مجله
تحقیقات دام و طیور
جلد۲- شماره ۲- تابستان ۱۳۹۲- ص ص۱۹-۲۸

تاریخچه مقاله:
دریافت:۹۲/۰۷/۰۱
پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۳

اثر پرتوتابی الکترونی بر ارزش غذایی ساقه‌ی آتریپلکس

نرگس طباطبایی[۱]، محمدحسن فتحی نسری*[۲]، همایون فرهنگ‌فر[۳] و احمد ریاسی[۴]

۱-: دانشجوی کارشناسی ارشد سابق گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند
۲- دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند
۳- دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند
۴- استادیار گروه علوم دامی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

در این مطالعه نمونه‌های ساقه آتریپلکس پرتوتابی شده با دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری برای ارزیابی اثر بیم الکترونی بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و گوارش‌پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده-ی خنثی ساقه آتریپلکس مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش درون کیسه‌ای، 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 هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای انکوبیت شدند و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی برآورد شدند. سپس برای تعیین گوارش‌پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای مواد مغذی به ترتیب 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 در ساقه‌ی آتریپلکس پرتوتابی شده نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). از طرفی بخش سریع تجزیه، بخش کند تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک با افزایش سطح پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). بخش سریع تجزیه فیبر نامحلول در شوینده خنثی در اثر پرتوتابی با دوزهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگری افزایش یافت ولی این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بخش کند تجزیه فیبر نامحلول در شوینده خنثی در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱). گوارش‌پذیری پس از شکمبه‌ای ماده خشک و گوارش‌پذیری ماده‌ی خشک در کل دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). گوارش‌پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی فیبر نامحلول در شوینده خنثی تحت تأثیر پرتوتابی قرار نگرفت. نتایج این پژوهش نشان داد پرتوتابی الکترونی نقش مؤثری در بهبود ارزش غذایی و گوارش‌پذیری ساقه آتریپلکس دارد، لیکن با توجه به عدم تفاوت بین دوزهای پرتوتابی، دوز ۱۰۰ کیلوگری قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: ساقه آتریپلکس، بیم الکترونی، تجزیه پذیری شکمبه‌ای

نگارنده پاسخگو: محمدحسن فتحی نسری. آدرس: بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی، گروه علوم دامی
پست الکترونیک: hfathi@birjand.ac.ir

مقدمه

آتریپلکس از جمله گیاهانی است که در برابر شرایط سخت نواحی گرم و کویری می‌تواند رویش و استقرار یابد (ریاسی و همکاران، ۲۰۰۸؛ نیکخواه و چگینی، ۱۳۷۵و کاشکی و ناصریان، ۱۳۷۹). این قدرت سازگاری موجب شده است که امروز گیاهان این خانواده توجه زیادی را در سراسر جهان به خصوص در مناطقی که با پدیده‌ی کویر زایی مواجه هستند به خود جلب نمایند (نیکخواه و چگینی، ۱۳۷۵) همچنین ساقه و برگ این گیاه می‌تواند مورد مصرف دام قرار گیرد. بنابراین علاوه بر حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش، علوفه‌ی نسبتاً قابل ملاحظه‌ای را در شرایط خشک تولید می‌نماید (کاشکی و ناصریان، ۱۳۷۹). 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 از روش‌های مناسب عمل‌آوری به منظور حذف لیگنین، کاهش دیواره‌ی سلولی و افزایش سطح دسترسی برای فعالیت میکروبی در مورد این مواد خوراکی استفاده 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 (المصری و زرقاوی، ۱۹۹۴b). این روش عمل‌آوری، خصوصیات مواد خوراکی 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 و ژائو و همکاران، ۲۰۰۷). 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 گیاهی می‌شود به طوری که پیوندهای غیر کوالانسی بدلیل گرفتن انرژی لازم، شروع به سست شدن کرده و نهایتاً این پرتوها سبب دپلیمریزه 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 و فیبر نامحلول در شوینده‌ی خنثی ساقه آتریپلکس به عنوان نمونه‌ای از مواد خشبی با گوارش پذیری پایین بود.

