

اثر بیم الکترونی بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تجزیه پذیری و گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای باگاس نیشکر

نرگس طباطبایی^۱، محمدحسن فتحی نسری^{۲*}، همایون فرهنگ فر^۳ و احمد ریاسی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار دانشگاه بیرجند

۳- دانشیار دانشگاه بیرجند

۴- استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

در این مطالعه نمونه‌های باگاس نیشکر پرتوتابی شده با دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرمی جهت ارزیابی اثر بیم الکترونی بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی باگاس نیشکر مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی، مقدار ۵ گرم از نمونه‌ی آسیاب شده (۶ تکرار) به مدت صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در شکمبه‌ی دو رأس تلیسه‌ی هلستاین دارای فیستولای شکمبه‌ای انکوبیت شدند و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای برآورد شدند. تجزیه آماری داده‌های مربوط به فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. بر اساس نتایج این تحقیق، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در باگاس نیشکر پرتوتابی شده به لحاظ عددی کاهش یافت، اما میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). بخش سریع تجزیه ماده خشک و بخش سریع تجزیه الیاف نامحلول در شوینده خنثی به طور معنی‌داری در اثر پرتوتابی افزایش یافت ($P < 0/05$). بخش با پتانسیل تجزیه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی با افزایش دوز بیم الکترونی افزایش و در مورد ماده خشک در ابتدا کاهش و سپس در دوز ۳۰۰ کیلوگرمی افزایش یافت، هرچند که این تغییرات به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. گوارش پذیری ماده‌ی خشک در کل دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0/05$). گوارش پذیری شکمبه‌ای الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی در اثر پرتوتابی با دوز ۱۰۰ کیلوگرمی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0/05$). نتایج این پژوهش نشان داد پرتوتابی الکترونی نقش مؤثری در بهبود ارزش غذایی و گوارش پذیری باگاس نیشکر دارد، لیکن با توجه به عدم تفاوت بین دوزهای پرتوتابی، دوز ۱۰۰ کیلوگرمی قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: باگاس نیشکر، بیم الکترونی، تجزیه پذیری شکمبه‌ای

مقدمه

باگاس نیشکر، یکی از پسماندهای حاصل از عصاره‌گیری از ساقه‌ی گیاه است که ماهیت فیبری داشته و از آن برای مصارف سوخت، کاغذ سازی و تهیه‌ی کود آلی استفاده می‌شود. همچنین، به عنوان بستر برای تولید قارچ‌های خوراکی، تولید پروتئین تک سلولی و نیز در تغذیه‌ی نشخوارکنندگان مورد مصرف دارد (وپلند و وسبجرگ، ۲۰۰۰). از ویژگی‌های بارز نشخوارکنندگان، توانایی استفاده از مواد خشبی و ضایعات کشاورزی غیر قابل مصرف انسان است (المصری و زرقاوی، ۱۹۹۴b). برای گوارش 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. بنابراین، بایستی عمل‌آوری‌هایی به منظور حذف لیگنین، کاهش دیواره‌ی سلولی و افزایش سطح دسترسی برای فعالیت آنزیمی در مورد این مواد خوراکی اعمال شود. 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 (المصری و زرقاوی، ۱۹۹۴b). پرتوتابی، یک روش عمل‌آوری برای مواد خوراکی است که خصوصیات آنها را کمتر دستخوش تغییر می‌نماید (مک مانوس و همکاران، ۱۹۷۲). همچنین، به علت این که پرتوتابی باعث بالا رفتن دمای ماده خوراکی نمی‌شود، کاهش کیفیت مواد مغذی بر اثر پرتودهی بسیار کمتر از سایر روش‌ها است (المصری، ۱۹۹۸). 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 همی سلولز و سلولز و همچنین پیوندهای بین این دو پلیمر با لیگنین در دیواره‌ی سلولی گیاهی می‌شود به طوری که پیوندهای غیر کوالانسی بدلیل گرفتن انرژی لازم، شروع به سست شدن کرده و نهایتاً این پرتوها سبب دپلمریزه شدن و تبدیل آنها به ملکول‌های با وزن ملکولی کمتر می‌شوند.

بنابراین دیواره سلولی نامحلول بر اثر پرتوتابی به شکل محلول در آمده و از بخش غیر قابل تجزیه و بخش کند تجزیه وارد بخش سریع تجزیه می‌شود (صادقی و شورنگ، ۱۳۸۷). هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر بیم الکترونی بر ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی باگاس نیشکر به عنوان نمونه‌ای از مواد خشبی با گوارش پذیری پایین بود.

مواد و روش‌ها

برای پرتوتابی باگاس نیشکر، سه نمونه ۷۵۰ گرمی از این خوراک در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی گردید و به منظور پرتوتابی در سه سطح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری^۱ به مرکز پرتو فرآیند یزد ارسال شد. بعد از پرتوتابی، مقداری از نمونه‌ها با آسیاب^۲ مجهز به غربال غربال ۲ میلیمتری با سرعت چرخش ۳۰۰۰ دور بر دقیقه آسیاب شد. ترکیبات شیمیایی باگاس نیشکر طبق روش‌های پیشنهادی AOAC (۱۹۹۰) تعیین گردید. برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی، از دو رأس تلیسه هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. حیوانات از یک هفته قبل با جیره حاوی ۱/۸ کیلوگرم یونجه خشک، ۱/۸ کیلوگرم کنسانتره، ۰/۵ کیلوگرم ذرت سیلویی و ۱/۸ کیلوگرم کاه گندم (بر حسب ماده خشک) در سطح نگهداری به صورت جیره کاملاً مخلوط در ۲ نوبت صبح و عصر در ساعات ۶ و ۱۸ تغذیه شدند. اجزاء کنسانتره شامل ۳۵٪ دانه جو، ۱۸٪ دانه ذرت، ۱۰٪ کنجاله سویا، ۱۵٪ کنجاله کلزا، ۱۱/۵٪ سبوس گندم، ۷٪ ملاس، ۱٪ مکمل معدنی-ویتامینی، ۲٪ پودر صدف و ۰/۵٪ نمک (بر حسب ماده خشک) بود. حیوانات در جایگاه ویژه‌ای بطور جداگانه نگهداری و تغذیه می‌شدند. ۵ گرم باگاس

1- Kilogray

۲- آسیاب چکشی (مدل IKA MF 10)

از نمونه هضم نشده در شکمبه (پس از ۱۶ ساعت انکوباسیون) داخل کیسه‌های آنکوم (با ابعاد ۵×۵ سانتیمتر و اندازه منافذ ۵۰ میکرومتر) ریخته شد و سپس کیسه‌ها به مدت یک ساعت داخل محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال در دمای ۳۹ درجه سانتیگراد در دستگاه قرار داده شدند. پس از این مدت کیسه‌ها با آب سرد شسته شده و به مدت ۲۴ ساعت در محلول پانکراتین و دمای ۳۹ درجه سانتیگراد انکوباسیون شد. سپس کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون (۵۵ درجه سانتیگراد) خشک شدند و گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده خشک از اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون در دستگاه محاسبه گردید (وولند و وسبجرگ، ۲۰۰۰). تجزیه آماری داده‌های مربوط به گوارش پذیری شکمبه‌ای - پس از شکمبه‌ای مواد مغذی با نرم‌افزار آماری SAS (۱۹۹۶) و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی باگاس نیشکر خام و پرتوتابی شده در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج میزان ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، کلسیم و فسفر در اثر پرتوتابی تغییری نکرد. مطالعه هان و همکاران (۱۹۸۳) نیز نشان داد که عمل آوری باگاس نیشکر با پرتو گاما اثری بر مقدار پروتئین خام، چربی خام و خاکستر نداشت. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نیز اگرچه در اثر پرتوتابی در سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری به لحاظ عددی کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در باگاس نیشکر پرتوتابی شده نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$). با توجه به این که الیاف نامحلول در شوینده خنثی در اثر پرتوتابی کاهش معنی‌داری یافته ولی کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی معنی‌دار نبوده می‌توان دریافت احتمالاً پرتوتابی بیشتر بر جزء همی سلولز دیواره‌ی سلولی اثر گذاشته است. پرتوتابی

