کاهش فیبر نامحلول در شوینده اسیدی معنی دار نبوده می‌توان دریافت احتمالاً پرتوتابی بیشتر بر همی سلولز اثر گذاشته است (آلبرتی و همکاران، ۲۰۰۵).

همچنین میزان همی سلولز در این تحقیق با افزایش دوز پرتوتابی به طور معنی داری کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). استیپانویک و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که پرتوتابی الکترونی باعث کاهش سلولز بلورین، حذف کامل همی سلولز و کاهش اتصال آنها با لیگنین می‌شود. پرتوتابی الکترونی با تولید یون‌ها و رادیکال‌های آزاد، سبب شروع واکنش‌های بیولوژیکی در دمای محیط و فشار معمولی اتمسفر به ویژه جداسازی پیوندهای هیدروژنی در ساختمان سلولز و شکستن پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات می‌شود. از آنجایی که فیبر نامحلول در شوینده‌ی خنثی شامل پکتین، کوتین، همی سلولز و سلولز است بنابراین علت کم شدن این بخش در اثر پرتوتابی با بیم الکترونی، احتمالاً حل شدن سلولز و حل شدن بیشتر همی سلولز (بر اثر آزاد شدن آن از سلولز) بوده است (آلبرتی و

1- هر مگارد معادل ۱۰ کیلوگری است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کاه جو خام و پرتوتابی شده

سطح معنی داری	اشتباه معیار	دوز پرتوتابی (کیلوگری)				ترکیب شیمیایی
		۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	صفر	
-	-	۹۴/۴	۹۴/۸	۹۵/۱	۹۴/۷	ماده خشک (درصد)
غیرمعنی دار	۰/۱۷	۵/۶	۵/۶	۵/۲	۵/۲	پروتئین خام (درصد ماده خشک)
غیرمعنی دار	۱/۱۹	۳۶/۹	۳۵/۷	۳۶/۸	۳۹/۵	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)
۰/۰۴	۱/۳۷	۵۳/۷ <sup>c</sup>	۵۶/۵ <sup>bc</sup>	۶۱/۸ <sup>b</sup>	۶۹/۷ <sup>a</sup>	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)
۰/۰۴	۱/۶۰	۱۶/۸ <sup>b</sup>	۲۰/۸ <sup>b</sup>	۲۵/۱ <sup>ab</sup>	۳۰/۳ <sup>a</sup>	همی سلولز (درصد ماده خشک)
۰/۰۴	۰/۴۳	۱۵/۳ <sup>ab</sup>	۱۷/۴ <sup>a</sup>	۱۷/۶ <sup>a</sup>	۱۴/۸ <sup>b</sup>	خاکستر (درصد ماده خشک)
غیرمعنی دار	۰/۶۱	۱/۸	۲/۲	۱/۸	۱/۶	کلسیم (درصد ماده خشک)
غیرمعنی دار	۰/۰۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	فسفر (درصد ماده خشک)

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار آماری است.

### فراسنجه‌های تجزیه پذیری شکمبه‌ای و تجزیه پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک

نتایج مربوط به فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک کاه جو خام و پرتوتابی شده در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس این نتایج، بخش‌های سریع تجزیه و کند تجزیه در اثر پرتوتابی افزایش عددی پیدا کرد. علت این افزایش احتمالاً لیگنین زدایی، دپلی‌مریزه شدن و شکسته شدن پیوندهای کوالانسی و تغییر در ساختار سلولز بلوری در این سطح پرتوتابی بوده که نتیجه‌ی نهایی آن قابل حل شدن ترکیبات دیواره‌ی سلولی بوده است. بنابراین احتمالاً سلولز و همی‌سلولز نامحلول بر اثر پرتوتابی به شکل محلول در آمده و از بخش غیر قابل تجزیه وارد بخش سریع تجزیه شده‌اند (صادقی و شورنگ، ۱۳۸۶). ثابت نرخ تجزیه ماده خشک فقط در اثر پرتوتابی در دوز ۲۰۰ کیلوگری نسبت به کاه جو پرتوتابی نشده افزایش یافت که البته این افزایش نیز از نظر آماری معنی دار نبود. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک در اثر پرتوتابی در دوز ۲۰۰ کیلوگری (در نرخ‌های عبور ۰/۰۵ و ۰/۰۸) به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). با توجه به تاثیر پرتوتابی بر کاهش معنی دار میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی در آزمایش حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که پرتوتابی الکترونی باعث حل شدن و کاهش سلولز بلورین و حذف کامل همی‌سلولز (از ۳۰/۲ به ۱۶/۸ درصد) می‌شود. کاهش معنی‌دار در وزن ملکولی سلولز با افزایش دوز پرتوتابی توسط چارلسبی (۱۹۹۵) نیز گزارش شده است. دپلی‌مریزه شدن تصادفی و تجزیه سلولز و همی‌سلولز در طی پرتوتابی الکترونی دلیل مهمی برای افزایش گوارش پذیری و تجزیه‌پذیری لیاف می‌باشد. در اکثر آزمایشات انجام شده نیز

نتایج مشابهی به دست آمده و پرتوتابی گاما و الکترونی، سبب افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک شده است. در گزارش شهبازی و همکاران (۱۳۸۸) تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی در نرخ‌های عبور مواد از شکمبه (۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت) به طور خطی با افزایش دوز پرتوتابی افزایش یافت.