مواد و روش‌ها

برای پرتوتابی ساقه آتریپلکس، سه نمونه ۷۵۰ گرمی از این خوراک در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی گردید و به منظور پرتوتابی در سه سطح۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری[1] به مرکز پرتو فرآیند یزد ارسال شد. بعد از پرتوتابی، مقداری از نمونه‌ها با آسیاب[2] مجهزبه غربال ۲ میلیمتری با سرعت چرخش ۳۰۰۰ دور بر دقیقه آسیاب شد. ترکیبات شیمیایی ساقه آتریپلکس طبق روش‌های پیشنهادی AOAC (۱۹۹۰) تعیین گردید. برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، فیبر 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 ساعت‌های ۶:۰۰ و ۱۸:۰۰ 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 (برحسب ماده خشک) بود. حیوانات به طور انفرادی نگهداری و تغذیه می‌شدند. ۵ گرم ساقه آتریپلکس آسیاب شده (عمل‌آوری نشده و پرتوتابی شده در ۳ سطح 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 در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶،

1- Kilo gray

۲ -آسیاب چکشی (مدل IKA MF 10)

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 ناپدیدشدن شکمبه‌ای 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 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 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 ۰/۰۲، 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 بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه و k ثابت نرخ عبور مواد از شکمبه است.

برای تعیین گوارش پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی، ۴ نمونه ۵ 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[1] 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 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 و دمای ۳۹ درجه سانتیگراد انکوباسیون شد. 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 (وپلند و وسبجرگ، ۲۰۰۰). تجزیه آماری داده‌های مربوط به گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای مواد مغذی با نرم‌افزار آماری SAS (۱۹۹۶) و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مدل آماری طرح به صورت زیر بود:

$$Yijk = \mu + Ti + eijk$$

که در آن μ: میانگین کل، Ti: اثر تیمار و eijk: اثر خطای آزمایشی می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی ساقه آتریپلکس خام و پرتوتابی شده در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج میزان ماده‌ی خشک، پروتئین خام، خاکستر، کلسیم و فسفر در اثر پرتوتابی تغییری نکرد که با نتایج صادقی و شورنگ (۱۳۸۷)، در زمینه‌ی اثرات پرتو گاما و بیم الکترونی بر کاه گندم و یونجه خشک موافق بود. در آزمایش تقی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) نیز پرتوتابی کنجاله کانولا با اشعه گاما (۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگری) اثری بر ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی نداشت. فیبر نامحلول در شوینده اسیدی نیز در اثر پرتوتابی به لحاظ عددی کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود؛ اما فیبر نامحلول در شوینده خنثی در ساقه‌ی آتریپلکس پرتوتابی شده نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$) که با نتایج المصری و زرقاوی (b و ۱۹۹۴a)، المصری (۱۹۹۸)، بایر و همکاران (۱۹۸۰) و لئونهارت و همکاران (۱۹۸۵) مطابق بود. با توجه به این که فیبر نامحلول در شوینده خنثی در اثر پرتوتابی کاهش معنی داری یافته ولی کاهش فیبر نامحلول در شوینده اسیدی معنی‌دار نبوده می‌توان دریافت احتمالاً پرتوتابی بیشتر سبب تجزیه همی‌سلولز در دیواره‌ی سلولی شده است. یافته‌های جدید در مورد اتصال باکتری‌های سلولایتیک نشان می‌دهد

