تحقیقات تولیدات دامی
سال دوم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۳۹۲ (۱۱-۱)

بررسی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله دانه‌های روغنی عمل‌آوری شده با استفاده از سیستم نورفور

سمیه پاشایی[۱]، تقی قورچی[۲*]، فرزاد قنبری[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استاد گروه تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

(تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱۹- تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۴)

چکیده

هدف از این پژوهش ارزیابی اثرات پرتوتابی گاما و الکترون بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله‌های پنبه‌دانه، آفتابگردان، سویا و کانولا با استفاده از سیستم نورفور (NorFor) بود. کنجاله‌ها با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری پرتوهای گاما و الکترون عمل‌آوری شدند. بخش پروتئین محلول (sCP) در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و اجزای پروتئین با پتانسیل تجزیه‌پذیری (pdCP) و نرخ تجزیه pdCP (kdCP) به روش *in situ* و با استفاده از سه راس گاو نر بالغ فیستولاگذاری شده در فواصل زمانی صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت تعیین شد. مقدار ۷۵ کیلوگری گاما بیشترین تاثیر را در کاهش مقدار sCP کنجاله‌های پنبه‌دانه، آفتابگردان، سویا و کانولا (به‌ترتیب با ۶۳/۵۲، ۱۳۳/۲۲، ۵۸/۷۴ و ۱۱۹/۲۰ گرم در کیلوگرم CP) داشت. عمل‌آوری با مقدار ۷۵ کیلوگری پرتوهای گاما و الکترون سبب مشاهده بیشترین مقدار pdCP در کنجاله‌های پنبه‌دانه (به ترتیب ۶۵۶/۴۱ و ۷۵۹/۵۰ گرم در کیلوگرم CP)، کانولا (به ترتیب ۷۹۰/۹۱ و ۷۶۸/۳۹ گرم در کیلوگرم CP) و سویا (به‌ترتیب ۸۴۷/۴۹ و ۸۵۸/۸۹ گرم در کیلوگرم CP) شد، درحالیکه در کنجاله آفتابگردان تنها مقدار ۲۵ کیلوگری گاما موجب افزایش pdCP (۷۰۶/۲۱ گرم در کیلوگرم CP) در مقایسه با تیمار شاهد (۵۴۰/۲۵ گرم در کیلوگرم CP) شد ($P<۰/۰۰۱$). نتایج نشان داد سیستم نورفور شباهت زیادی با سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل دارد. با توجه به سادگی سیستم نورفور نسبت به سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل، توصیه می‌شود متخصصین تغذیه دام از این سیستم استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: الکترون، تجزیه‌پذیری، کنجاله، گاما، نورفور

* نویسندهٔ مسئول: ghoorchit@yahoo.com

مقدمه

در سیستم‌های مختلف ارزیابی خوراک، برای تعیین پروتئین مواد خوراکی و یا به منظور برآورد نیاز پروتئین نشخوارکنندگان از معیارها و واحدهای مختلفی استفاده می‌شود (قره باش و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از مهمترین خصوصیات سیستم‌های ارزیابی خوراک این است که هنگام پیش‌بینی میزان هضم و متابولیسم مواد مغذی، روابط بین اجزای جیره، سطح خوراک‌دهی و خصوصیات حیوان مورد توجه قرار گیرد. با در نظر گرفتن این روابط متقابل و نیز تعیین نوع روابط (خطی، منحنی و یا غیرخطی بودن) برای بسیاری از پارامترهای تغذیه‌ای، امکان پیش‌بینی ارزش تغذیه‌ای حقیقی فراهم خواهد شد. اخیراً سیستم جدیدی تحت عنوان سیتم نورفور در شمال اروپا مطرح شده است. این سیستم ارزیابی خوراک گاو در قالب پروژه‌ای مشترک بین کشورهای دانمارک، ایسلند، نروژ و سوئد در سال ۲۰۰۱ شکل گرفت. ارایه دهندگان سیستم نورفور جهت طراحی این مدل به بررسی چندین سیستم ارزیابی خوراک از جمله سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل[1] (CNCPS, version 5.0.34) و NRC[2] (NRC, 2001) پرداخته و در مدل خود ۳ اصل اساسی را مورد توجه قرار داده‌اند: ۱) از لحاظ بهره‌وری از مواد مغذی، سودآوری و اثرات محیطی مدلی موثر باشد. ۲) امکان بهینه سازی جیره را فراهم نموده و از لحاظ جیره نویسی مدلی راحت و مناسب باشد. ۳) کاربرد آن ساده بوده و قابل فهم باشد. در سیستم نورفور، اطلاعات مربوط به تجزیه، هضم و ساخت پروتئین در دستگاه گوارش و نیز متابولیسم پروتئین در یک مدل تجمع یافته است. همچنین به منظور بهبود و پیشرفت ارزیابی خوراک و فرمولاسیون جیره، طرح نورفور اثر تداخل بین خصوصیات خوراک و ویژگی‌های دام را در یک مدل غیر خطی بررسی می‌کند (Gustafsson *et al.*, 2005). درحالیکه اکثر سیستم‌های ارزیابی خوراک از جمله سیستم پیچیده کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل تجزیه پروتئین در شکمبه را به وسیله مدل‌های درجه یک بیان می‌کنند (NRC, 2001). در سیستم نورفور پروتئین خام به اجزای پروتئین محلول (sCP[3])، پروتئین با پتانسیل تجزیه‌پذیری (pdCP[4])، پروتئین غیر قابل هضم (iCP[5]) و آمونیاک تفکیک می‌شود. sCP شامل دو بخش است: نیتروژن غیراسیدآمینه‌ای محلول (مانند نیتروژن آمونیاکی و نیتروژن اوره‌ای) که به طور کامل در شکمبه تجزیه می‌شود و نیتروژن اسیدآمینه‌ای محلول که به طور نسبی (۱۵۰ درصد در ساعت) در شکمبه تجزیه می‌شود. مجموع این اجزا پروتئین محلول خوراک را تشکیل می‌دهند (Volden, 2001). در این سیستم به منظور اندازه‌گیری pdCP از روش کیسه نایلونی استفاده می‌شود. اما پس از تجزیه و تحلیل نتایج حاصل، بخش کندتجزیه با استفاده از معادلات مربوطه محاسبه شده و از نظر مقدار پروتئین محلول تصحیح می‌شود تا میزان فراسنجه pdCP تخمین زده شود. pdCP شامل بخش کندتجزیه و قسمتی از بخش سریع‌تجزیه است که در واقع پروتئین غیرمحلول، اما تجزیه‌پذیر در شکمبه نامیده می‌شود. این در حالی است که تقسیم بندی پروتئین در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل بر اساس حلالیت آن در بافرها و شوینده‌ها، به روش برون‌تنی صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه پروتئین جیره نقش مهمی در فرایند تخمیر در شکمبه دارد، هر عاملی که موجب کاهش میزان تجزیه‌پذیری آن در شکمبه شود، علاوه بر کاهش تولید گاز متان در شکمبه، نقش مهمی در افزایش میزان پروتئین عبوری نیز خواهد داشت.

به دلیل بالا بودن احتیاجات پروتئینی گاوهای پرتولید، پروتئین میکروبی به تنهایی قادر به تامین احتیاجات آنها نیست؛ لذا فراهم نمودن منابع پروتئین عبوری یا غیر قابل تجزیه در شکمبه[6] برای این دام‌ها ضروری است. کنجاله‌های سویا، کانولا، پنبه دانه و آفتابگردان غنی از پروتئین بوده و به طور عمده در جیره دام مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کنجاله‌ها به دلیل تجزیه‌پذیری بالای پروتئین در شکمبه، از نظر تامین پروتئین عبوری برای دام‌های نشخوارکننده در محدودیت قرار دارند. روش‌های مختلفی جهت کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه اعمال شده است. یکی از روش‌های جدید عمل‌آوری منابع پروتئینی، استفاده از فرایند پرتوتابی است (Ghanbari *et al.*, 2012). بررسی‌ها نشان می‌دهد که پرتوتابی خوراک یکی از سالم‌ترین روش‌های فرآوری برای بهبود ارزش

1. Cornel Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)
2. National Research Council
3. