Archive of SID

پژوهش‌های علوم دامی
Animal Science Researches

مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۲۹ شماره ۱/ سال۱۳۹۸/ صفحات ۱۵۳ تا ۱۷۳

بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی و روند تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته و پروتئین خام ارقام مختلف دانه جو پرتوتابی شده با اشعه گاما

الناز پیرعدل[۱]، رسول پیرمحمدی[۲] و حامد خلیل‌وندی[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۹

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

[۲] به‌ترتیب استاد و استادیار گروه علوم دامی دانشگاه ارومیه

[*] مسئول مکاتبه: Email: h.khalilvandi@urmia.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: عمل‌آوری غیرحرارتی دانه جو می‌تواند سبب کاهش خطرات احتمالی اسیدوز شود. **هدف**: پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی روند تجزیه‌پذیری نشاسته و پروتئین خام ارقام مختلف دانه جو پرتوتابی شده با گاما و نحوه توزیع پروتئین در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل و سیستم پروتئین متابولیسمی انجام شد. **روش‌کار**: کنتیک و زیست‌سنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته و پروتئین خام ارقام جو ماکویی، بهمن‌آبی و سهند پس از پرتودهی با اشعه گاما در دوزهای ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری به‌روش کیسه‌های نایلونی با استفاده از سه رأس گوساله-های نر نژاد هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای در ساعات ۰، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۲٤ و ٤۸ ساعت و در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در دو انکوباسیون مجزا تعیین شد. **نتایج**: تجزیه واریانس نشان‌دهنده‌ی تأثیر کاهنده و معنی‌دار پرتوتابی در سطوح مختلف بر میزان تجزیه‌پذیری موثر نشاسته و پروتئین در شکمبه و وجود اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین ارقام مختلف بود. در بین ارقام مختلف مورد مطالعه، زیست‌سنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین و نشاسته رقم جوی سهند بیش از سایر ارقام تحت تأثیر عمل‌آوری قرار گرفت. عمل‌آوری ارقام مختلف دانه جو با پرتوهای گاما سبب کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه شد($P<۰/۰۵$). تفاوت در پاسخ ارقام مختلف جو به پرتوتابی با امواج گاما مشاهده شد به‌طوری که بهترین پاسخ در تأثیرگذاری بر فراسنجه‌های ارزش غذایی در راستای بهبود تخمیر شکمبه‌ای، تجزیه‌پذیری پروتئین، نشاسته و افزایش مقادیر نشاسته و پروتئین ورودی به روده باریک را می‌توان پرتوتابی در دز ۵۰ کیلوگری دانست. **نتیجه‌گیری کلی**: پرتوتابی گاما می‌تواند مانند سایر روش‌های متداول عمل‌آوری برای کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک، نشاسته و پروتئین شکمبه‌ای و افزایش نشاسته و پروتئین عبوری قابل هضم در راستای بهبود تخمیر شکمبه مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: گاما، نشاسته، دانه جو، تجزیه‌پذیری، عمل‌آوری

مقدمه

همواره تامین مواد غذایی یکی از مهم‌ترین نیازهای طبیعی بشر و از مهم‌ترین مشکلات فراروی انسان‌ها بوده است. با توجه به افزایش روزافزون جمعیت جهان، به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه، انتظار می-رود که وضعیت ذکر شده روز به روز وخیم‌تر شود که این امر در کشورهای فقیر که سهم کمتری از تولید جهانی فرآورده‌های کشاورزی و دای را به خود

www.SID.ir

Archive of SID

اختصاص داده و رشد جمعیت بالاتری دارند، مشهودتر خواهد بود(فائوستات ۲۰۱۵). عمل‌آوری و تغییر در اندازه ذرات خوراک می‌تواند بر برخی از صفات تولیدی و عملکردی دام و متابولیت‌های شکمبه تاثیر بگذارد (دان و همکاران ۱۹۹۹). تحت شرایط مصرف بالای غلات، عمل‌آوری حتی در مقیاس اندک نیز می تواند نتایج اقتصادی مهمی را در بر داشته باشد (آریلی و همکاران ۱۹۹۵). عمل‌آوری دانه جو و سایر غلات به عنوان یکی از راه‌های عمده جهت تغییر و بهبود ارزش غذایی مواد مغذی دانه مخصوصاً نشاسته و پروتئین برای دام مطرح است (متیسون ۱۹۹٦). پرتوی گاما از جمله پرتوهای یون‌ساز است و عمل‌آوری با این پرتو بدون افزایش دما در موادخوراکی صورت می‌گیرد. مزیت پرتوتابی غیرحرارتی این است که این نوع پرتوتابی می‌تواند بدون ایجاد هیچ گونه اثر سوئی بر کیفیت موادخوراکی، آلودگی‌های میکروبی و عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در موادخوراکی را از بین ببرد و با تغییر ساختار پروتئین و دیواره سلولی سبب بهبود و قابلیت هضم و زیست‌فراهمی مواد مغذی شود (شورنگ و همکاران ۲۰۰۵ ، ۲۰۰٦ و ۲۰۰۷). پرتوهای غیر حرارتی مانند گاما از لحاظ انرژی نسبت به پرتوهای حرارتی دارای انرژی بسیار بالاتری هستند. پرتو گاما از جمله پرتوهای یون‌ساز و دارای انرژی کافی برای یونیزه کردن اتم‌ها می‌باشد، پرتو گاما به‌صورت غیرمستقیم از طریق انتقال انرژی خود به الکترون‌ها را یونیزه می‌کند. پرتو گاما انرژی خود را به‌وسیله الکترون‌های ثانویه به مواد پرتو خورده انتقال می‌دهد (روسا و همکاران ۲۰۰۳). پرتوتابی گاما هیچ‌گونه اثر منفی روی ترکیبات شیمیایی موادخوراکی ندارد، اگرچه دزهای بالا سبب اتلاف کم اما قابل‌اندازه‌گیری در بعضی ویتامین‌ها می‌شود؛ به‌هر حال این کاهش مشابه سایر روش‌های عمل‌آوری مانند حرارت دادن و یا خشک کردن می‌باشد (تائوب و همکاران ۱۹۷۹). پرتوتابی گاما به‌عنوان روش عمل‌آوری فیزیکی غیرحرارتی می‌باشد به نحوی که عمل‌آوری با این پرتو بدون افزایش دمادر مواد خوراکی صورت می‌گیرد. با این‌که این نوع عمل‌آوری یک عمل‌آوری فیزیکی می‌باشد ولی بر خلاف روش‌های عمل‌آوری فیزیکی که باعث تغییرات فیزیکی در خوراک می‌شوند این نوع عمل‌آوری باعث تغییرات شیمیایی می‌شود(گابر ۲۰۰۵ و ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۱). پرتوهای یون‌ساز بر ساختار پروتئین تاثیر گذاشته و باعث واسرشتی آن می‌شوند. بیان شده است که پرتوتابی ممکن است باعث تشکیل پیوندهای عرضی و به‌هم چسبیدگی پروتیئن‌ها شود (گابر ۲۰۰۵ و ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۱).نتایج مطالعات تقی نژاد و همکاران (۲۰۰۹) در زمینه استفاده از پرتوتابی گاما به‌منظور بهبود ارزش غذایی مواد خوراکی از نظر افزایش قابلیت هضم یا تغییر مکان هضم و جذب مواد مغذی و حذف عوامل ضد تغذیه‌ای نشان داده است که سطوح پرتوتابی بالاتر از ۱۰ کیلوگری در غیرفعال کردن ترکیبات ضدتغذیه‌ای مثل تانن‌ها، گوسپیول، ممانعت‌کننده پروتئاز، اسیدفایتیک، پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای والیگوساکاریدها موثر است و سطوح بالاتر از ۵۰ (شورنگ و همکاران۲۰۰۷ و ۲۰۰۸) و ۱۰۰ کیلوگری (شهبازی و همکاران ۲۰۰۸) به‌این ترتیب جهت بهبود کیفیت پروتئین و هضم دیواره‌سلولی علوفه‌ها و انواع کاه‌های غلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. باوجود انجام تحقیقات قابل‌توجهی در خصوص اثر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ارزش غذایی دانه جو، تحقیقات بسیار کمی در خصوص اثر نوع رقم در پاسخ به عمل‌آوری وجود دارد. با این‌حال، گزارشی در ارتباط با نحوه پاسخ واریته‌های مختلف دانه جو به پرتوتابی با گاما در خصوص ویژگی‌های هضمی نشاسته و پروتئین و خصوصیات مختلف شیمیایی آن وجود ندارد. همچنین انتخاب دوز مناسب در عمل‌آوری پرتوتابی بسیار حائز اهمیت است. هدف پژوهش حاضر، مطالعه اثرات سطوح مختلف پرتوتابی گاما به عنوان یک عامل فیزیکی غیرحرارتی بر

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و زیست‌سنجه‌های ارزش غـذایی نشاسته و پروتئین سه رقم معمول مـورد مصـرف جـو در استان آذربایجان غربی با استفاده از تکنیـک کیسـه-های نایلونی بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرا و حیوانات مورد استفاده در آزمایش

این پژوهش در ایستگاه آموزشی و تحقیقاتی و آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه صورت گرفت. به‌منظور انجام آزمایش‌های مربوط به تجزیه‌پذیری از سه رأس گوساله نر اخته هلشتاین با میانگین وزن ۵۲۰±۵ کیلوگرم و ٤ ساله مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. جیره مصرفی (TDN: ٦٢(٪DM)، (Mcal/kg ME: ٢/٣٢(DM،(٪DM) ١٣/٣ :CP) با استفاده ازنرم-افزار (CNCPS V5) تنظیم و در سطح ۱۰ درصد بالاتر از نیاز انرژی نگهداری(AFRC ۱۹۹۵)در دو وعده برابر صبح و عصر در ساعات ۰۸۰۰ و ۱۸۰۰ در اختیار حیوانات قرار گرفت. جیره مصرفی شامل یونجه خردشده، ذرت علوفه‌ای سیلوشده و ترکیب کنسانتره‌ای (مخلوط دانه جو آسیاب ریز، سبوس گندم آسیاب ریز ، کنجاله سویا آسیاب ریز ، پلت تفاله چغندر قند خشک، پلت تفاله مرکبات خشک، پودر گوشت، سبوس برنج آسیاب ریز، ملاس چغندر قند، تفاله چغندرقند خرد شده، ذرت خشک آسیاب ریز، سنگ آهک، بی کربنات سدیم، مینی ویتامین، مخلوط مواد معدنی کم مصرف، نمک، اوره، اکسید منیزیم) با ۱۸ درصد پروتئین خام به نسبت ۱ به ۱ علوفه به کنسانتره بود. حیوانات در حیوانات در جایگاه انفرادی نگهداری شدند و آب و سنگ نمک در طول شبانه‌روز به‌صورت اختیاری در دسترس آن‌ها قرار گرفت.

تهیه‌ی نمونه آزمایشی و عمل‌آوری

سه رقم جو به اسامی بهمن‌آبی، سهند و ماکویی از مرکز تحقیقات اصلاح نهال و بذر کشور و از ۲ کارخانه خوراک دام استان‌های آذربایجان شرقی و غربی بر اساس روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده، تهیه شدند. از هر کارخانه حدود ۵ کیلوگرم نمونه تهیه شده و اندازه هرکدام از نمونه‌های تهیه شده پس از همگن سازی برابر با پنج کیلوگرم در نظر گرفته شد. به‌منظور انجام عمل‌آوری‌های مختلف، سه زیر نمونه از نمونه کلی به ازای هر روش عمل‌آوری تهیه و به‌عنوان تکرار آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. هریک از نمونه‌های خوراکی در ایستگاه پژوهشی گروه علوم دامی دانشگاه ارومیه با آسیاب چکشی با غربال دو میلی‌متری آسیاب شده و جهت انجام پرتوتابی، و پرتوتابی گاما با استفاده از سیستم پرتودهی گاماسل و در میدان پرتوهای گامای کبالت ٦٠ و در دزهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری در مرکز پرتوتابی انرژی هسته‌ای یزد پرتوتابی شدند. روش کار در ارتباط با پرتوتابی گاما بر اساس روش صادقی و شورنگ (۲۰۰۸) صورت گرفت.

تعیین ترکیب شیمیایی

کلیه نمونه‌ها به‌منظور تعیین ترکیب شیمیایی با آسیاب آزمایشگاهی با الک ۱ میلی‌متری آسیاب و غلظت ماده خشک، ماده‌آلی، پروتئین خام (دستگاه‌های کجلدال[1] و عصاره‌اتری با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC (۲۰۰۰) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (سیستم آنکوم[2]) با روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) در سه تکرار اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته

به‌منظور تعیین ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته نمونه‌ها، قبل و پس از عمل-آوری از ۳ رأس گوساله نر بالغ اخته فیستوله‌گذاری شده نژاد هلشتاین بر اساس روش استاندارد شده ونزانت و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. برای تعیین میزان تجزیه‌پذیری از کیسه‌های پلی‌استر با ابعاد ۸×۱۸

[1] Foss Auto analyzer 1030
[2] Fibertech 1010Foss

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌متر، با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر استفاده شد. مقدار ۵ گرم از نمونه‌های آسیاب شده (با قطر توری ۲ میلی‌متر) در داخل کیسه‌های نایلونی ریخته شد تا نسبت اندازه نمونه به سطح کیسه‌ها، برابر با ۱۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر سانتی‌متر مربع شود. نمونه‌ها پیش از توزین، به منظور زدودن ذرات کمتر از ۵۰ میکرون با استفاده از الک با توری ۵۰ میکرون الک شدند. زمان قرار دادن نمونه‌ها در شکمبه بلافاصله قبل از خوراک-دهی صبح بود و کیسه‌ها در زمان‌های ۰، ۲، ٤، ۸، ۱۲، ۲٤ و ٤۸ ساعت از شکمبه خارج شدند. چهار کیسه برای هر زمان انکوباسیون در شکمبه‌ی هر گاو قرار گرفت. کیسه‌ها بلافاصله پس از خارج شدن از شکمبه در آب سرد قرار داده‌شده و با دست به‌روش پیشنهادی کبلنتز و همکاران (۱۹۹۷) به‌مدت ۲۰ دقیقه و تا صاف شدن آب خروجی از سطل، شستشو شدند. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه، با استفاده از آب ۳۹ درجه سیلسیوس، همانند کیسه‌های خارج شده از شکمبه شسته شدند. کیسه‌ها پس از شستشو، به مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ٦۰ درجه سیلسیوس خشک شدند. به‌منظور اطمینان از عدم وجود تأثیر تغییرات روزانه در ترکیب مایع شکمبه و مقادیر تجزیه‌پذیری فرایند انکوباسیون کیسه‌ها در دو هفته متوالی تکرار شد. مقادیر پروتئین خام و نشاسته در نمونه‌های پیش و پس از انکوباسیون به ترتیب با استفاده از سیستم کجلدال (AOAC ۲۰۰۰) و هضم اسیدی و استفاده از آنترون (رز و همکاران ۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و میزان تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های مختلف عبور از شکمبه با استفاده از معادلات غیرخطی مک‌دونالد و ارسکف (۱۹۷۹) و مک‌دونالد(۱۹۸۱) با استفاده از PROC NLIN نرم‌افزار آماری SAS ۹/٤تعیین شدند. به‌منظور برآورد مقادیر پروتئین قابل‌تجزیه سریع در شکمبه، پروتئین قابل‌تجزیه آهسته در شکمبه، پروتئین قابل‌تجزیه مؤثر در شکمبه، کل پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه و پروتئین غیرقابل‌تجزیه در شکمبه از معادلات AFRC (۱۹۹۵)استفاده شد. سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل و میزان گوارش‌پذیری روده‌ای پروتئین خام به‌منظور ارزیابی اثر عمل‌آوری بر توزیع نیتروژن در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل از روش استاندارد شده لیسترا و همکاران (۱۹۹٦) استفاده شد. بخش نیتروژن غیرپروتئینی با استفاده از تری کلرواستیک اسید و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش ون‌سوست و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از آنزیم آلفا- آمیلاز مقاوم به حرارت، بدون استفاده از سدیم سولفیت و با استفاده از دستگاه خودکار آنکوم تعیین شدند. بقایای نیتروژنی موجود در الیاف نامحلول در شوینده خنثی[۳] و اسیدی[٤] با روش کجلدال تعیین و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفتند. به‌منظور تعیین میزان گوارش پذیری روده‌ای پروتئین خام و نشاسته از روش گارگالو و همکاران (۲۰۰٦) پس از ۱۲ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای استفاده شد. نمونه‌ها پس از انکوباسیون شکمبه‌ای به ترتیب به‌مدت یک ساعت در حمام آبی ۳۹ درجه سانتی‌گراد تحت تأثیر پپسین(Sigma p-۷۰۰۰) و پانکراتین محلول در بافر فسفات هیدروژن پتاسیم(Sigmap-۷٥٤٥)قرار گرفتند. مشخصات کیسه‌های مورد استفاده در این آزمایش مشابه با موارد ارائه شده در بخش تجزیه‌پذیری بود. میزان نیتروژن و نشاسته در بقایای هضمی به‌ترتیب با استفاده از دستگاه کجلدال و هضم اسیدی و آنترون تعیین و مقادیر گوارش‌پذیری روده‌ای پروتئین خام و نشاسته تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های مربوط به تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، بخش‌های مختلف پروتئین خام با روش تجزیه‌پذیری و ضرایب گوارش پذیری روده‌ای نشاسته و پروتئین خام با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب

www.SID.ir

Archive of SID

طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور اثر رقم جو و اثر سطوح مختلف پرتوتابی گاما مورد ارزیابی آماری قرار گرفت. در این ارتباط اثر دام به‌عنوان بلوک مورد استفاده قرار گرفت (لیکاس و وارگا ۱۹۹۵) ولی به‌دلیل عدم معنی‌داری و تأثیر بر شاخصه‌های آنالیز از مدل آماری نهایی حذف شد. به منظور ارزیابی آماری این داده‌ها به استثنای داده‌های کنتیک از رویه مدل خطی تعمیم‌یافته[۳](GLM) نرم‌افزار SAS ۹/٤ (۲۰۰۲) استفاده شد. میانگین حداقل مربعات تیمارها در رویه GLM با استفاده از تصحیح توکی و در سطح احتمال آماری ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) باهم مقایسه شدند. برای تعیین تمایل میانگین‌ها به تغییر در صورت معنی‌دار نبودن، از سطح آماری ۹۰ درصد (P<۰/۱) استفاده شد. در آنالیز کنتیکی فرایند تجزیه‌پذیری، اثر زمان انکوباسیون (ساعت) به‌عنوان عامل تکرارشونده و اثر متقابل زمان انکوباسیون و نوع عمل‌آوری به مدل آماری افزوده شده و آنالیز آماری با استفاده از رویه مختلط (MIXED) نرم‌افزار SAS ۹/٤ انجام و از ساختار کواریانس نوع اول استفاده شد. داده‌ها به صورت میانگین حداقل مربعات و خطای استاندارد مربوطه در گزارش شده و تصحیح داده‌ها با استفاده از آزمون توکی و مقایسه میانگین‌ها با گزینه PDIFF در سطح احتمال آماری ۰/۹۵(P<۰/۰۵)انجام شد. به‌منظور تعیین میزان همبستگی بین شاخص‌های مورد ارزیابی از رویه همبستگی (CORR) نرم‌افزار SAS ۹/٤استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

تغییرات ترکیب شیمیایی دانه جو در اثر پرتوتابی در جدول ۱ نشان داده شده است.