نیشکر آسیاب شده (عمل‌آوری نشده و پرتوتابی شده در چهار سطح ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری) داخل کیسه‌هایی از جنس پلی‌استر با اندازه‌ی منافذ ۵۰ میکرومتر و ابعاد ۱۶×۱۰ سانتیمتر ریخته شده (۳ کیسه به ازای هر نمونه در هر دام) و به مدت صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در شکمبه قرار داده شدند. تمام 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 ناپدیدشدن ماده خشک با توجه به اختلاف مقدار ماده خشک نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون محاسبه گردید. جهت تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی از معادله پیشنهادی ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) استفاده شد و برآزش داده‌ها با این مدل 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 مغذی 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 ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۸ در ساعت محاسبه شد.

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

که در این معادله ED تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای، a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه و k ثابت نرخ عبور است.

برای تعیین گوارش پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی، ۴ نمونه ۵ گرمی از هر نمونه‌ی باگاس نیشکر 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 دیزی^۱ تعیین شد. بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم

پوست درخت‌های مختلف کاج با اشعه‌ی گاما در دوزهای ۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگری نشان داد که اشعه گاما الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی را در تمامی این بقایا کاهش داد و باعث افزایش معنی‌دار ناپدید شدن شکمبه‌های ماده خشک آنها شد و دلیل آن افزایش حلالیت و شکسته شدن ترکیبات دیواره سلولی عنوان شد (فیروودس و همکاران، ۱۹۸۹). پرتوتابی گاه گندم، پوسته‌ی پنبه دانه، پوسته‌ی بادام زمینی، پوسته‌ی سویا، کنجاله‌ی زیتون و دانه‌ی گلرنگ با دوز بیشتر از ۲۰۰ کیلوگری اشعه گاما نشان داد که با افزایش دوز بیم الکترونی اثرات مثبت بر کاهش دیواره سلولی افزایش می‌یابد.

الکترونی باعث کاهش سلولز بلورین، حذف کامل همی سلولز و کاهش مقاومت لیگنین می‌شود (استیپانویچ و همکاران، ۲۰۰۹). از طرفی 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 الیاف 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 همی سلولز بوده است (آلبرتی و همکاران، ۲۰۰۵؛ المصری و زرqaوی، ۱۹۹۷). پرتوتابی خاک اره کاج و

جدول ۱- ترکیب شیمیایی باگاس نیشکر خام و پرتوتابی شده

ترکیب شیمیایی	دوز پرتوتابی (کیلوگری)			
	صفر	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
ماده خشک (درصد)	۹۴/۹	۹۴/۸	۹۴/۴	۹۴/۴
پروتئین خام (درصد ماده خشک)	۳/۷	۳/۷	۳/۹	۴/۱
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	۴۰/۳	۴۱/۳	۳۹/۲	۳۹/۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	۵۸/۲ ^a	۵۳/۰ ^b	۵۰/۷ ^b	۴۹/۹ ^b
خاکستر (درصد ماده خشک)	۶/۷	۵/۹	۶/۶	۶/۵
کلسیم (درصد ماده خشک)	۱/۵	۱/۱	۱/۲	۱/۸
فسفر (درصد ماده خشک)	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است ($P < 0.05$).