طبق نتایج اکبریان و همکاران (۲۰۱۰) پرتوتابی بیم الکترونی (با دوز تابش ۶۳۰ کیلوگری)، سبب افزایش بخش سریع تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه سویا شد. علت برخی اختلافات بین نتایج این محققین با نتایج مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل اختلاف در مقادیر پرتوتابی و نوع آن بوده است. شورنگ و همکاران (۲۰۱۳)، تفاوت بین نتایج مطالعات مختلف را به تفاوت در وارپته‌های کاه و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن‌ها از قبیل نسبت برگ به ساقه، اندازه ذرات و شرایط شکمبه و حیوان نسبت داد. در آزمایش طحان و همکاران (۱۳۹۰) بخش سریع تجزیه ماده خشک کنجاله کلزا در اثر پرتوتابی الکترونی (دوز ۱۵۰ کیلوگری) افزایش یافت که علت افزایش این بخش را کاهش فیبرهای نامحلول در شوینده‌ها در اثر پرتوتابی بیان کردند.

جدول ۲- فراسنجه‌های تجزیه پذیری شکمبه‌ای و تجزیه پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک کاه جو خام و پرتوتابی شده

دوز پرتوتابی (کیلوگری)	فراسنجه‌های تجزیه پذیری <sup>۱</sup>			تجزیه پذیری مؤثر	
	a	b	c	ثابت نرخ عبور (در ساعت)	
صفر	۰/۱۸	۰/۵۰	۰/۰۱۶	۰/۰۵	۰/۰۸
۱۰۰	۰/۲۲	۰/۷۸	۰/۰۱۱	۰/۳۰ <sup>b</sup>	۰/۳۶ <sup>b</sup>
۲۰۰	۰/۲۰	۰/۶۷	۰/۰۲۳	۰/۳۸ <sup>a</sup>	۰/۳۳ <sup>a</sup>
۳۰۰	۰/۲۰	۰/۷۶	۰/۰۱۴	۰/۳۶ <sup>ab</sup>	۰/۳۰ <sup>ab</sup>
اشتباه معیار	۰/۰۱۱	۰/۰۸۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹
سطح معنی داری	غیر معنی دار	غیر معنی دار	غیر معنی دار	غیر معنی دار	۰/۰۱

۱. a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه و c ثابت نرخ تجزیه. حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار آماری است.

### گوارش پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده‌ی خشک

نتایج مربوط به گوارش پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده‌ی خشک کاه جو خام و پرتوتابی شده در جدول (۳) ارائه شده است. گوارش پذیری شکمبه‌ای در اثر پرتوتابی تغییر معنی داری نکرد که دلیل آن طبق نتایج حاصله احتمالاً این بوده است که بخش با پتانسیل تجزیه ماده خشک افزایش یافته ولی سرعت تجزیه (ثابت نرخ تجزیه) ماده خشک تغییر معنی داری نداشته است اما گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده‌ی خشک هضم نشده در شکمبه و گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش به طور معنی داری در اثر پرتوتابی افزایش یافت ( $P < 0/05$ ). پرتوتابی، یک روش فیزیکی جهت بهبود ارزش تغذیه‌ای و گوارش پذیری مواد خوراکی، به دلیل اثرات آن بر پیوندهای لیگنوسلولزی می‌باشد. از آنجایی که کاه جو دارای مقادیر زیادی از ترکیبات دیواره سلولی است و پرتوتابی باعث شکستن پیوندهای هیدروژنی بین سلولز و

همی سلولز و پیوندهای لیگنوسلولزی و افزایش تجزیه پذیری دیواره سلولی می‌شود و بین مقدار فیبر نامحلول در شوینده‌ها و هضم مواد خوراکی رابطه عکس وجود دارد علت افزایش گوارش پذیری بعد شکمبه‌ای و گوارش پذیری کل دستگاه گوارش کاه جو در اثر پرتوتابی را می‌توان افزایش در گوارش پذیری شکمبه ای کاه جو پرتوتابی شده (گرچه این افزایش به لحاظ عددی مشاهده شد) و کاهش میزان فیبر نامحلول در شوینده‌ها ذکر کرد. گزارشات متعددی در مورد افزایش گوارش پذیری بقایای مختلف کشاورزی در بخش‌های مختلف دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی وجود دارد. هان و همکاران (۱۹۸۳) نشان دادند که حلالیت و گوارش پذیری ماده خشک باگاس نیشکر با دوز ۵۰۰ کیلوگری پرتو گاما افزایش یافت. پرتوتابی الکترونی در دوزهای ۸۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگری، سبب تغییر معنی داری در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و گوارش پذیری پسماندهای فیبری باگاس نیشکر شد (ویتی و ماسترو، ۱۹۹۸).

جدول ۳- گوارش پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک کاه جو خام و پرتوتابی شده

سطح معنی داری	دوز پرتوتابی (کیلوگری)				
	صفر	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	اشتباه معیار
گوارش پذیری شکمبه‌ای	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۰۳۸
گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده‌ی خشک هضم نشده در شکمبه	۰/۰۹ <sup>b</sup>	۰/۰۸ <sup>b</sup>	۰/۱۰ <sup>a</sup>	۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۶
گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش	۰/۳۶ <sup>c</sup>	۰/۳۹ <sup>b</sup>	۰/۴۴ <sup>a</sup>	۰/۴۳ <sup>a</sup>	۰/۰۰۴

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار آماری است.

## نتیجه‌گیری

ارزش غذایی و گوارش پذیری این خوراک داشت لیکن با توجه به عدم تفاوت بین دوزهای پرتوتابی ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری، دوز ۲۰۰ کیلوگری قابل توصیه است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد بیم الکترونی سبب کاهش میزان دیواره سلولی کاه جو شد و نقش مؤثری در بهبود

## منابع

- شورنگ، پ.، نیکخواه، ع.، صادقی، ع.، زارع، ا.، رئیسعلی، غ. ر. و مرادی شهریابک، م.، ۱۳۸۷. اثرات پرتو تابی گاما بر تجزیه پذیری شکمبه‌ای و گوارش پذیری روده‌ای پروتئین کنجاله منداب. نشریه علوم دامی ایران. شماره ۳۹ (۱)، صفحات ۱۳۷-۱۴۶.
- شهبازی، ح. ر.، صادقی، ع. ا.، فضائی، ح.، رئیس علی، غ. ر. و چمنی، م.، ۱۳۸۸. اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۴۷ (ب)، صفحات ۴۸۵-۴۹۳.
- طحان، ق.، فتحی نسری، م. ح.، ریاسی، ا.، بهگر، م. و فرهنگ‌فر، ه.، ۱۳۹۰. اثر پرتوتابی الکترونی بر تجزیه‌پذیری و گوارش پذیری شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین برخی منابع پروتئینی گیاهی. مجله پژوهش‌های علوم دامی ایران. جلد ۳. شماره ۴. صفحات ۴۲۲-۴۳۴.
- صادقی، ع. و شورنگ، پ.، ۱۳۸۶. اثرات پرتو تابی گاما و بیم الکترونی بر روند تجزیه پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه گندم و یونجه خشک. دومین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. کرج، صفحات ۴۵-۴۲.
- عبداللهی، ض.، شاه حسینی، غ. و کفیل زاده، ف.، ۱۳۸۷. استفاده از اشعه دهی گاما برای افزایش ارزش غذایی بقایای زراعی مورد استفاده در تغذیه دام. دومین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. بخش پوستر. ۷ص.
- Akbarian, A., Ghorbani, G., Khorvash, M., Showrang, P., Dehghan-Banadaky, M. and Jafari, M., 2010. Production response of Holstein lactating cows to roasted or electron beam irradiated whole soybean. *Journal of Animal Science* 88, ESuppl. 2/J. Dairy Science 93, E-Suppl. 1/Poult. Science 89, E-Suppl. 1. pp. 441.
- Alberti, A., Bertini, S. and Gastaldi, G., 2005. Electron beam irradiated textile cellulose fibres. *ESR Studies and derivatisation with glycidyl Methacrylate (GMA)*. *Journal of European Polymer*. 41: 1787-1797.
- Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M., 1994. Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*. 44: 661-663.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Auslender, V.L., Ryazantsev, A. A. and Spiridonov, G. A., 2002. The use of electron beam for solution of some ecological problems in pulp and paper industry. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*. 63: 641-645.
- Azim, A.M., Shireen, E.A. and Gamma, A.M., 2009. Effect of gamma irradiation on the physico-chemical characteristics of groundnut (*Arachis Hypogaea*). *Journal of Basic and Application Science*. 3: 3. 2856-2860.
- Charlesby, A., 1995. Degradation of Cellulose by Ionizing Radiation. *Journal of Polymolecul Science*. 15: 263-270.
- Flachowsky, G., Bar, M., Zuber S. and Tiroke, K., 1990. Cell wall content and rumen dry matter disappearance of  $\gamma$ -irradiated wood by-products. *Journal of Biological wastes*. 34: 3. 181-189.
- Gralak, M.A., Krasicka, B. and Kulasek, G., 1989. The effect of gamma radiation on digestibility of cane bagasse. 20th Annual Meeting of European Society of Nuclear Methods in Agriculture (ESNA). Wageningen, The Netherlands, p. 63.
- Han, Y.W., Catalano, E.A. and Ciegler, A., 1983. Chemical and physical properties of sugarcane bagasse irradiated with gamma rays. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 31: 1 34-38.
- Ibrahim, M.N.M. and Pearce, G.R., 1983. Effects of chemical treatments combined with high-pressure steaming on the chemical composition and in vitro digestibility of crop by-products. *Journal of Agricultural Wast*. 7: 235-250.
- Ibrahim, M.N.M. and Pearce, G.R., 2003. Effects of gamma irradiation on the composition and in vitro digestibility of crop by-products. *Journal of Agricultural Wast*. 2: 4. 253-259.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*. 92: 499-503.
- Ozden, O. and Erkan, N., 2010. Impacts of gamma radiation on nutritional components of minimal processed cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Iranian Journal Fish Science*. 9: 2. 265-278.
- Sandev, S. and Karaivanov, I., 1977. The composition and digestibility of irradiated roughage treatment with gamma irradiation. *Tierernahr Fuetterung*. 10: 238-242.
- SAS Institute Inc., 1996. *Statistical Analysis System (SAS) User's Guide*, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shawrang, P., Majdabadi, A. and Sadeghi, A.A., 2012. Changes in cell wall compositions and degradation kinetics of electron beam-irradiated sugarcane bagasse. *Journal of Veterinary Animal science*. 36: 5. 527-532.
- Shawrang, P., Sadeghi, A.A. and Ahmadpanah, J., 2013. Ruminant Degradation Kinetics of Wheat Straw Irradiated by High Doses of Electron Beam. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 3(1): 25-29.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H., 1980. *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach*, 2nd ed., McGraw Hill, New York, NY, USA, pp.187-188.