تحت تأثیر پرتوتابی گاما میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده‌آلی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، نشاسته ارقام مختلف دانه جو کاهش یافت (P<۰/۰۵) به طوری که در دز ۱۵۰ کیلوگری کمترین میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده-آلی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ،الیاف نامحلول در شوینده خنثی و چربی خام مربوط به رقم سهند بود. علاوه براین در مقایسه‌های آماری اثر رقم، اثر عمل-آوری و اثر متقابل رقم و عمل‌آوری ماده خشک، نشاسته، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده شد. پژوهشگران گزارش کردند که پرتوتابی بر ترکیبات شیمیایی برخی منابع پروتئین گیاهی تغییر معنی‌داری ندارد (ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۰). قربانی و همکاران(۲۰۱۷) عدم تغییر در میزان ماده خشک، پروتئین خام، چربی، نشاسته و بتاگلوگان جو در اثر پرتوتابی دانه جو در زمان‌های مختلف را گزارش نمودند. تقی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که پرتو گامادر دزهای ۱۵، ۳۰ و ٤۵ کیلوگری اثری بر ترکیبات شیمیایی دانه سویا نداشت. همچنین شورنگ و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۸) و فارگ (۱۹۹۹) گزارش کردند پرتو گاما در دزهای کمتر از ۷۵ کیلوگری اثر معنی‌داری بر ماده خشک، رطوبت، خاکستر، پروتئین خام و الیاف خام دانه و کنجاله سویا و کنجاله منداب نداشته است. از نتایج آزمایش‌های ال‌مصری و زرکاوی (۱۹۹٤) و ال‌مصری (۱۹۹۹) نتیجه‌گیری می‌شود که دزهای بیشتر از ۱۰۰ کیلوگری سبب تغییر در مقدار ترکیبات شیمیایی به‌ویژه الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی می‌شود. پرتوتابی گاما سبب کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی و خنثی شده لذا پرتوتابی قادر به لیگنین‌زدایی، تجزیه پلیمرها و تخریب ساختارهای کریستالی سلولز است (ال‌مصری ۱۹۹۹). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد استفاده از پرتوتابی گاما سبب شکسته شدن پیوندهای لیگنوسلولزی شده و سبب کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی،الیاف نامحلول در شوینده خنثی می‌شود که این نتایج با گزارشات ال‌مصری و زرکاوی (۱۹۹۹) در خصوص

[1]Generalized Linear Model (GLM)

www.SID.ir

Archive of SID

اثرگذاری پرتو گاما بر کاه جو، کاه ذرت و ال‌مصری و کوئنتر (۱۹۹۹) بر کاه عدس و شهبازی و همکاران (۲۰۰۸) بر کاه گندم مطابقت دارد. پرتوتابی گاما سبب شکسته شدن پیوند بین همی‌سلولز و سلولز، همچنین پیوندهای بین این دو پلیمر با لیگنین در دیواره سلول گیاهی می‌شود (تاکاس و جناروتس ۱۹۹۹). تقی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که پرتوتابی کنجاله کانولا با اشعه گاما با مقادیر ۷۹ و ٤٠ کیلوگری، اثری بر ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و عصاره نداشت. پرتو یون‌ساز باعث تغیر ساختار پروتئین می شود. مطالعات انجام گرفته توسط الکتروفورز ژل پلی آکریلامید نشان داده اند که پرتوتابی سبب متلاشی شدن زنجیره‌های پلی پپتیددی و متعاقب آن سبب به هم چسبیدن آن‌ها می شود (سیسلا و همکاران ۲۰۰۰). در اثر پرتوتابی، بین اسیدهای آمینه‌ی آزاد و پروتئین‌ها و نیز بین پپتیدها و پروتئین‌ها اتصال کوالانسی شکل می-گیرد (گریسون و همکاران ۱۹۸۷). قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند مرحله برداشت و بوجاری کردن نیز می‌تواند میزان دیواره سلولی را تحت تأثیر قرار دهد. هر گونه آلودگی دانه‌ها با کاه و کلش می‌تواند برآورد بالایی از الیاف خام را منجر شود. ترکیب شیمیایی ارقام جو احتمالاً به‌دلیل تفاوت در نوع رقم، شرایط محیط رشد و میزان تولید دانه باشد. تفاوت در اثر رقم می‌توان مربوط به تفاوت در ترکیبات مواد مغذی دانه جو بسته به ارقام، کوددهی، رشد، برداشت و ذخیره سازی دانست به‌طوری که دانه‌هایی با پوسته مقاوم‌تر بیشتر تحت تأثیر می‌گیرند. تفاوت در نتایج گزارش شده احتمالاً به‌دلیل تفاوت در نوع ارقام (پوشینه و غیرپوشینه)، شرایط محیطی، مرحله برداشت و روش اندازه‌گیری باشد. ارقام جو بدون پوشینه در مقایسه با ارقام پوشینه‌دار پروتئین خام بیشتر و الیاف خام کمتری دارند، همچنین ارقام سردسیر در مقایسه با ارقام گرمسیر نشاسته و دیواره سلولی بیشتری دارند (قزلجه و همکاران ۲۰۱۱). نقش پرتوتابی گاما در بهبود زیست فراهمی کربوهیدرات‌های موجود در ترکیبات لیگنوسلولزی به‌علت شکستن پیوندهای لیگنین – کربوهیدرات نیز قابل توجه است (لاوتن و همکاران ۱۹۵۲ و ال‌مصری ۱۹۹۹). پرتوتابی سبب لیگنین‌زدایی، انهدام ساختار و دپلیمریزه شدن سلولز کریستالین و کاهش مقدار الیاف خام و دیواره سلولی می شود. بالدوین و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند که گرانول‌های کوچک نشاسته در مقایسه با گرانول‌های بزرگ دارای مقدار لیپید بیشتری هستند و بنابراین عمده لیپیدها در سطح قرارگرفته‌اند که مقدار پروتئین به طرف سطح بیرونی گرانول‌های نشاسته افزایش می‌یابد. با استناد به این تفاسیر می‌توان علت کاهش میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده‌آلی، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و شوینده اسیدی تحت تأثیر عمل‌آوری گاما را به‌دلیل محصور بودن محتویات مواد مغذی دانه جو در ساختار اندوسپرم و ترکیب آن با گرانول‌های نشاسته دانست. تفاوت در شرایط مختلف کشت و عوامل مختلف محیطی از جمله روش‌های آبیاری و دما و تغییرات ترکیب شیمیایی و میزان پوسته را می‌توان از مهم‌ترین دلایل بروز این تفاوت‌ها دانست. عمل‌آوری با گاما تا دز ۵۰ کیلوگری اثری بر مقدار ترکیبات دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی-سلولز ندارد(تاکاس و جناروتس ۱۹۹۹). بنابراین علت مغایرت در نتایج کنونی باسایر مطالعات به‌دلیل کاربرد سطوح مختلف پرتوتابی گاما خصوصا بیشتر از ۵۰ کیلوگری می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تأثیر پرتوتابی گاما و رقم بر ترکیب شیمیایی دانه جو (درصد ماده خشک)

Table 1- The effects of Gamma irradiation and variety on chemical composition of barley grain

(Variety)	Irradiation (KGy)	(Dry Mater)	Organic) (Mater	(Starch)	Crude) (Protein	Ethere) (Extract	([1]ADF)	([2]NDF)
(BahmanAbi)	0	89.90	97.23	56.26	12.03	1.91	6.92	19.94
	50	89.89	97.03	56.20	11.98	1.87	6.82	18.51
	100	89.87	96.86	56.17	11.96	1.78	6.70	18.36
	150	89.73	96.56	56.11	11.92	1.53	6.56	18.16
(Makoei)	0	90.17	97.07	56.54	12.10	2.07	7.10	19.92
	50	89.62	97.04	56.48	11.98	1.95	6.93	19.63
	100	89.83	96.94	56.44	11.93	1.80	6.76	18.40
	150	89.24	96.89	56.34	11.88	1.64	6.62	18.25
(Sahand)	0	90.16	97.23	56.22	11.96	1.91	7.22	19.95
	50	89.99	97.12	56.18	11.93	1.85	7.11	19.32
	100	89.93	96.96	56.14	11.90	1.66	6.91	18.94
	150	89.79	96.82	56.12	11.88	1.46	6.73	18.66
SEM		0.077	0.100	0.006	0.020	0.015	0.022	0.016
P values								
Variety		<0.0001	0.2569	<0.0001	0.0039	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Processing		<0.0001	0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		0.0006	0.3873	<0.0001	0.0769	0.8920	0.0067	<0.0001

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته

اثر پرتوتابی گاما بر کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک ارقام مختلف دانه جو به ترتیب در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. اثر پرتوتابی گاما بر کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام ارقام مختلف دانه جو به ترتیب در جداول ٤ و ٥ و کنتیک و فراسنجه-های تجزیه‌پذیری نشاسته در جداول ٦ و ٧ آورده شده است. تجزیه واریانس نشان داد پرتوتابی گاما با افزایش زمان انکوباسیون سبب کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۵)بر کنتیک تجزیه‌پذیری ماده خشک ارقام مختلف دانه جو (بهمن‌آبی، ماکوئی و سهند) شد. تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) در بین ارقام مختلف دانه جو به لحاظ کاهش کنتیک تجزیه‌پذیری ماده‌خشک در ساعات مختلف انکوباسیون مشاهده شد. مقایسات آماری نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین سطوح مختلف پرتوتابی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) بر کنتیک تجزیه-پذیری ماده خشک و دانه‌های جو است. اثر متقابل رقم و عمل‌آوری در تمام ساعات انکوباسیون کاهش معنی-داری (P<۰/۰۵) بر کنتیک تجزیه‌پذیری ماده‌خشک ارقام مختلف دانه جو با سطوح مختلف پرتوتابی گاما داشت به‌طوری که با افزایش مدت زمان انکوباسیون و افزایش مدت زمان پرتوتابی کاهش چشمگیری داشت. تحت تاثیر عمل‌آوری غیرحرارتی در تمام سطوح سبب کاهش قابل ملاحظه (P<۰/۰۵)بخش محلول،افزایش بخش بالقوه قابل‌تجزیه ماده‌خشک تمام ارقام دانه جو شد. سرعت تجزیه‌پذیری تحت تاثیر پرتوتابی افزایش معنی-داری(P<۰/۰۵)داشت. تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک در نرخ عبور (۰/۰۸،۰۵/۰،۰۳/۰،۰/۰) کاهش (P<۰/۰۵) پیدا کرد به‌طوری که بیشترین میزان کاهش در نرخ عبور ۰/۰۸ برای رقم جو سهند مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تاثیر پرتوتابی گاما و رقم بر کنتیک تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه جو