1- Daisy II

که عامل اصلی هضم سلولز، قابلیت دسترسی به مکان‌های مناسب هضم برای میکروب‌های شکمبه در مواد گیاهی می‌باشد. مکان‌های مناسب شامل خراش‌هایی است که روی دیواره بوجود می‌آید. مطالعه تاکاس و همکاران (۱۹۹۹) با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که پرتوتابی گاما با دوزهای بالا باعث ایجاد خراش‌هایی روی سطح دیواره سلولی باگاس نیشکر شد که در نمونه‌های خام دیده نمی‌شد. همچنین این محققان، تجزیه دیواره سلولی را بیشتر به جداشدن پیوندهای گلیکوزیدی مربوط دانسته اند. پرتوتابی باعث باز شدن پیوند غیر کوالانسی به ویژه هیدروژنی و سپس کووالانسی مانند گلیکوزیدی و کوچک شدن ملکول پلی‌مری کربوهیدرات می‌شود (لوتن، ۱۹۵۲؛ تاکاس و همکاران، ۱۹۹۹). المصری و زرقاوی (۱۹۹۴b) تأثیر تابش ۱۵۰ کیلوگری پرتو گاما را بر ساختار دیواره‌ی سلولی چوب پنبه، کاه عدس، بقایای هرس سیب و کنجاله‌ی زیتون مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها حاکی از ۲۹٪ کاهش در فیبر خام چوب پنبه، کاه عدس، بقایای هرس سیب و ۱۷٪ کاهش در فیبر خام کنجاله‌ی زیتون بود. تانگ و همکاران (۲۰۱۲)، علت کاهش مقدار فیبر در اثر پرتوتابی گاما (دوزهای ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگری) را اکسیداسیون سلولز و تبدیل سلولز و لیگنین به دیواره سلولی قابل حل مطرح کردند. طحان و همکاران (۱۳۸۹) اثر پرتوتابی الکترونی (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) را بر ترکیب شیمیایی کنجاله کلزا، کنجاله سویا و دانه خلر مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که پرتوتابی باعث کاهش فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی هر یک از این مواد خوراکی شد.

المصری و گیونتر (۱۹۹۹)، از دوز بیشتر از ۲۰۰ کیلوگری اشعه گاما قبل از عمل آوری با ۵٪ اوره برای کاهش ترکیبات دیواره سلولی کاه گندم، پوسته‌ی پنبه دانه، پوسته‌ی بادام زمینی، پوسته‌ی سویا، کنجاله‌ی زیتون و دانه‌ی گلرنگ استفاده کردند. با افزایش دوز بیم الکترونی اثرات مثبت بر کاهش دیواره سلولی افزایش یافت. به نظر می‌رسد بیم الکترونی در دوز بالاتر از ۱۰۰ کیلوگری می‌تواند سبب دپلیمریزه شدن ترکیبات دیواره سلولی به ویژه سلولز شود. پرتوتابی خاک اره کاج و پوست درخت‌های مختلف کاج با اشعه‌ی گاما در دوزهای ۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگری نشان داد که اشعه گاما فیبر نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی را در تمامی این بقایا کاهش داد و باعث افزایش معنی‌دار ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک آن‌ها شد و دلیل آن افزایش حلالیت و شکسته شدن ترکیبات دیواره سلولی عنوان شد (فیردوس و همکاران، ۱۹۸۹). همچنین در مطالعه‌ای درجه پلی‌مریزاسیون سلولز کتان بعد از پرتوتابی گاما (۱۰ کیلوگری) کاهش یافته بود (تاکاس و همکاران ۱۹۹۹).

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی

نتایج مربوط به فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی ساقه آتریپلکس خام و پرتوتابی شده در جدول ۲ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، بخش سریع تجزیه ماده خشک با افزایش سطح پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$) که می‌تواند به دلیل لیگنین زدایی و شکسته شدن پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات باشد که نتیجه‌ی نهایی آن بیشتر شدن حلالیت دیواره‌ی سلولی است؛ احتمالاً سلولز نامحلول بر اثر پرتوتابی محلول شده و از بخش غیر قابل تجزیه وارد بخش سریع تجزیه شده است. بخش کند تجزیه ماده‌ی خشک نیز در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$) که احتمالاً به دلیل جدا شدن اتصالات عرضی فیبر با سایر اجزاء خوراک از قبیل پروتئین در اثر پرتوتابی بوده است (شورنگ و همکاران، ۱۳۸۷). ثابت نرخ تجزیه به لحاظ عددی کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی دار نبود.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی ساقه‌ی آتریپلکس خام و پرتوتابی شده

ترکیب شیمیایی	دوز پرتوتابی (کیلوگری)				اشتباه معیار از میانگین
	صفر	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	
ماده خشک (درصد)	۹۵/۱	۹۵/۶	۹۵/۳	۹۵/۳	-
پروتئین خام (درصد ماده خشک)	۶/۷	۶/۴	۶/۲	۶/۱	۰/۱۷
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	۵۱/۸	۴۹/۴	۴۸/۱	۴۶/۹	۱/۱۹
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	۷۴^{a}	۶۹/۳^{b}	۶۷/۶^{b}	۶۰/۵^{c}	۱/۳۷
خاکستر (درصد ماده خشک)	۵/۵	۵/۱	۵/۱	۵	۰/۴۳
کلسیم (درصد ماده خشک)	۱/۶	۱/۷	۱/۵	۱/۷	۰/۶۱
فسفر (درصد ماده خشک)	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۰۲