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 همی سلولز نامحلول بر اثر پرتوتابی به شکل محلول در آمده و از بخش غیر قابل تجزیه وارد بخش سریع تجزیه شده‌اند (صادقی و شورنگ، ۱۳۸۷). فراسنجه‌های b، c و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک باگاس نیشکر تحت تاثیر عمل‌آوری قرار نگرفتند. در پژوهش دیگری بخش سریع تجزیه ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر در اثر پرتوتابی الکترونی در دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری به صورت خطی افزایش یافت، در حالی که بخش کند تجزیه الیاف نامحلول در

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر خام و پرتوتابی شده در جدول ۲ ارایه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، بخش سریع تجزیه ماده خشک در اثر پرتوتابی افزایش یافت و این افزایش در دوز پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری نسبت به تیمار شاهد معنی‌داری بود ($P < 0.05$). علت این امر احتمالاً لیگنین-زدایی، دپلمریزه شدن و شکسته شدن پیوندهای کوالانسی و

۳۰۰ کیلوگری) بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری فیبر نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی که جو حاکی از این بود که بخش‌های سریع تجزیه و کند تجزیه ماده خشک در اثر پرتوتابی افزایش یافت (شهبازی و همکاران، ۲۰۰۸a). در پژوهش دیگری، بخش سریع تجزیه ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر در اثر پرتوتابی الکترونی در دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری به صورت خطی افزایش یافت در حالی‌که بخش کند تجزیه فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. تجزیه پذیری مؤثر فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی با افزایش دوز اشعه‌دهی افزایش یافت (شهبازی و همکاران، ۱۳۸۸).

گوارش پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده‌ی خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی

نتایج مربوط به گوارش پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده‌ی خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر خام و پرتوتابی شده در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده‌ی خشک باگاس نیشکر در اثر پرتوتابی افزایش یافت ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. گوارش پذیری ماده‌ی خشک در کل دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.001$) که عمدتاً ناشی از افزایش گوارش پذیری شکمبه‌ای ماده‌ی خشک بود. محدودیت عمده استفاده از باگاس در جیره دام‌ها به دلیل پیوند لیگنین با سلولز و همی‌سلولز موجود در آن است. لیگنین گوارش پذیری سلولز و همی‌سلولز را در برابر تجزیه‌ی آنزیمی کاهش می‌دهد (بایر و همکاران، ۱۹۸۰). گزارشات متعددی در مورد افزایش گوارش پذیری بقایای مختلف کشاورزی در اثر اشعه‌دهی وجود دارد.

شوینده‌های خنثی و اسیدی ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت (شهبازی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین، صادقی و شورنگ (۱۳۸۷) نشان دادند که بیم الکترونی سبب افزایش بخش سریع تجزیه‌پذیر ماده خشک شد به طوری که با افزایش دوز بیم الکترونی افزایش خطی ($P < 0.001$) در این فراسنجه مشاهده شد. در تحقیق دیگری اثر پرتو بیم الکترونی (دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری) بر کاهش گندم مورد بررسی قرار گرفت و ثابت شد که با افزایش دوز پرتوتابی، بخش سریع تجزیه ماده‌ی خشک و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک کاهش گندم به طور خطی افزایش یافت (شهبازی و همکاران، ۲۰۰۸b). همچنین گزارش شده است که پرتو بیم الکترونی در دوزهای ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگری باعث افزایش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک کاهش گندم می‌شود (دباغچیان و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج حاصل از تاثیر پرتوتابی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی نشان داد که بخش سریع تجزیه همانند روندی که در مورد ماده‌ی خشک دیده شد در اثر عمل‌آوری در دوز ۳۰۰ کیلوگری به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$). بخش کند تجزیه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی با افزایش دوز بیم الکترونی افزایش یافت ولی این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی باگاس در اثر عمل‌آوری تغییر معنی‌داری نکرد. نتایج تاثیر پرتوتابی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نشان داد، بخش سریع تجزیه با افزایش سطح پرتوتابی افزایش یافت، هرچند این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. بخش کند تجزیه در اثر پرتوتابی کاهش یافت ولی این کاهش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. ثابت نرخ تجزیه با افزایش سطح پرتوتابی افزایش یافت (بجز در دوز ۲۰۰ کیلوگری) ولی این کاهش نیز به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی این خوراک نیز تحت تاثیر عمل‌آوری قرار نگرفت. اثر بیم الکترونی (دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و