Table 2- Effects of Gamma irradiation and variety on kinetics of dry matter degradability in barley grain

(Variety)	(Irradiation) (KGy)	Incubation Time (hour)					
		2	4	8	12	24	48
(BahmanAbi)	0	47.20	54.62	75.08	84.31	91.81	93.58
	50	44.83	50.55	66.21	77.53	87.16	90.15
	100	42.42	48.69	62.09	75.69	84. 32	87.43
	150	38.49	44.55	58.56	70.42	81.70	84.56
(Makoei)	0	39.30	47.12	63.42	73.97	88.21	95.13
	50	31.62	43.12	60.26	67.53	86.80	91.09
	100	27.39	41.39	56.19	65.72	84.22	88.89
	150	25.20	37.15	54.24	62.12	80.92	86.22
(Sahand)	0	37.69	50.58	54.17	78.61	90.75	95.29
	50	35.20	48.56	51.23	76.17	87.35	92.24
	100	30.30	43.87	48.77	72.34	83.32	89.86
	150	27.59	40.13	45.12	68.26	79.95	87.61
SEM		2.16	1.56	0.975	0.891	1.07	0.873
Variety		<0.0001	<0.0001	0.0002	0.0624	<0.0001	0.0005
Processing		0.000۲	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		0.1162	0.1488	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0073

داده‌های مربوط به اثر عمل‌آوری و اثر متقابل رقم و عمل‌آوری برای تمامی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری اختلاف معنی‌داری را نشان داد. درباره تاثیر پرتوتابی گاما بر میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک گزارش‌های مختلفی وجود دارد (ال‌مصری و زرکاوی ۱۹۹٤؛ هان و همکاراان ۱۹۸۱ و تاکاس و جناروتس ۱۹۹۹). در تحقیقی ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که پرتو گاما سبب کاهش بخش سریع تجزیه، افزایش بخش کندتجزیه وکاهش ثابت نرخ تجزیه بخش کند تجزیه ماده خشک کنجاله‌ها شد و دلیل اصلی کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک کنجاله‌ها را کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین خام آن‌ها عنوان کردند. مک مانوس و همکاران (۱۹۷۲) دریافتند که پرتودهی برنج خام و پنبه دانه موجب افزایش سرعت ناپدید شدن ماده‌خشک آن‌ها در شکمبه می‌شود. ال‌مصری (۱۹۹۹) در مطالعه خود نشان داد پرتوتابی موجب کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین در شکمبه و در عین حال سبب افزایش قابلیت هضم آنزیمی خوراک و نهایتا بهبود قابلیت هضم خوراک در کل دستگاه گوارش می‌شود. در مطالعه‌ی (قربانی و همکاران ۲۰۱۷) تاثیر پرتوتابی گاما بر روی دانه‌ی سویا بخش کند تجزیه و ثابت نرخ تجزیه به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. طبق نتایج بدست آمده با افزایش ساعات انکوباسیون پرتوتابی گاما منجر به کاهش معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر کنتیک تجزیه‌پذیری پروتئین ارقام مختلف دانه جو (بهمن‌آبی، ماکوئی و سهند) شد. مقایسات آماری نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین سطوح مختلف پرتوتابی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) بر کنتیک تجزیه‌پذیری پروتئین دانه‌های جو است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تاثیر پرتوتابی گاما و رقم بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه جو

Table 3- Effects of Gamma irradiation and variety on dry matter degradability parameters of barley grain

(Variety)	(Irradiation) (KGy)	(parameters) a (%)	b (%)	c (%h^{-1})	ED 0.03	ED 0.05	ED 0.08
(BahmanAbi)	0	38.40	52.90	0.085	85.00	75.76	68.56
	50	37.32	55.89	0.095	82.19	71.54	66.41
	100	35.04	60.21	0.107	79.22	68.12	64.95
	150	31.23	65.66	0.121	74.71	66.05	60.11
(Makoei)	0	31.08	66.95	0.065	83.53	70.96	63.10
	50	22.87	69.43	0.083	79.76	68.33	60.05
	100	19.80	74.31	0.105	76.63	65.21	58.00
	150	16.05	77.54	0.118	73.09	63.59	55.36
(Sahand)	0	26.04	71.78	0.067	84.30	73.73	66.20
	50	23.55	75.89	0.089	81.55	70.65	64.28
	100	17.98	79.81	0.114	78.80	67.32	61.19
	150	12.30	83.11	0.132	75.79	65.98	58.27
SEM		1.91	2.62	0.005	1.01	0.899	1.02
Variety		<0.0001	<0.0001	0.0004	0.0037	0.0054	<0.0001
Processing		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		<0.0001	۰/۰۰۸۱	<0.0001	<0.0001	0.0009	0.0062

a: fast decomposition section,b: slow decomposition section, c: decomposition rate section (h),ED: effective decomposition.

اثر متقابل رقم و عمل‌آوری در تمام ساعات انکوباسیون سبب کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۵) بر کنتیک تجزیه‌پذیری پروتئین ارقام مختلف دانه جو با سطوح مختلف پرتوتابی گاما داشت. اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵)از لحاظ تجزیه‌پذیری پروتئین در ساعات مختلف پس از انکوباسیون و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری بین ارقام مختلف مشاهده شد. مقایسه میانگین سطوح مختلف عمل‌آوری گاما نشان داد که عمل‌آوری به دز ۱۵۰ کیلوگری بیشترین تأثیر را بر کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین دارد و در مقایسه با سطوح دیگر عمل‌آوری نتیجه بهتری دارد. داده‌های مربوط به اثر عمل‌آوری و اثر متقابل رقم و عمل‌آوری برای تمامی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵)را نشان داد. عمل‌آوری ارقام جو با پرتو گاما در دز ۱۵۰ کیلوگری در مقایسه با سایر سطوح سبب کاهش بخش محلول، افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه شد. با این‌حال نرخ تجزیه‌پذیری بخش بالقوه قابل‌تجزیه تحت تاثیر پرتوتابی گاما تغییر معنی‌داری نداشت. میزان تجزیه-پذیری مؤثر در نرخ عبور (۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۰۸) در ارقام جو (بهمن آبی، ماکوئی و سهند) روند کاهشی(P<۰/۰۵) داشت. تقی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند اثرات دزهای ۱۵، ۳۰ و ٤٥ کیلوگری اشعه گاما بخش سریع تجزیه پروتئین خام را کاهش و مقدار بخش کند تجزیه را افزایش دادند و تجزیه پذیری موثر پروتئین خام در تمام دزها کاهش یافت. شورنگ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که دزهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری اشعه گاما بخش‌های سریع‌تجزیه، کندتجزیه و ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام کنجاله سویا را به‌ترتیب کاهش،

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش، کاهش دادند. در پژوهش‌های انجام شده روی دانه سویا کاهش بخش محلول پروتئین در اثر پرتوتابی با گاما گزارش شده است که احتمالا در اثر تغییر ساختار سوم پروتئین و ایجاد اتصالات عرضی جدید و متراکم شدن پروتئین هاست. کاهش حلالیت دانه ی جو تحت تاثیر پرتوتابی گاما و علل آن را می‌توان واسرشتگی جزئی پروتئین و ژلاتینه شدن نشاسته بیان کرد با افزایش بخش کند تجزیه‌ی پروتئین، مقدار پروتئین عبوری را در شکمبه افزایش دهد (شورنگ و همکاران ۲۰۰۸). تقی نژاد و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که پرتوتابی کنجاله‌ی کانولا با اشعه‌ی گاما با دز ٤٠ کیلوگری بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه را کاهش داد. همچنین در دزهای ۷۹ و ٤٠ کیلوگری بخش کند تجزیه‌ی پروتئین خام افزایش یافت. علت اختلاف بین نتایج این محققین با نتایج مطالعه‌ی حاضر احتمالا به‌دلیل اختلاف در مقادیر پرتوتابی و تفاوت در نوع ماده‌ی آزمایشی می‌باشد. در مطالعه‌ی قربانی و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر پرتوتابی گاما بر روی دانه‌ی سویا بخش کند تجزیه و ثابت نرخ تجزیه به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. در آزمایش صادقی و شورنگ (۲۰۰۸) و تقی نژاد و همکاران (۲۰۰۹) پرتوتابی گاما در دزهای مختلف باعث افزایش بخش کند تجزیه و کاهش بخش سریع تجزیه شد. به‌نظر می‌رسد تفاوت در دز پرتوتابی و نوع ماده‌ی خوراکی علت این عدم مطابقت باشد. پرتو گاما باعث باز شدن تاخوردگی ساختمان پروتئین و واسرشتی آن می‌شود و به‌این ترتیب باعث افزایش سطح آب گریزی پروتئین‌ها از طریق در معرض قرار دادن گروه‌های غیرقطبی می‌شود(گابر ۲۰۰۵). پروتئین‌های آب گریز کمتر توسط باکتری‌های شکمبه‌ای تجزیه می‌شوند (فتحی نسری ۲۰۰۸). این پروتئین‌ها حساسیت کمتری به آنزیم‌های هیدرولیزکننده دارند (چو و همکاران ۱۹۹۹)، چرا که بیشتر باکتری‌های درگیر در تجزیه پروتئین، پروتئازهایی دارند که به سطح سلولی پیوسته بوده و جذب پروتئین‌های محلول به باکتری، برای تجزیه آن‌ها ضروری است (کوپنسی و همکاران ۱۹۸۲). بدین ترتیب پروتئین‌ها از تجزیه میکروبی در شکمبه در امان مانده و به‌منظور هضم و جذب وارد روده باریک می‌شوند مکانیسم احتمالی دیگر کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین تغییر در ساختمان دوم و سوم است که سبب افزایش وزن مولکولی پروتئین به‌دلیل بروز واکنش‌های عرضی داخل پروتئین، برهم کنش‌های هیدروفوبیک و الکترواستاتیک و تشکیل باندهای دی‌سولفیدی می‌شود (داویس و همکاران ۱۹۸۷ و لی و همکاران ۱۹۹۰). مولکول‌های پروتئینی با وزن زیاد آبگریز، متراکم و نامحلول هستند و کمتر درشکمبه تجزیه می‌شوند(ون سوست ۱۹۹٤). پرتوتابی باعث باز شدن و واسرشتی پروتئین و نمایان شدن اسیدهای آمینه آب‌گریز (به‌ویژه آروماتیک) می‌شود و خاصیت آب‌گریزی باعث تراکم و به دنبال آن انعقاد و رسوب شده و تجزیه‌پذیری را کاهش می‌دهد (شورنگ و همکاران ۲۰۰۸). پرتوتابی قادر به اکسیداسیون اسیدهای آمینه و شکستن پیوندهای کووالانسی پروتئین است (آروانیتویانیس و همکاران ۲۰۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تاثیر پرتوتابی گاما و رقم بر کنتیک تجزیه پذیری پروتئین خام دانه جو