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

در پژوهش دیگری گزارش شده است که پرتو گاما در دوزهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری باعث کاهش ثابت نرخ تجزیه ماده خشک و افزایش بخش سریع تجزیه و تجزیه پذیری موثر علوفه یونجه شد (شهبازی و همکاران، ۲۰۰۸c). شورنگ و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند که بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک کنجاله منداب در اثر پرتوتابی گاما به طور معنی‌داری کاهش یافت. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در هر یک از نرخ عبورهای ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ تحت تأثیر عمل‌آوری به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$). شهبازی و همکاران (۲۰۰۸b) اثر پرتو بیم الکترونی (دوزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری) بر کاه گندم را بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش دوز پرتوتابی، بخش سریع تجزیه ماده‌ی خشک و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک به طور خطی افزایش یافت. این محققین دلیل نتایج حاصله را شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین سلولز و همی‌سلولز و نیز تجزیه‌ی پیوندهای داخلی لیگنین بیان نمودند. 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 (شهبازی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین، صادقی و شورنگ (۱۳۸۷) نشان دادند که بیم الکترونی سبب افزایش بخش سریع تجزیه کاه گندم شد به طوری که با افزایش دوز بیم الکترونی افزایش خطی ($P<0/001$) در این فراسنجه مشاهده شد. 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 کاه گندم می‌شود (دباغچیان و همکاران، ۱۳۸۹). علت برخی اختلافات بین نتایج این محققین با نتایج مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل اختلاف در مقادیر پرتوتابی و نوع پرتوتابی بوده است. طبق نتایج اکبریان و همکاران (۲۰۱۰) پرتوتابی بیم الکترونی (۶۳۰ کیلوگری)، سبب افزایش بخش سریع تجزیه و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک دانه سویا شد. همچنین در تحقیق دیگری پرتوتابی گاما در دوزهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری سبب افزایش بخش کند تجزیه و تجزیه-پذیری مؤثر ماده خشک و کاهش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک کنجاله سویا گردید. در این پژوهش علت کاهش بخش سریع تجزیه، تشکیل اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پروتئینی و ژلاتینه شدن پروتئین‌ها ذکر شده بود (شورنگ و همکاران ۲۰۰۷).

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. تقی نژاد و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که پرتوتابی کنجاله کانولا با اشعه گاما (۴۵ کیلوگری) بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک را کاهش داد و در دوزهای ۳۰ و ۴۵ کیلوگری باعث کاهش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام و افزایش بخش کند تجزیه شد.

نتایج مربوط به فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری فیبر نامحلول در شوینده خنثی نشان داد که بخش سریع تجزیه در اثر پرتوتابی با دوزهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگری افزایش یافت ولی این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بخش کند تجزیه در اثر پرتوتابی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/01$). از طرفی ثابت نرخ تجزیه با افزایش دوز پرتوتابی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/05$). تجزیه‌پذیری مؤثر این خوراک تحت تأثیر عمل‌آوری در نرخ عبور ۰/۰۲ به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$) ولی این افزایش در نرخ-های عبور ۰/۰۵ و ۰/۰۸ معنی دار نبود. یکی از دلایل عمده افزایش تجزیه‌پذیری فیبر نامحلول در شوینده خنثی مواد خوراکی پرتوتابی شده تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل در اثر برخورد پرتوهای الکترونی به آب موجود در خوراک‌ها می‌باشد به طوری‌که این رادیکال‌ها شرایط را برای آبکافت اتصالات گلیکوزیدی و تجزیه میکروبی فراهم می‌کنند (نورسل، ۲۰۰۴). شهبازی و همکاران (۲۰۰۸a) نشان دادند که بخش سریع تجزیه و بخش کند تجزیه فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی کاه جو در اثر پرتوتابی الکترونی افزایش و ثابت نرخ تجزیه کاهش یافت. تجزیه پذیری مؤثر فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر با افزایش دوز اشعه‌دهی افزایش یافت (شهبازی و همکاران، ۱۳۸۸).