جدول ۲- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر خام و پرتوتابی شده

دوز پرتوتابی (کیلوگری)	فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ^۱			تجزیه‌پذیری مؤثر		
	a	b	c	ثابت نرخ عبور (در ساعت)		
ماده خشک						
صفر	۰/۳۹ ^b	۰/۵۵	۰/۰۱۲	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۶
۱۰۰	۰/۴۱ ^{ab}	۰/۴۸	۰/۰۱۴	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۴۸
۲۰۰	۰/۴۳ ^{ab}	۰/۴۵	۰/۰۱۶	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۸
۳۰۰	۰/۴۴ ^a	۰/۵۵	۰/۰۰۹	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۴۸
اشتباه معیار	۰/۰۰۹	۰/۰۶۳	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲
سطح معنی‌داری	<۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۶
الیاف نامحلول در شوینده خنثی						
صفر	۰/۰۸ ^{ab}	۰/۵۴	۰/۰۵۱	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۲۷
۱۰۰	۰/۰۷ ^{ab}	۰/۹۳	۰/۰۱۱	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۱۸
۲۰۰	۰/۰۶ ^b	۰/۷۹	۰/۰۱۶	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۱۹
۳۰۰	۰/۱۱ ^a	۰/۸۹	۰/۰۰۸	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۰
اشتباه معیار	۰/۰۰۹	۰/۰۷۴	۰/۰۱۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳
سطح معنی‌داری	<۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۱۱
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی						
صفر	۰/۰۹	۰/۹۱	۰/۰۱۱	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۱
۱۰۰	۰/۱۶	۰/۸۴	۰/۰۱۱	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۶
۲۰۰	۰/۱۲	۰/۸۴	۰/۰۰۹۷	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۱
۳۰۰	۰/۱۷	۰/۸۳	۰/۰۰۸۰	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۴
اشتباه معیار	۰/۰۱۵	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱
سطح معنی‌داری	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۳۲	۰/۱۹

^۱ بخش سریع تجزیه، b بخش کندتجزیه و c ثابت نرخ تجزیه. حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار آماری است (P<۰/۰۵).

هضم و تجزیه‌پذیری این مواد می‌شود (عبداللهی و همکاران، ۱۳۸۷). گزارش شده که در دوزهای بالاتر از ۵۰ مگارد اشعه گاما، ساختمان کریستالی باگاس نیشکر کاهش و گوارش پذیری شکمبه‌ای مواد لیگنوسولوزی در شرایط درون آزمایشگاهی افزایش یافت (ملیسا، ۲۰۰۶). همچنین، گزارش شده است که گوارش پذیری ماده خشک باگاس نیشکر پرتوتابی شده با ۵۰۰ دوز کیلوگری اشعه‌ی گاما به طور معنی‌داری افزایش یافت (هان و همکاران، ۱۳۸۳). میلث و همکاران (۱۹۷۰)، افزایش گوارش پذیری ماده خشک در شرایط درون

وجود پیوندهای محکم و نفوذ ناپذیر بین اجزای دیواره سلولی، عامل اصلی پایین بودن ارزش غذایی این بقایا محسوب می‌شود. مشکل عمده و اساسی فرآوری‌های متداول این است که قادر به شکستن لیگنین بعنوان یک عامل اصلی در کاهش ارزش غذایی دیواره سلولی نیستند و به همین خاطر این فرآوری‌ها تنها موجب افزایش نرخ هضم می‌شود و تأثیر چندانی بر گستره‌ی هضم ندارد. پرتوتابی گاما با در هم شکستن لیگنین، دپلمیریزاسیون کریستال‌های سلولز و تجزیه سلولز و همی‌سلولز به اجزای محلول، موجب افزایش قابلیت