Table 4- Effects of Gamma irradiation and variety on crude protein degradability kinetics of barley grain

(Variety)	(Irradiation) (KGy)	Incubation Time (hour) 2	4	8	12	24	48
(BahmanAbi)	0	54.75	62.61	74.04	81.44	91.36	94.80
	50	43.41	31.47	70.04	78.73	88.75	87.64
	100	30.02	47.79	65.43	70.85	76.54	83.26
	150	20.25	48.82	48.47	64.20	66.27	78.22
(Makoei)	0	51.07	57.10	67.41	79.17	90.50	94.74
	50	45.00	45.72	58.73	74.09	86.80	84.93
	100	38.43	37.04	49.83	67.47	79.97	75.53
	150	26.75	35.48	40.49	57.04	70.57	70.47
(Sahand)	0	46.52	54.09	67.63	78.29	90.50	95.75
	50	35.43	42.91	62.93	65.81	88.26	82.66
	100	29.11	39.46	54.10	57.34	75.98	77.58
	150	22.13	29.03	40.28	49.80	64.15	71.45
SEM		1.68	1.52	1.79	1.95	2.00	2.13
Variety		0.0123	<0.0001	0.0165	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Processing		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001

در مطالعه شورنگ و همکاران (۲۰۰۷) پرتوتابی با اشعه گاما با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری باعث کاهش بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری موثر و افزایش بخش کندتجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویا شدکه این پژوهشگران علت کاهش بخش سریع تجزیه تشکیل اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پروتئینی و ژلاتینه شدن نشاسته گزارش کردند. تقی-نژاد و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که پرتوتابی کنجاله کانولا با دز ٤٥ کیلوگری سبب تشکیل اتصالات عرضی و دناتوره شدن پروتئین شده که از هیدرولیز آنزیمی آن جلوگیری می‌کند اما در پرتوتابی با مقادیر ۱۵ و ۳۰ کیلوگری احتمالا سبب شکسته شدن پیوندهای دی‌سولفیدی و باز شدن ساختار پروتئین می‌شود. اخیرا فرایند پرتوتابی با گاما در کاهش تجزیه پروتئین خام دانه‌ها و کنجاله‌های پروتئینی به‌وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه موفق بوده است (قنبری و همکاران ۲۰۱۲). پرتو یون‌ساز همانند حرارت از جمله عوامل فیزیکی واسرشت‌کننده پروتیئن است. پرتوگاما سبب کاهش حل شدن پروتئین از طریق پیوند عرضی بین زنجیره‌ها و انباشتگی پروتئین می‌شود(داویس و همکاران ۱۹۸۷ و گابر ۲۰۰۵). به‌طور کلی تحت تاثیر پرتوتابی گاما علت کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کندتجزیه پروتئین خام را می‌توان در رابطه با تغییر ساختمان پروتئین و کاهش حلالیت آن دانست. براساس نتایج حاصل باافزایش ساعات انکوباسیون پرتوتابی گاما منجر به کاهش معنی‌داری($P<0/05$)بر کنتیک تجزیه‌پذیری نشاسته ارقام مختلف دانه جو (بهمن‌آبی، ماکوئی و سهند) شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تاثیر پرتوتابی گاما و رقم بر فراسنجه های تجزیه پذیری پروتئین خام دانه جو

Table 5- Effects of Gamma irradiation and variety on CP degradability parameters of barley grain

		(parameters)					
(Variety)	(Irradiation) (KGy)	a (%)	b (%)	c (%h^{-1})	ED 0.03	ED 0.05	ED 0.08
(BahmanAbi)	0	44.97	50.10	0.092	87.30	79.26	73.80
	50	38.43	54.38	0.095	78.32	70.55	68.33
	100	25.13	60.88	0.080	76.50	68.20	60.45
	150	19.57	67.09	0.069	73.11	61.27	54.21
(Makoei)	0	44.10	52.65	0.071	85.00	74.80	68.70
	50	36.37	58.24	0.106	75.56	65.56	59.32
	100	25.87	65.05	0.099	66.30	56.33	50.13
	150	16.04	69.32	0.357	60.42	50.12	47.66
(Sahand)	0	37.58	59.72	0.080	85.26	74.26	67.43
	50	26.54	63.80	0.083	80.70	62.36	55.80
	100	20.06	69.44	0.116	69.63	58.92	51.22
	150	14.16	74.30	0.068	61.85	49.82	46.74
SEM		1.55	1.77	0.073	1.69	1.60	1.53
Variety		<0.0001	<0.0001	0.3180	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Processing		<0.0001	0.0100	0.5308	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		<0.0001	0.0049	0.2607	0.0003	0.0007	0.0006

مقایسات آماری نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵)بین سطوح مختلف پرتوتابی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) بر کنتیک تجزیه‌پذیری نشاسته دانه‌های جو است. اثر متقابل رقم و عمل‌آوری در تمام ساعات انکوباسیون سبب کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۵) بر کنتیک تجزیه‌پذیری نشاسته ارقام مختلف دانه جو با سطوح مختلف پرتوتابی گاما شد. اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) از لحاظ تجزیه‌پذیری نشاسته در ساعات مختلف پس از انکوباسیون و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری بین ارقام مختلف مشاهده شد. مقایسه میانگین سطوح مختلف عمل‌آوری گاما نشان داد که عمل‌آوری به در دز ۱۵۰ کیلوگری بیشترین تأثیر را بر کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین دارد و در مقایسه با سطوح دیگر عمل‌آوری نتیجه بهتری دارد. داده‌های مربوط به اثر عمل‌آوری و اثر متقابل رقم و عمل‌آوری برای تمامی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) را نشان داد.

عمل‌آوری ارقام جو با پرتو گاما در دز ۱۵۰ کیلوگری در مقایسه با سایر سطوح سبب کاهش بخش محلول، افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه شد. با این‌حال سرعت تجزیه‌پذیری بخش بالقوه قابل‌تجزیه تحت تاثیر پرتوتابی گاما تغییر معنی‌داری نداشت. میزان تجزیه-پذیری مؤثر در نرخ عبور (۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۰۸) در ارقام جو (بهمن آبی، ماکوئی و سهند) روند کاهشی(P<۰/۰۵) داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- تاثیر پرتوتابی گاما و رقم بر کنتیک تجزیه پذیری نشاسته دانه جو

Table 6- Effects of Gamma irradiation and variety on starch degradability kinetics of barley grain

(Variety)	(Irradiation) (KGy)	Incubation Time (hour) 2	4	8	12	24	48
(BahmanAbi)	0	56.46	65.86	78.05	85.07	93.05	95.24
	50	58.52	19.63	70.33	75.56	86.38	92.79
	100	10.47	22.62	69.67	73.11	84.12	89.80
	150	64.45	83.60	64.25	70.09	82.06	85.32
(Makoei)	0	60.44	65.21	73.06	82.28	90.92	97.03
	50	75.56	56.85	68.29	79.07	89.24	93.58
	100	66.51	41.54	65.74	75.90	87.30	90.63
	150	40.45	75.50	60.88	74.71	86.50	88.21
(Sahand)	0	61.05	67.48	77.05	83.48	92.72	96.57
	50	51.55	55.85	67.72	76.78	89.56	93.80
	100	67.46	54.02	63.48	74.11	86.55	90.13
	150	21.40	51.81	62.06	72.19	83.47	88.79
SEM		1.25	0.719	0.537	0.608	1.12	0.741
Variety		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0067	0.1309	<0.0001
Processing		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		<0.0001	<0.0001	0.0007	<0.0001	0.0044	0.0019

عمل‌آوری با بهبود دسترسی آنزیم‌ها به گرانول‌های نشاسته می‌تواند محل هضم پروتئین و نشاسته رااز شکمبه به روده تغییر دهد (اورسکوف ۱۹۸٦؛ آونز و همکاران ۱۹۸٦ و تئورير ۱۹۸٦)درنتیجه باعث بهبود فراهمی اسیدهای آمینه و گلوکز برای متابولیسم حیوان می‌شود. نوسک و همکاران (۱۹۹۱) همچنین،افزایش هضم پروتئین و نشاسته درروده باریک دفع نیتروژن وکربوهیدرات راکاهش می‌دهد؛ زیرا ورود مقدار زیادی نشاسته به روده بزرگ، تحریک رشد میکروبی درروده بزرگ و درنتیجه افزایش دفع نیتروژن رابه دنبال دارد (توسی ۲۰۰۳). عمل‌آوری باید طوری صورت گیرد که باعث افزایش جریان پروتئین و نشاسته به روده کوچک شود، بدون این‌که قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش کاهش یابد (بنگوچی و همکاران ۲۰۰۵). ساختار آندوسپرم دانه غلات به‌صورتی است که بین تجزیه‌پذیری نشاسته و تجزیه‌پذیری پروتئین شکمبه‌ای ارتباط مستقیم وجود دارد و با کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین با روش‌های مختلف، میزان تجزیه‌پذیری و در دسترس بودن گرانول‌های نشاسته کاهش می‌یابد.

بنابراین، نه تنها ماتریکس پروتئینی و روش عمل‌آوری بلکه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، میزان و سطح در دسترس بودن گرانول‌های نشاسته برای آنزیم‌های میکروبی روی تجزیه‌پذیری نشاسته در شکمبه تاثیر می‌گذارد (مک آلیستر و همکاران ۱۹۹۳). در پژوهشی تحت تأثیر تیمار حرارتی کاهش در میزان تجزیه‌پذیری در رقم جو سهند بیشتر از رقم جو ماکوئی بود که احتمالاً این تأثیر به ساختار سلولی ارقام مربوط می‌شود (سروری و همکاران ۲۰۱۵). پرتوتابی با واسرشتی پروتئین، سبب عرضه گروه‌های غیر قطبی اسیدهای آمینه داخل ساختار گلوبولی پروتئین شده و

www.SID.ir

Archive of SID

در نتیجه سبب افزایش آب گریزی پروتئین می‌شود (ون سوست ۱۹۹٤). با افزایش آب گریزی پروتئین، تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه کاهش می‌یابد.این کاهش از نظر تغذیه‌ای مطلوب است چرا که اثرات منفی میزان تجزیه‌پذیری بالای دانه جو را در شکمبه تعدیل نموده و می‌تواند باعث جلوگیری از بروز اسیدوز شکمبه‌ای گردد. شورنگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که پرتوتابی باعث کاهش بخش سریع تجزیه دانه جو شد و دلیل آن را کاهش در دسترس بودن پروتئین برای میکروب‌های شکمبه به‌دلیل تغییر ساختار پروتئین عنوان کردند. محتوای لیپید موجود در دانه غلات در دامنه‌ای بین ۱ تا ۱٤ گرم در هر کیلوگرم نشاسته است لذا کمپلکس لپید و نشاسته می‌تواند بر هضم نشاسته تاثیر گذار باشد و تماس بین آنزیم و سوبسترا را کاهش دهد (قربانی و همکاران ۲۰۱۷). علاوه براین، مقدار این کمپلکس تاثیر سوئی بر تورم نشاسته دارد زیرا این ترکیب باعث افزایش خاصیت آبگریزی نشاسته می‌شود و لیپیدها ازاین طریق در قابلیت هضم نشاسته تاثیر می‌گذارند (قربانی و همکاران ۲۰۱۷). همچنین سهم پروتئین در بخش سطحی گرانول‌های نشاسته افزایش یافته و با ایجاد ماتریکس پروتئینی سبب سختی و مقاومت گرانول‌های نشاسته می‌شود(قربانی و همکاران ۲۰۱۷). پرتو گاما سبب ایجاد رادیکال‌های آزاد می‌شود که باعث تغییر ساختار مولکول‌های نشاسته می‌گردد(سیسلا ۱۹۹۱). رادیکال‌های آزاد قادر به هیدرولیز پیوندهای شیمیایی بوده و قادر به شکستن مولکول‌های بزرگ نشاسته و تبدیل آن به دکسترین می باشد (لی و همکاران ۲۰۰۳). سیسلا (۲۰۰۳) گزارش کرد پرتو گاما باعث کاهش خاصیت کریستالی نشاسته، تخریب کمپلکس لیپید ـ آمیلوز و نهایتا سبب کاهش پایداری گرانول‌های نشاسته و حساس شدن آن‌ها به آنزیم‌های تجزیه‌کننده نشاسته می‌شود. قربانی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند پرتو گاما می‌تواند از طریق ایجاد تغییر ساختاری در پلیمر نشاسته باعث کاهش پایداری ارتباط نشاسته با لیپید یا پروتئین شود و از این طریق باعث بهبود خاصیت ژلاتینه شدن نشاسته و افزایش قابلیت هضم نشاسته می‌شود. عمده‌ترین عامل در مقاومت تجزیه نشاسته وجود ترکیبات غیرنشاسته‌ای مانند لیپید و پروتئین در ساختار پلیمر نشاسته است این پیوند و یا ماتریکس مانع از دسترسی آنزیم‌های آمیلولیتیک به ساختار درونی گرانول‌های نشاسته می‌شود. پرتوهای یونی می‌توانند با ارتباط بین ترکیبات غیرنشاسته‌ای موجود بین لیپید یا پروتئین با آمیلوز را سست کرده و به‌این ترتیب ساختار را در معرض حملات آنزیمی قرار داده و آن‌ها را مستعد تجزیه آنزیمی کند (لی و همکاران ۲۰۰۳).

بنابراین با استناد به این‌که ساختمان آندوسپرم دانه غلات به‌گونه‌ای است که بین توزیع مواد مغذی در ماتریکس پروتئینی با گرانول‌های نشاسته ارتباط وجود دارد می‌توان گفت علت کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته در ارتباط با کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام تحت تاثیر سطوح مختلف پرتوتابی گاما در ارقام مختلف دانه‌جو دانست بدین ترتیب نشاسته دانه جو و به لحاظ اینکه پرتوهای یون‌ساز گاما با ایجاد پیوندهای عرضی و اتصال پروتئین‌ها به‌هم و تشکیل ژل سبب ایجاد پیوندهای مقاوم به هضم آنزیمی و کاهش دسترسی میکروب‌ها و آنزیم‌های میکروبی به سوبسترا می‌شود بدین ترتیب سبب افزایش نشاسته عبوری به همراه افزایش پروتئین عبوری از شکمبه به روده کوچک می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- تاثیر پرتوتابی گاما و رقم بر فراسنجه های تجزیه پذیری نشاسته دانه جو

Table 7- Effects of Gamma irradiation and variety on starch degradability parameters of barley grain

(Variety)	(Irradiation) (KGy)	(parameters) a (%)	b (%)	c (%h^{-1})	ED 0.03	ED 0.05	ED 0.08
(BahmanAbi)	0	44.35	51.04	0.086	88.73	81.50	76.36
	50	44.06	52.93	0.134	84.54	76.00	72.49
	100	37.00	56.54	0.243	82.86	75.70	70.16
	150	30.89	59.51	0.073	78.10	72.66	69.80
(Makoei)	0	54.98	43.86	0.066	88.70	80.00	72.56
	50	43.50	47.46	0.094	83.06	74.70	69.35
	100	37.31	54.67	0.104	82.83	73.53	67.26
	150	34.58	57.03	0.088	80.54	72.21	66.73
(Sahand)	0	53.19	43.86	0.098	89.56	82.20	77.33
	50	42.97	46.47	0.084	84.06	73.85	69.50
	100	32.78	58.94	0.110	83.13	73.66	67.06
	150	27.94	66.15	0.132	81. 30	73.45	66.31
SEM		2.25	2.05	0.049	0. 518	0.451	0.877
Variety		0.0629	0.1991	0.4057	0.0333	0.0064	0.0003
Processing		<0.0001	<0.0001	0.3695	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		<0.0001	0.0001	0.6150	0.0002	<0.0001	0.0065

a: fast decomposition section, b: slow decomposition section, c: decomposition rate section (h), ED: effective decomposition.

قابلیت متابولیسم و گوارش‌پذیری روده‌ای نشاسته و پروتئین خام

جدول ۸ نشان دهنده‌ی توزیع پروتئین خام در سیستم پروتئین متابولیسمی و سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد تحت تاثیر پرتوتابی گاما با افزایش مدت زمان پرتوتابی میزان بخش سریع تجزیه پروتئین، پروتئین حقیقی (پروتئین ناپدید شده در شکمبه) ، پروتئین تجزیه‌پذیر موثر در شکمبه ارقام مختلف جو (بهمن آبی و ماکوئی و سهند)روند کاهشی و میزان پروتئین غیرقابل‌تجزیه در شکمبه، پروتئین عبوری از شکمبه، پروتئین با تجزیه‌پذیری آهسته و پروتئین میکروبی و نسبت پروتئین پروتئین عبوری بر غیرقابل‌تجزیه در شکمبه دانه‌های جو است. همچنین اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) بر کاهش میزان بخش سریع تجزیه پروتئین، پروتئین حقیقی و پروتئین تجزیه‌پذیر موثر در تجزیه‌پذیری آهسته و پروتئین میکروبی افزایش معنی-داری داشت ($P<0/05$). مقایسه‌های آماری نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف پرتوتابی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) برافزایش میزان پروتئین غیرقابل-تجزیه در شکمبه، پروتئین عبوری از شکمبه، پروتئین با تجزیه‌پذیری آهسته و پروتئین میکروبی و نسبت پروتئین پروتئین عبوری بر غیرقابل‌تجزیه در شکمبه دانه‌های جو است. همچنین اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) بر کاهش میزان بخش سریع تجزیه پروتئین، پروتئین حقیقی و پروتئین تجزیه‌پذیر موثر در

www.SID.ir

Archive of SID

شکمبه دانه‌های جو مشاهده شد. عمل‌آوری حرارتی در تمام سطوح سبب کاهش قابل ملاحظه($P<0/05$) بخش آهسته تجزیه پروتئین در رقم جو سهند برخلاف ارقام دیگر شد. در توضیح این نتیجه بیان شد که پرتوتابی باعث باز شدن رشته‌های پروتئین در معرض قرار گرفتن گروه‌های غیر قطبی شده و موقعیت را برای فعالیت آنزیم‌های پپسین و تریپسین مهیا می‌سازد. با-توجه به نتایج فوق، هر چند پرتوتابی باعث افزایش پروتئین محلول و کاهش بخش کند تجزیه شد ولی با توجه به کاهش نرخ تجزیه و کاهش قابلیت هضم روده-ای پروتئین خام در اثر پرتوتابی و متاثر نشدن معنی‌دار قابلیت هضم پس از شکمبه پروتئین خام از پرتوتابی، می‌توان این گونه بیان داشت که پرتوتابی با گاما با مقادیر کمتر از ۱۵۰ کیلوگری باعث بهبود کیفیت پروتئین خام شده است (شورنگ و همکاران ۲۰۰۸). پرتوتابی سبب لیگنین‌زدایی، انهدام ساختار و دپلیمریزه شدن سلولز کریستالین و کاهش مقدار الیاف خام و دیواره سلولی می شود. پرتوهای یون‌ساز با ایجاد پیوندهای عرضی و اتصال پروتئین‌ها به‌هم و تشکیل ژل سبب ایجاد پیوندهای مقاوم به هضم آنزیمی و کاهش دسترسی میکروب‌ها و آنزیم‌های میکروبی به سوبسترا و در نتیجه افزایش پروتئین عبوری از شکمبه به روده می‌شود (لی و همکاران ۲۰۰۵).