تقی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹)، اثر پرتوتابی گاما (۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگری) بر تجزیه‌پذیری پروتئین و گوارش‌پذیری بعد شکمبه‌ای پروتئین کنجاله کانولا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها کاهش بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین و افزایش بخش کند تجزیه و گوارش‌پذیری بعد شکمبه‌ای پروتئین را نشان داد. نتایج آزمایش شورنگ و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که پرتوتابی اشعه گاما (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری) باعث کاهش تجزیه پذیری موثر ماده خشک و بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه پروتئین خام کنجاله کانولا گردید. شورنگ و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که عمل‌آوری مایکروویو با قدرت ۱۰۰۰ وات (مدت‌های ۱، ۲ و ۳ دقیقه) سبب افزایش بخش کند تجزیه و کاهش بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و در نهایت کاهش تجزیه‌پذیری موثر کنجاله منداب شد. علی بخشی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که پرتوتابی الکترونی (۱۵ و ۳۰ کیلوگری) سبب کاهش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک دانه سویا شد و دلیل این کاهش را ایجاد اتصالات عرضی جدید بیان نمودند.

گوارش‌پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده‌ی خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی

نتایج مربوط به گوارش پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده‌ی خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی ساقه‌ی آتریپلکس خام و پرتوتابی شده در جدول ۳ ارایه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود گوارش پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در اثر پرتوتابی تغییر معنی‌داری نکرد ولی گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده‌ی خشک هضم نشده در شکمبه در اثر پرتوتابی در سطح ۲۰۰ کیلوگری و گوارش پذیری ماده‌ی خشک در کل دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی در سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگری به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$). پرتوتابی، یک روش فیزیکی جهت بهبود ارزش تغذیه‌ای و گوارش پذیری مواد خوراکی، به دلیل اثراتش بر پیوندهای لیگنوسلولزی می‌باشد. 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. در مطالعه شورنگ و صادقی (۲۰۰۸) پرتوتابی نخود فرنگی با اشعه گاما (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری) گوارش پذیری بعد شکمبه‌ای پروتئین خام را تحت تاثیر قرار نداد. پرتوتابی الکترونی در دوزهای ۸۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگری، سبب تغییر معنی‌داری در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و گوارش‌پذیری پسماندهای فیبری باگاس نیشکر شد (ویتی و ماسترو، ۱۹۹۸).

جدول ۲- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی ساقه‌ی آتریپلکس خام و پرتوتابی شده

	فراسنجه‌های تجزیه پذیری[1]			تجزیه پذیری مؤثر		
	a	b	c	ثابت نرخ عبور (در ساعت)		
دوز پرتوتابی (کیلوگری)			(در ساعت)	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۸
ماده خشک						
صفر	۰/۱۲^{c}	۰/۲۴^{b}	۰/۰۱۹	۰/۲۸^{b}	۰/۲۳^{b}	۰/۲۰^{b}
۱۰۰	۰/۱۵^{b}	۰/۶۱^{ab}	۰/۰۱۲	۰/۳۶^{a}	۰/۲۶^{a}	۰/۲۲^{ab}
۲۰۰	۰/۱۷^{a}	۰/۷۲^{a}	۰/۰۰۷	۰/۳۵^{a}	۰/۲۶^{a}	۰/۲۳^{ab}
۳۰۰	۰/۱۸^{a}	۰/۸۲^{a}	۰/۰۰۶	۰/۳۸^{a}	۰/۲۷^{a}	۰/۲۴^{a}
اشتباه معیار از میانگین	۰/۰۰۴	۰/۰۹۳	۰/۰۱۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱
سطح معنی‌داری	۰/۰۵	۰/۰۵	غیرمعنی‌دار	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
فیبر نامحلول در شوینده خنثی						
صفر	۰/۰۴۷	۰/۲۲^{c}	۰/۰۱۰^{a}	۰/۱۹^{b}	۰/۱۴	۰/۱۲
۱۰۰	۰/۱۰	۰/۵۲^{b}	۰/۰۱۲^{b}	۰/۲۷^{a}	۰/۱۹	۰/۱۶
۲۰۰	۰/۰۹	۰/۹۱^{a}	۰/۰۰۶^{b}	۰/۲۹^{a}	۰/۱۸	۰/۱۵
۳۰۰	۰/۰۴	۰/۹۶^{a}	۰/۰۰۷^{b}	۰/۲۹^{a}	۰/۱۶	۰/۱۲
اشتباه معیار از میانگین	۰/۰۳۷	۰/۰۳۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲
سطح معنی‌داری	غیرمعنی‌دار	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	غیرمعنی-دار	غیرمعنی-دار

[1] a بخش سریع تجزیه، b بخش کندتجزیه و c ثابت نرخ تجزیه.

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار آماری است ($P<۰/۰۵$).

اثر پرتو گاما بر گوارش پذیری مواد آلی و گوارش پذیری انرژی کاه گندم، چوب پنبه، تفاله زیتون و تفاله سیب مثبت ارزیابی شده است (المصری ۱۹۹۹). پرتوتابی با گاما در دز کمتر از ۵۰ کیلوگری اثری بر ناپدید شدن ماده خشک یونجه خشک نداشت، لیکن در دز ۷۵ کیلوگری سبب افزایش معنی دار ($P<۰/۰۵$) ناپدید شدن ماده خشک در شکمبه شد. علت افزایش ناپدید شدن ماده خشک بر اثر پرتو گاما در دز بیش از ۵۰ کیلوگری، احتمالاً افزایش حل شدن ترکیبات دیواره سلولی بویژه سلولز و همی سلولز است (تاکاس و همکاران، ۱۹۹۹؛ ایمی و همکاران، ۲۰۰۲).

یکی از علل افزایش قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای ماده خشک ساقه آتریپلکس در اثر پرتوتابی را می‌توان کاهش احتمالی میزان تانن موجود در این گیاه ذکر نمود هر چند که مقدار تانن گیاه در این آزمایش اندازه گیری نشد. اکثر گونه-های آتریپلکس حاوی مقدار زیادی تانن هستند و تأثیر این مواد ضد تغذیه‌ای بر کاهش گوارش‌پذیری و مصرف ماده‌ی

خشک ثابت شده است. گزارشات متعددی از تاثیر پرتوتابی بر کاهش میزان تانن مواد خوراکی وجود دارد (ویلیاویسینسی و همکاران، ۲۰۰۰؛ تولدو و همکاران، ۲۰۰۷). تقی نژاد و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که پرتوتابی گاما و الکترون روشی موثر به منظور بهبود ارزش غذایی مواد خوراکی، افزایش قابلیت هضم و حذف عوامل ضد تغذیه‌ای از قبیل تانن، اسید فیتیک و ممانعت کننده پروتئاز است. طحان و همکاران (۱۳۹۰) نیز دلیل افزایش گوارش پذیری شکمبه‌ای دانه خلر را کاهش میزان تانن در اثر پرتوتابی الکترونی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) ذکر نمودند.

گوارش پذیری شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای فیبر نامحلول در شوینده خنثی تحت تاثیر پرتوتابی قرار نگرفت. نتایج برخی گزارشات نشان داده است علی‌رغم تأثیرات مثبت اشعه بر قابلیت هضم بقایا، تأثیری بر میزان دیواره‌ی سلولی نگذاشته است (ال نیلی ۲۰۰۱). محتوای فیبر خام در کاه گندم و کاه ذرت فرآوری شده با اشعه‌ی گاما در دوز ۱۰۰ کیلوکالری، ۲۱ درصد و کاه جو و عدس نیز ۱۶ درصد کاهش یافت. گزارشی از تأثیر بیم الکترونی بر گوارش پذیری فیبر نامحلول در شوینده خنثی ساقه آتریپلکس در منابع علمی یافت نشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد بیم الکترونی سبب کاهش میزان دیواره سلولی ساقه آتریپلکس شد و نقش موثری در بهبود ارزش غذایی و گوارش پذیری آن داشت لیکن با توجه به عدم تفاوت بین دوزهای پرتوتابی، دوز ۱۰۰ کیلوگری قابل توصیه است.