پرتوتابی در دوز ۲۰۰ کیلوگری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). مک مانوس و همکاران (۱۹۷۲) دلیل منفی بودن گوارش پذیری کاه برنج، کاه ذرت و پرز کتان در شرایط درون تنی را افزایش در نرخ عبور جیره در اثر پرتوتابی با اشعه گاما گزارش کردند. گوارش پذیری شکمبه‌ای الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی باگاس نیشکر نیز در اثر پرتوتابی با دوز ۱۰۰ کیلوگری به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0/01$). علت این امر، احتمالاً محلول شدن ترکیبات دیواره‌ی سلولی در این دوز پرتوتابی بوده است (صادقی و شورنگ، ۱۳۸۷). همچنین، این افزایش می‌تواند در نتیجه‌ی دلیگنیفیکاسیون و یا دپلمیریزاسیون سلولز باشد (وپلند و وسبجرگ، ۲۰۰۰). اثرات پرتو گاما و بیم الکترونی بر کاه گندم، کاه جو، کاه یولاف و کاه چاودار نشان داد با افزایش دوز اشعه، گوارش پذیری این مواد تا بیشتر از ۸۰٪ افزایش می‌یابد که این افزایش به دپلی-میریزاسیون سلولز و همی‌سلولز ربط داده شده است (لئونارد و همکاران، ۱۹۸۳).

آزمایشگاهی بقایای چوبی در اثر پرتوتابی الکترونی را به دلیگنیفیکاسیون و ساکاروفیکاسیون (تبدیل شدن به قند) ارتباط دادند. در مطالعه‌ی دیگری کاهش بخش‌های فیبری (فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی و لیگنین) و افزایش گوارش پذیری ماده خشک کاه برنج در شرایط درون کیسه‌ای در اثر پرتوتابی الکترونی گزارش شد (هان و همکاران، ۱۳۸۳). گزارش شده است که افزایش گوارش پذیری بقایای کشاورزی (از قبیل کاه گندم، کاه جو، کاه یولاف و کاه چاودار) در شرایط درون آزمایشگاهی و درون تنی می‌تواند به دلیل دپلی‌میریزاسیون سلولز و همی‌سلولز باشد (لئونارد و همکاران، ۱۹۸۳).

نتایج مربوط به گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی باگاس نیشکر در بخش‌های مختلف دستگاه گوارش نشان داد که گوارش پذیری شکمبه‌ای این بخش در اثر پرتوتابی تغییر معنی‌داری نکرد و گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای و نیز گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش در اثر

جدول ۳- گوارش پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر خام و پرتوتابی شده

اشتباه معیار	دوز پرتوتابی (کیلوگری)			
	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	صفر
ماده خشک				
گوارش پذیری شکمبه‌ای	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۳۹
گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده‌ی خشک هضم نشده در شکمبه	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش الیاف نامحلول در شوینده خنثی	^a ۰/۵۳	^a ۰/۵۴	^a ۰/۵۴	^b ۰/۴۲
گوارش پذیری شکمبه‌ای	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۰
گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای الیاف هضم نشده در شکمبه	^a ۰/۰۵	^b ۰/۰۲	^a ۰/۰۶	^a ۰/۰۶
گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	^b ۰/۲۲	^b ۰/۲۳	^a ۰/۲۵	^b ۰/۱۸
گوارش پذیری شکمبه‌ای	^{ab} ۰/۲۶	^{ab} ۰/۲۵	^a ۰/۲۹	^b ۰/۱۸
گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای الیاف هضم نشده در شکمبه	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵
گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۲

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است ($P < 0/05$).

الکترونی سبب افزایش تجزیه پذیری شکمبه‌ای و گوارش پذیری ماده خشک و دیواره سلولی این ماده‌ی خوراکی شد. لذا پرتوتایی الکترونی می‌تواند به عنوان یک روش عمل‌آوری موثر سبب بهبود ارزش غذایی باگاس نیشکر شود. با توجه به عدم تفاوت بین دوزهای پرتوتایی، دوز ۱۰۰ کیلو گری توصیه می‌شود.