جدول ۸- تأثیر پرتوتابی گاما و رقم بر توزیع پروتئین خام دانه جو بر اساس سیستم پروتئین قابل متابولیسم (گرم بر کیلوگرم پروتئین خام)

Table 8- Effects of Gamma irradiation and variety on protein metabolizability of barley grain (g.kg CP)

(Variety)	(Irradiation) (KGy)	(parameters) QDP	SDP	RDP	ERDP	UDP	DUP	DUP.UDP	MP
(BahmanAbi)	0	541.29	412.54	953.84	845.57	42.72	55.52	0.77	581.78
	50	200.31	476.73	681.49	646.36	301.84	339.97	0.89	712.21
	100	205.61	489.50	698.19	629.28	310.04	355.49	0.87	726.04
	150	127.21	413.12	521.73	511.92	458.40	520.81	0.88	792.27
(Makoei)	0	495.20	430.39	925.60	826.56	75.74	89.97	0.84	602.68
	50	142.85	486.03	631.07	592.87	349.66	394.44	0.89	730.80
	100	157.33	473.45	604.58	603.45	375.34	415.73	0.90	755.17
	150	115.96	460.89	587.25	553.63	413.61	467.78	0.88	771.81
(Sahand)	0	418.87	485.50	904.37	820.60	99.59	114.36	0.87	622.72
	50	252.76	367.14	622.74	577.04	345.93	381.96	0.91	701.85
	100	221.03	408.19	629.96	582.78	373.58	409.50	0.91	726.47
	150	150.96	389.28	556.87	521.31	419.60	473.56	0.89	734.58
SEM		0.916	0.735	1.50	1.34	1.51	1.67	0.003	0.802
P values									
Variety		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Processing		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Variety * Processing		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

دلیل افزایش قابلیت هضم روده‌ای پروتئین خام کنجاله-ها، افزایش آب‌گریزی سطح مولکول‌های پروتئین به دلیل جدا شدن پیوندهای هیدروژنی و سایر پیوندهای ضعیف غیرکوالانسی و تغییر موقعیت اسیدهای آمینه در اثر پرتوتابی است. با توجه به‌این که گروه‌های جانبی اسید آمینه آب گریز، گروه فعال شیمیایی آنزیم-های پپسین، تریپسین و کیموتریپسین است این عمل-آوری شرایط مناسبی برای فعالیت بیشتر آنزیم‌های تریپسین کیموتریپسین در روده فراهم می‌کند (موری و همکاران ۲۰۰۳). شورنگ و همکاران (۲۰۰۷) و تقی‌نژاد

www.SID.ir

Archive of SID

و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که استفاده از پرتوتابی سبب افزایش سهم پروتئین عبوری از شکمبه می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تفاوت در پاسخ ارقام مختلف جو به پرتوتابی با گاما و لزوم انجام آزمون درون‌تنی بود. پرتوتابی گاما می‌تواند مانند سایر روش-های متداول عمل‌آوری برای کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک، نشاسته و پروتئین شکمبه‌ای و افزایش نشاسته و پروتئین عبوری قابل هضم مورد استفاده قرار گیرد و با کند کردن تخمیر منجر به بهبود اکوسیستم شکمبه و کاهش خطرات احتمالی اسیدوز شود.

منابع مورد استفاده

AOAC, 2000. Official methods of analysis, 17 thed. Association of official analytical chemists, MD, USA Association of Analytical Communities.

Agricultural Food Research Council, 1993. Energy and protein requirements of ruminants. In:AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.

Al-Masri, M. R. 1999. In vitro digestible energy of some agricultural residues, as influenced by gamma irradiation and sodium hydroxide. Applied Radiation Isotopes. 50: 295-301.

Al-Masri MR and Zarkawi M, 1999. Changes in digestible energy values of some agricultural residues treated with gamma irradiation. Applied Radiation Isotopes. 50: 883-885.

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

Al-Masri MR and Zarkawi, 1994. Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of In vitro digestible energy of some agricultural residues as influenced by gamma irradiation and sodium hydroxide. Applied Radiation and Isotopes 50: 295-301.

Arieli A, Bruckental I, Kedar O and Sklan D, 1995. In Sacco disappearance of starch nitrogen and fat in processed grains. Animal Feed Science and Technology 51: 287-295.

Arvanitoyannis IS, 2010. Irradiation of food commodities: techniques, applications, detection, legislation, safety and consumer opinion. Elsevier's Science and Technology Rights Department in Oxford, Ioannis Arvanitoyannis, eBook, UK. [On-line]. www.elsevierdirect.com.

Baldwin PM, 2001. Starch granule-associated proteins & polypeptids: A review. Starch 53:475-503.

Bengochea WL, Lardy GP, Bauer ML and Navarro SA, 2005. Effect of grain processing degree on intake, digestion, ruminal fermentation and performance characteristics of steers fed medium-concentrate growing diets. Journal of Animal Science. 83:2815-2825.

Cho Y, Yang JS and Song KB, 1999. Effect of ascorbic acid and protein concentration on the molecular weight profile of bovine serum albumin and b-lactoglobulin and c-irradiation. Food Research International 32: 515-519.

Ciesla K, Roos Y and Gluszewski W, 2000. Denaturation processes in gamma irradiated proteins studied by differential scanning calorimetry. Radiation Physics Chemistry. 58: 233-243.

Ciesla K, 2003. Gamma irradiation influence on wheat flour gelatinization. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 74: 254-259.

Ciesla K, Gwardys E and Zoltowski T, 1991. Changes of relative crystallinity of potato starch under gamma irradiation. Starch/Starke, 43: 251-253.

Coblentz, W. K., J. O. Fritz, R. C. Cochran, W. L. Rooney, and K. K. Bolsen. 1997. Protein degradation responses to spontaneous heating in alfalfa hay evaluated by in situ and ficin methods. J. Dairy Science. 80:700–713.

Davies KJA and Delsignore ME, 1987. Protein damage and degradation by oxygen radicals III. Modification of secondary structure and tertiary structure. Journal of Biological Chemistry 262: 9908–9913.

Dann HM, Varga GA and Putnan DE, 1999. Improving energy supply late gestation and early postpartum dairy cows. Journal of Dairy Science 82: 1765-1778.

Ebrahimi SR, Nikkhah A and Sadeghi AA, 2010. Changes in nutritive value and digestion kinetics of canola seed due to microwave irradiation. J Animal Science 23: 347–354.

www.SID.ir

Archive of SID

Ebrahimi-Mahmoudabad SR and Taghinejad-Roudbaneh M, 2011. Investigation of electron beam irradiation effects on anti-nutritional factors, chemical composition and digestion kinetics of whole cottonseed, soybean and canola seeds. Radiation Physics and Chemistry 80 :1441-1447.

FAOSTAT,2015. The agricultural production domain. Available from: http:faostat.fao.org.site.339.default.aspx (January 31 2015) .

Fathi Nasri MH, France J, Danesh Mesgaran M and Kebreab E, 2008. Effect of heat processing on ruminal degradability and intestinal disappearance of nitrogen and amino acids in Iranian whole soybean. Journal of Livestock Science 113: 43-51.

Farag, MDEH, 1999. Effect of radiation and other processing methods on protein quality of sunflower meal. Journal of Science Food Agricultur 79: 1565-1570.

Gaber MH, 2005. Effect of γ-irradiation on molecular properties of bovine serum albumin. Journal of Bioscience Bioengineering 100:203-206.

Gargallo S, Calsamiglia S and Ferret A, 2006. Technical note: A modified three step in vitro pr ocedure to determine intestinal digestion of proteins. Journal of Animal Science. 84: 2163- 2167.

Garrison WM, 1987. Reaction mechanism in the radiolysis of peptides, polypeptides, and proteins. Journal of Chemistry Review 87: 381-398.

Ghanbari F, Ghoorchi T, Shawrang P, Mansouri H and Torbati-Nejad NM, 2012. Comparison of electron beam and gamma ray irradiations effects on ruminal crude protein and amino acid degradation kinetics, and in vitro digestibility of cottonseed meal. Radiation Physics Chemistry 81: 672-678.

Ghezeljeh AE, MesgaranDM, Moghaddam NH and Vakili A, 2011. Bulk density, chemical composition and in vitro gas production parameters of Iranian barley grain cultivars grown at different selected climates. African Journal of Agricultural Research,6: 1226-1232.

Gholizadeh H, Naserian A A, Valizadeh RA and Tahmasbi M, 2017. Study of Carbohydrate and Protein Fractions in Different Barley Cultivars Using Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) Iranian Journal of Animal Science Research Vol. 8, No. 4, p. 541-552. (in Persian).

Ghorbani B, Ghoorchi T, Shawrang P and Zerehdaran S, 2017. Effects of different level of Gamma Irradiation on barley and soybean seeds on rumen degradation rate and performance of lambs. Research on Animal Poduction. Vol. 8, No. 15. (in Persian).

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

LeeYS, Lee JW, Kim JH, Kim DS and Byun MW, 2003. Effects of gamma irradiation on physicochemical and textural properties of starches. Food Science and Biotechnology.12: 508-512.

Lee Maire M, Thauvette L, De Foresta B, Viel A, Beauregard G and Potier M, ۱۹۹۰. Effects of ionizing radiations on proteins. Biochemistry Journal. 267:431-439.

Licitra G, Hernandez T and Van Soest P, 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology. 57: 347-358.

Lowton J E.1952. Effect of high- energy cathode rays on cellulose. Indian Chernistry. 44; 2848.

Lykos T and Varga GA, effects of processing method on degradation characteristics of protein & carbohydrate sources in situ. 1995. Journal of Dairy Science. 78 (8): 1789- 801.

Mani, V. and P. Chandra. 2003. Effect of feeding irradiated soybean on nutrient intake, digestibility and N-balance in goats. Small. Rum. Res. 48: 77-81.

McAllister T and Cheng KJ, 1992. Effect of Formaldehydetreated barley or escape protein on nutrient digestibility growth and carcass traits of feedlot lambs. Can. Journal of Animal Science 72:309-316.

MacAllister TA, Rode Lm, Cheng KJ, Schaefer DM and Vossterton JW. 1990. Morphological study of the digestion of barley and maize grain by rumen microorganisms. Animal Feed Science and Technology 30 (1-2), 91- 105.