- Stipanovic, A.J. Winter, W.T. and Driscoll, M. S., 2009. Electron beam and X-ray irradiation of lignocellulosic biomass - synergies W/ Bidelignification and hemicellulose removal in reducing recalc. Performing Organization Chemistry. State university of New york. NYZ-2340-02-005
- Taghinejad, M., Shawrang, P., Rezapour, A., Sadeghi, A. and Ebrahimi, S., 2009. Changes in anti-nutritional factors, ruminal degradability and in vitro protein digestibility of gamma irradiated canola meal. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances. 8: 7. 1298-1304.
- Vitti, D.M. and Mastro, N.L., 1998. Electron irradiation of high fiber by-products: effects on chemical composition and degradability. Journal of Science Agricultural. 55: 2. 159-171.
- Yalcin, H., Ozturk, I., Tulukcu, E. and Sagdic, O., 2011. Effect of Gama Irradiation on Some Chemical Characteristics and Volatile Content of Linseed. Journal of Medical Food. 14 (10), 1223–1228.



## Nutritional value determination of beam irradiated barley straw

N. Tabatabaie<sup>1</sup>, M.H. Fathi Nasri<sup>2\*</sup>, H. Farhangfar<sup>3</sup> and A. Riasi<sup>4</sup>

1- MSc Graduated Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2- Associate professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

4- Associated professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

\* Corresponding author Email: hfathi@birjand.ac.ir

Submitted: 8 April 2014

Accepted: 10 October 2015

### Abstract

In this study, barley straw was irradiated with doses of 100, 200 and 300 KGy to evaluate the effects of electron beam on the chemical composition, ruminal degradability parameters and ruminal-postruminal digestibility of its dry matter (DM). Initially, using nylon bag technique, an amount of 5 g of grounded samples (with 6 replicates) was incubated for 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 and 72 h in the rumen of two fistulated Holstein heifers and then parameters of DM ruminal degradability were estimated. Then ruminal digestibility and post ruminal digestibility of DM were determined by incubating of feed samples in rumen for 16 h and in Daisy digester apparatus, respectively. Statistical analysis of the data was performed using SAS statistical software. The results indicated that acid detergent fiber (ADF) in irradiated samples was numerically reduced, while NDF reduction of irradiated samples was statistically significant ( $P<0.05$ ). Effective degradability of DM increased significantly ( $P<0.05$ ) by irradiation at 200 KGy. Post-ruminal and total tract digestibility of DM increased significantly ( $P<0.05$ ). The results of this experiment showed that electron beam irradiation had an effective role in improving the nutritive value and digestibility of barley straw, but regarding the absence of a dose related effect, the dose of 200 kGy is recommended.

**Keywords:** Barley straw, Electron beam irradiation, Ruminal degradability, Ruminal and post-ruminal digestibility