در مطالعه‌ی دیگری، نمونه‌های کاه جو، کاه نخود، باگاس نیشکر، پوسته‌ی آفتابگردان و خاک اره کاج با دوزهای ۱۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ مگارد^۱ از اشعه گاما عمل‌آوری شدند و نشان داده شد که پرتوتایی در سطح ۱۰ مگارد اثر معنی‌داری بر گوارش پذیری مواد آلی در شرایط درون آزمایشگاهی نداشت، در حالیکه در سطح ۱۰۰ مگارد باعث افزایش گوارش پذیری پوسته آفتابگردان و خاک اره کاج شد، ضمن اینکه سطوح ۲۰۰ و ۲۵۰ مگارد گوارش پذیری مواد آلی در شرایط درون آزمایشگاهی را در تمامی نمونه‌ها افزایش داد (ابراهیم و پیرس، ۲۰۰۳). اثر دوزهای مختلف اشعه‌ی گاما (۰، ۵، ۲۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) بر انرژی خام، گوارش پذیری ماده آلی و انرژی قابل هضم کاه جو، کاه سورگوم، کاه گندم و چوب ذرت نشان داد که گوارش پذیری ماده آلی در شرایط درون آزمایشگاهی به ویژه در دوز ۱۵۰ کیلوگری افزایش یافت (المصری و زرقاوی، ۱۹۹۷). در پژوهش دیگری نشان داده شده که پرتوتایی با اشعه‌ی گاما در دوزهای بالاتر از ۱۰ مگارد قدرت ساختار فیبری باگاس نیشکر را کاهش داده و باعث تجزیه بیشتر همی‌سلولز نسبت به سلولز و لیگنین شده است (فلاکوسکی و همکاران، ۱۹۹۰). همچنین مشخص شد که پرتوتایی با سطوح پایین اشعه گاما (۲۰ تا ۶۰ کیلوگری) هیچ اثر معنی‌داری بر گوارش پذیری مواد آلی و انرژی قابل متابولیسم کاه گندم، پوسته تخم آفتابگردان، چوب کنجاله زیتون، هسته خرما و پوسته بادام زمینی نداشت که این می‌تواند به خاطر سطوح کم پرتوتایی باشد که قدرت کافی برای شکستن مواد لیگنوسلولزی را نداشته است (المصری، ۲۰۰۵).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، بیم الکترونی می‌تواند بر بخش الیافی باگاس نیشکر اثر کند. از طرفی مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در نمونه‌های پرتوتایی شده نسبت به نمونه خام با افزایش دوز پرتوتایی کاهش یافت. همچنین پرتوتایی با بیم

منابع

- دباغچیان، م. ر.، شورنگ، پ.، نیکخواه، ع. و ایلا، ن.، ۱۳۸۹. اثر پرتوتابی الکترون بر ترکیبات شیمیایی و روند تجزیه پذیری ماده خشک گاه گندم. چهارمین کنگره علوم دامی ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج). صفحات ۱۵۵۹-۱۵۵۶.
- شورنگ، پ.، نیکخواه، ع.، صادقی، ع.، زارع، ا.، رئیسعلی، غ. ر. و مرادی شهربابک، م.، ۱۳۸۷. اثرات پرتو تابی گاما بر تجزیه پذیری شکمبه‌ای و گوارش پذیری روده ای پروتئین کنجاله منداب. نشریه علوم دامی ایران. شماره ۳۹ (۱)، صفحات ۱۳۷-۱۴۶.
- شهبازی، ح. ر.، صادقی، ع.، فضائی، ح.، رئیسعلی، غ. ر. و چمنی، م.، ۱۳۸۸. اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال سیزدهم، شماره ۴۷، صفحات ۴۹۳-۴۸۵.
- صادقی، ع. و شورنگ، پ.، ۱۳۸۷. اثرات پرتو گاما و بیم الکترونی بر روند تجزیه پذیری ماده خشک و ماده آلی گاه 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. کرج، صفحه ۷.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Vol. I. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- 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 Polymers. 41: 1787-1797.
- Al-Masri, M.R., 1998. Changes in contents and in-vitro digestibility of laying-hens excreta used as feeds due to drying and gamma irradiation. Journal of Applied Radiation Isotop. 49: 767-771.
- Al-Masri, M.R., 2005. Nutritive value of some agricultural waste, as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatment. Journal of Bioresearch Technology. 96: 1737-1741.
- Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M., 1994a. Effects of gamma irradiation on chemical compositions of some agricultural residues. Journal of Radiation Physics and Chemistry. 43: 257-260.
- Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M., 1994b. Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues. Journal of Radiation Physics and Chemistry. 44: 661-663.
- Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M., 1997. Changes in digestible energy values of some agricultural residues treated with gamma irradiation. Journal of Applied Radiation Isotop. 50: 883-885.
- 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., Shireenand, E.A. and Gammaa, A.M., 2009. Effect of gamma irradiation on the physico-chemical characteristics of groundnut (*Arachis Hypogaea*). Journal of Basic and Applied Science. 3(3): 2856-2860.
- Baer, M., Leonhardt, J., Flachowsky, G., Hennig, A., Wolf, I. and Nehring, K., 1980. Ueber die bestrahlung von Getreidestroh mit energiereicher strahlung (English abstract). Isotopenpraxis. 10: 339.
- Firdos, T., Khan, A.D. and Shan, F.H., 1989. Improvement in the digestibility of bagasse pith by chemical treatment. Journal of Islamic Academy of Science. 2(2): 89-92.
- Flachowsky, G., Bar, M., Zuber, S. and Tiroke, K., 1990. Cell wall content and rumen dry matter disappearance of γ -irradiated wood by-products. Journal of Biological Wastage. 34(3): 181-189.
- Gu, C.P., Li, M., Y.L., Ma, Y. and Zhang, S.J., 1988. Study on treatment of rice straw with irradiation. Proceedings of 5th Conference of National Society of Animal Nutrition (CNSAN). p. 115. Japan, Tokyo.
- Han, Y.W., Timpaand, J. and Ciegler, A., 1981. Gamma-ray-induced degradation of lignocellulosic materials. Journal of Biotechnology and Bioengineering. 13: 2525-2535.
- 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.
- Hvelplund, T. and Welsbjerg, M.R., 2000. In situ techniques for the estimation of protein degradability and post rumen availability. In: Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E. and Omed, H.M. (Eds), Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, CABI publishing, pp. 233-257.
- 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 Biological Wastage. 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 Biological Wastage*. 2(4): 253-259.
- Leonhardt, J.W., Baer, M. and Huebner, G., 1983. Gamma and electron radiation effects on straw. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*. 21(4): 397-400.
- McManus, W.R., Manta, I., McFarlane, J.D. and Gray, A.C., 1972. The effects of diet supplements and gamma irradiation on dissimilation of low-quality roughages by ruminants. II-Effects of gamma irradiation and urea supplementation on dissimilation in the rumen. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*. 79: 41-45.
- Millett, M.A., Baker, A.J., Feist, W.C., Mellenberger, R.W. and Satter, L.D., 1970. Modifying wood to increase its *in vitro* digestibility. *Journal of Animal Science*. 31: 781-788.
- 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.
- SAS Institute Inc., 1996. *Statistical Analysis System (SAS) User's Guide*, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shahbazi, H.R., Sadeghi, A.A., Fazaeli, H., Raisali, G., Chamani, M. and Shawrang, P., 2008a. Effects of Electron Beam Irradiation on Ruminal NDF and ADF Degradation Characteristics of Barley Straw. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7(4): 464-468.
- Shahbazi, H.R., Sadeghi, A.A., Fazaeli, H., Raisali, G., Chamani, M. and Shawrang, P., 2008b. Effect of electron beam irradiation on dry matter degradation of wheat straw in the rumen. *Journal of Biological Science*. 11(4): 676-679.
- Smith, G.S., Kiesling, H.E., Galyean, M.L. and Bader, J.R., 1985. Irradiation enhancement of biomass conversion. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*. 25: 27-31.
- Stipanovic, A.J., Winter, W.T. and Driscoll, M.S., 2009. Electron beam and X-ray irradiation of lignocellulosic biomass. Biodelignification and hemicellulose removal in reducing recalcitrance. *Performing Organization Chemistry*. University of New York, USA.
- Vanzant, E.S., Cochran, R.C. and Titgemeyer, E.C., 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*. 76: 2717-2729.
- Youn, W., Han, E., Catalano, 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.