McMannusWR, Manta L, McFarlane JD and Gray AC, 1972. The effect of diet supplementation and g-irradiation on dissimilation of low-quality roughages by ruminants. I. Studies on the terylene- bag technique and effects of supplementation of base ration. Journal of Agricultural Science (Cambridge), 79: 27-40.

Mathison G, 1996. "Effects of processing on the utilization of grain by cattle." Animal feed science and technology 58 (1): 113-125.

Murray RK, Granner DK, Mayes PA and Rodwell VW, 2003. Harper's Biochemistry. 26th ed., McGrawHil New York, USA.

www.SID.ir

Archive of SID

Nocek JE and S Tamminga, 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield a composition. Journal of Dairy Science 74: 3598-3629.

Orskov E R, 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. Journal of Animal Scince 63:1624-1633.

Owens FN, Zinn RA & Kim YK, (1986). Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. Journal of Animal Science, 63: 1634-1648.

Parrott, J.C., S. Mehen, and W.H. Hale. 1969. Digestibility of dry rolled and steam processed flaked barley. J. Anim Sci 28: 425-428.

Rosa J & Barbosa-Canovas GV,2003. Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques. Crit. Rev. Feed Science Nutrition., 43, 265 -285.

Rose R, Rose C, Steven K, omi keith R Forry, Daniel M, Durall and Bigg WL, 1991. Starch determination by perchloric acid vs enzymes: evaluating the accuracy and precision of six colorimetric methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 39, 2- 11.

Sadeghi AA and Shawrang P, 2008. Effects of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. Animal Feed Science and Technology, 141:184-194.

Sarvari S, Hosseinkhani A, Taghizadeh A, Janmohammadi H, Daghighkia H and Mohammadzadeh H.2015. The effects of variety and time of roasting on chemical composition and estimate fermentation and physical parameters of barley grain using invitro gas production technique. Journal of Animal Science Research (Agricultural Science), Vol. 25, No. 3. (in Persian)

SAS, 2002. Version 9.1 SAS.STAT user's guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.

Shahbazi HR, Sadeghi AA, Fazaeli H, Raisali G, Chamani M and Shawrang P, 2008. Effects of electron beam irradiation on ruminal NDF and ADF degradation characteristics of barley straw. Jornal of Animal Veterinary Advances. 7(4): 464-468.

Shawrang P & Sadeghi AA, 2007. Effects of gamma irradiation on protein degradation of safflower meal in the rumen. Proceedings of the British Society of Animal Science. University of York, UK. pp 168.

Shawrang P & Sadeghi AA, 2008. Effects of gamma irradiation on protein degradation characteristics of pea. Proceedings, the British Society of Animal Science. 31 March-2 April, 2008, Scarborough. pp. 217.

Shawrang P, Nikkhah A, Sadeghi AA, Zareh A and Raisali G, 2006. Monitoring the fate of gamma irradiated canola meal proteins in the rumen. Journal of Animal Science. 84, Suppl. 1/ Journal of Dairy Science 89. (Suppl.1). pp. 368.

Taghinejad M,2009. Nutritional quality of gamma and electron beam-irradiated canola meal. EAAP-60th Annual Meeting, August 24-27, 2009, Barcelona, Spain. pp. 570.

Takacs E and Wojnarouits L, 1999. Effect of gamma irradiation on cotton cellulose. Radiation Physics Chemistry. 55: 663 – 666.

Taub, I.A., F.M. Robbins, M.G. Simic, J.E. Walker and E. Wierbick. 1979. Effect of irradiation on meat proteins". Food Technology 33, 184-193.

Theurer CB, 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. Journal of Animal Science 63:1649-1662.

Tothi R, 2003. Processed grains as a supplement to lactating dairy cows. PhD Thesis. Wageningen University Wageningen the Netherlands.

Van Soest PJ, 1994. Nutritional Ecology of the Ruminants. 2nd Edition. Cornell University Press. NY. USA.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA, 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74, 3583–3597.

Vanzant E, Cochran S and Titgemeyer EC, 1998. Standardization of in situ techniques for ruminant feed stuff evaluation. Journal of Animal Science 76: 2717- 2729.

Wang Y, Greer D and T A McAllister. 2003. Effects of moisture, roller setting and saponin-based surfactant on barley processing, ruminal degradation of barley and growth performance by feedlot steers. Journal of Dairy Science 81: 2145-2154.

Yang W Z, K A Beauchemin, and L M Rode. 2000. Effects of barley grain processing on extent of digestion and milk production of lactating cows. Journal of Dairy Science, 83:554-568.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of gamma irradiation on barley grain varieties on changes of chemical compounds and rumen starch and crude protein degradability

E Piradl[1], R Pirmohammadi[2] and H Khalilvandi[2*]

Received: October 27, 2018 Accepted: February 18, 2019
[1]PhD Candidate, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran
[2]Professor and Assistant Professor, respectively, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran
[*]Corresponding author: h.khalilvandi@urmia.ac.ir

Introduction: Barley is mainly used as a feed grain for livestock in Iran. Historically, barley has been traded at a significantly lower price than corn in the world market (FAOSTAT 2015). The endosperm of the barley kernel is surrounded by the pericarp, which is overlain by a fibrous hull, which is extremely resistant to microbial degradation in the rumen (Wang et al 2003). Some of the feed processing technique treats that remove or cracked the hull makes the starch more accessible to microbes, and increases the rate and extent of starch ruminal degradation. In these cases, processing is essential to maximize the utilization of barley grain by cattle, but extensive grain processing increases ruminal starch degradation, which often decreases feed intake in ruminants. On the other hand, in some cases, the feeding of barley-based high concentrate diets has been linked to an increased incidence of digestive disorders, resulting reduced feed intake, cattle going off-feed, laminitis, bloat, acidosis, rumenitis, and liver abscesses (Yang et al 2000). It is assumed that the rapid rate of fermentation of starch in barley grain contributes to these nutritional and health problems. Differences in chemical composition exist between barley cultivars. Individual barley varieties differ in terms of the composition of the protein matrix in the starchy endosperm of the grain and this characteristic might be expected to influence degradability in the rumen (Gholizadeh et al 2017). Optimum alteration of the site of starch digestion requires processing methods or conditions that increase starch flow to the duodenum without reducing its total tract digestibility. Additional glucose absorption at the duodenum may reduce the needs for gluconeogenesis and increase productivity of ruminants (Nocek and Tamminga 1991). According to Parrott et al (1969), they have reported improved nutritional efficiency due to grain processing in ruminants. Radiation is a physical process approach that has the potential to replace other methods of processing without affecting the protein structure without radioactive activity, and this process is likely to cause cross-linking and clumping of proteins (Mani and Chandra 2003). Shawrang and Sadeghi (2006, 2007 and 2008) argued that the protective mechanism of proteins from rumen degradation in highly processed feeds has been very wrapped, and chemical reactions such as the millard reaction that occurs during thermal processing may be responsible for the reduction of rumen degradability. These reactions have the effect of converting the protein into resistant compounds to rumen degradation. The ionizer rays affect the structure of the protein and cause it to tear apart. It has been argued that irradiation may form cross-linking and protein binding (Gaber 2005, Ebrahimi et al 2011). Previous studies have confirmed that differences in rate of degradation can occur between barley cultivars. Although, these differences may indicate that certain cultivars of barley are more desirable as feed grains than the others. There are a limited data available for Iranian barley grains and their response to processing to make solid recommendations in this regard. In order to improve the nutritional value of fast fermentation cereal grains in the rumen, gamma irradiation can be used as a suitable treatment method in this regard. It is also important to choose the best radiation duration and dosage in the irradiation method. The aim of this study was to determine the effects of gamma irradiation on ruminal dry matter, starch and crude protein degradability of different

www.SID.ir

Archive of SID

varieties of barley grain. Additionally, protein profile in metabolizable protein system was calculated.

Materials and methods: Barley varieties Makoei, Bahman Abi, and Sahand were irradiated with the use of the gamma ray of 60 cobalt and 50, 100, and 150 KGy doses at the center of radiation in Yazd. Kinetics and parameters of protein and starch degradability of nylon bag samples were evaluated using three male Holstein calves equipped with ruminal fistula at 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, and 48 hours based on a completely randomized block design. Incubations were repeated two times to ensure day to day variations. All barley samples were grounded to pass a 2 mm screen. Approximately 5 g (air dry) of samples were weighed in triplicate into 10 cm × 20 cm nylon bags (porosity = 50 μm). Dry matter was determined by oven-drying at 55 °C for 48 h. The crude protein and starch content were determined, accordingly. The protein profile based on the metabolic protein system was determined based on the relevant equations. The amounts of crude protein and starch in the samples before and after incubation were measured using the Kjeldahl system and acid digestion and anthrone, respectively. Parameters of degradability and effective degradability at different rumen crossing velocities were determined by nonlinear equations of McDonald and Erskoff and McDonald using (PROC NLIN) statistical software SAS 9/4. The AFRC equations were used to estimate the amounts of fast rumen protein, slow rumen protein, rumen effective protein, total rumen protein, and rumen nonmodifiable protein.

Results and discussion: Analysis of variance showed that gamma irradiation at different levels reduced starch and protein degradability in rumen among different cultivars ($P<0.05$). Among different studied cultivars, the Sahand varietie was affected more than other cultivars. Different responses of barley grain varieties to different levels of processing can be related to the content of nutrients in the fiber shell, the distribution of starch in different grain segments and the difference in the structure of starch granules. The results of this study showed that the cultivation of different barley grain varieties with gamma rays reduced the fast degradability ($P<0.05$). Based on the results, the differences in the response of different barleys to gamma rays showed that the best response was affect the nutritional parameters in order to improve rumen fermentation, protein degradation, starch and increase starch values can be irradiated at 50 kGy.

Conclusions: Gamma irradiation can be used as one of the commonly treatments to reduce the degradability of dry matter, starch and rumen protein, and increase starch and digestible escape protein and fermentation, it improves the rumen's ecosystem and reduced the risk of acidosis.

Key words: Barley, Degradability, Gamma, Processing, Starch

www.SID.ir