جدول ۳- گوارش‌پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی ساقه‌ی آتریپلکس خام و پرتوتابی شده

	دوز پرتوتابی (کیلوگری)				
	صفر	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	اشتباه معیار
ماده خشک					
گوارش پذیری شکمبه‌ای	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۰۴۰
گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای ماده‌ی خشک هضم نشده در شکمبه	۰/۰۵^{b}	۰/۰۷^{ab}	۰/۰۹^{a}	۰/۰۷^{ab}	۰/۰۰۷
گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش	۰/۳۲^{b}	۰/۳۴^{a}	۰/۳۴^{a}	۰/۳۲^{b}	۰/۰۰۴
فیبر نامحلول در شوینده خنثی					
گوارش پذیری شکمبه‌ای	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۰۲۷
گوارش پذیری پس از شکمبه‌ای فیبر هضم نشده در شکمبه	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴۰
گوارش پذیری در کل دستگاه گوارش	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۰۰۷

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است ($P<۰/۰۵$).

منابع

دباغچیان، م. ر.، شورنگ، پ.، نیکخواه، ع. و ایلا، ن.، ۱۳۸۹. اثر پرتوتابی الکترون بر ترکیبات شیمیایی و روند تجزیه‌پذیری ماده خشک کاه گندم. چهارمین کنگره علوم دامی ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج). صفحات ۱۵۵۹-۱۵۵۶.

شورنگ، پ.، نیکخواه، ع.، صادقی، ع. ۱۳۸۵. اثر عمل‌آوری میکروویو بر تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله منداب در شکمبه گاو. نشریه پژوهش و سازندگی وزارت جهاد کشاورزی. شماره ۸۷. صفحات ۱۱۷-۱۲۴.

شورنگ، پ.، نیکخواه، ع.، صادقی، ع.، زارع، ا.، رئیسعلی، غ. ر. و مرادی شهربابک، م.، ۱۳۸۷. اثرات پرتو تابی گاما برتجزیه پذیری شکمبه‌ای و گوارش‌پذیری روده‌ای پروتئین کنجاله منداب. نشریه علوم دامی ایران. شماره ۳۹ (۱)، صفحات ۱۳۷-۱۴۶.

شهبازی، ح. ر.، صادقی، ع.، فضائلی، 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 ۴۸۵-۴۹۳.

طحان، ق.، فتحی نسری، م. ح.، ریاسی، ا.، بهگر، م. و فرهنگفر، ه.، ۱۳۹۰، اثر پرتوتابی الکترونی بر تجزیه‌پذیری و گوارش‌پذیری 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.، ۱۳۸۷. اثرات پرتو گاما و بیم الکترونی بر روند تجزیه‌پذیری 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.

علی بخشی، ا.، نیکخواه، ع.، شورنگ، پ. و زارع، ا. ۱۳۸۸. مطالعه اثر پرتوتابی الکترون روی فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری پروتئین خام و عوامل ضدتغذیه‌ای دانه سویا. دانش و پژوهش علوم دامی (۵):۲۵-۳۲.

کاشکی، و.، به راهنمایی ناصریان، ع. ۱۳۷۹. تعیین ارزش غذایی چند گونه آتریپلکس به روش in vivo در گوسفند. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

نیکخواه.، ع.، و چگینی، ش.، ۱۳۷۵. تعیین ارزش غذایی دو گونه‌ی گیاه آتریپلکس به روش بیولوژیک. ارایه شفاهی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان‌زدائی و روش‌های مختلف بیابان‌زدائی. کرمان. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. 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/Journal of Dairy Science. 93, E-Suppl. 1/Poultry Science. 89, E-Suppl. 1. pp. 441.

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. 1999. In vitro digestible energy of some agricultural residues, as influenced by gamma irradiation and sodium hydroxide. Application Radiation Isotop. 50: 295-301.

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 Guenther, K. D. 1999. Changes in digestibility and cell-wall constituents of some agricultural by-products due to gamma irradiation and urea treatments. Journal of Radiation Physics and Chemistry. 55: 323-329

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.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Baer, M., Leonhardt, J., Flachowsky, G., Hennig, A., Wolf, I. and Nehring, K., 1980. Ueber die bestrahlung vonGetreidestroh mit energiereicher strahlung (English abstract). Isotopenpraxis. 10: 339.

Emmi, S.S., Takacs, E. and kovacs, A. 2002. Formation of radical cations and dose response of a-terthiophen-cellulose triacetate films irradiated by electrons and gamma rays. Journal of Radiation Physics and Chemistry. 63: 53-58.

Firdos, T., Khan, A.D. and Shan, F.H., 1989. Improvment in the digestibility of bagasse pith by chemical treatmant. Journal of Islamic Academy of Science. 2(2): 89-92.

Food and Drug Administration. 1981. Irradiation in the production, processing, and handling of food; final rule. 21 CFR Part 179. Federal Register. 51: 13376–13399.

Han, Y. W., Catalano, E. A. and Ciegler, A. 1983. Chemical and physical properties of sugarcane bagasse irradiated with gamma rays. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 31 (1): 34–38

Leonhardt, J., Arnold, G., Baer, M., Langguth, H., Gey, M., and Hubert, S. 1985. Radiation degradation of cellulose. Journal of Radiation Physics and Chemistry. 25: 899-904.

Lowton, J. E., 1952. Effect of high-energy cathode rays on cellulose. Journal of Indian Chemistry. 44: 2848-2854.

McManus, W.R., Manta, l., McFarlene, 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.

Nursel, P. 2004. Radiation crosslinking of biodegradable hydroxypropylmethylcellulose. Carbohydrate Polymers. 55: 139-147.

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.

Riasi, A, Danesh Mesgaran, M. Stern, M. D. and Ruiz Moreno, M. J. 2008. Chemical composition, in situ ruminal degradability and post-ruminal disappearance of dry matter and crude protein from the halophytic plants Kochia scoparia, Atriplex dimorphostegia, Suaeda arcuata and Gamanthus gamacarpus. Journal of Animal Feed Science and Technology. 141: 209- 216.

Sadeghi, A. A., Nikkhah, A. and Shawrang, P. 2005. Effects of microwave irradiation on ruminal degradation and in vitro digestibility of soya-bean meal. Journal of Animal Science. 80: 369-375.

Sadeghi, A.A. and Shawrang, P. 2006. Effects of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of canola meal. Journal of Animal Feed Science and Technology. 127: 45-54.

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.

Shahbazi, H.R., Sadeghi, H., Shawrang, P. and Raisali, G., 2008c. Effect of Gamma irradiation on dry matter degradation kinetics of alfalfa hay. Journal of Biological Science. 11(8): 1165-1168.

Shawrang, P., and Sadeghi, A. A. 2008. Effects of gamma irradiation on protein degradation characteristics of pea. Proceedings of British Society of Animal Science. pp. 217

Shawrang, P., Nikkhah, A., Zare-Shahneh, A., Sadeghi, A,. Raisali, A. and Moradi-Shahrebabak, M. 2007. Effects of gamma irradiation on protein degradation of soybean meal in the rumen. Journal of Animal Feed Science and Technology. 134: 140-151.

Shawrang, P., Nikkhah, A., Zare-Shahneh, A., Sadeghi, A,. Raisali, A. and Moradi-Shahrebabak, M. 2008. Effects of gamma irradiation on chemical composition and ruminal protein degradation of canola meal. Journal of Radiation Physics and Chemistry. 77: 918-922.

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. Journal of Animal Veterinary Advance. 8(7): 1298-1304.

Takacs, E., Wojnarouits, L., Borsa, J., Foldvary, C., and Zold, O., 1999. Effect of gamma irradiation on cotton cellulose. Journal of Radiation Physics and Chemistry. 55: 663-666.

Tang, J., Fernandez Garcia, I., Vijayakumar, S., Martinez, H., Illa Bochaca, I., Nguyen, D., Mao, J, and Costes, S. 2012. Systems modeling of stem/progenitor self-renewal romotion following ionizing radiation. The 58th Annual Meeting of the Radiation Research Society. San Juan, Puerto Rico, pp. 18.

Toledo, T.C., Canniatti, S.G., Arthur, v. and Piedade, S. 2007. Effects of gamma radiation on total phenolics, trypsin and tannin inhibitors in soybean grains. Radiation Physics and Chemistry. 76(10): 1653-1656.

Villavicencio, A., Mancini-Filho, J. and Delincé., H. 2000. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. Radiation Physics and Chemistry. 57(3): 289–293

Vitti, D. M. S. S. and Mastro, N. L. 1998. Electron irradiation of high fiber by-products: effects on chemical composition and degradability. Journal of Agricultural Science. 55(2): 159-171.

Zhao, S., Xiong, S., Qiu, C. and Xu, Y. 2007. Effect of microwaves on rice quality. Journal of Stored Products Research. 43(4): 496-502.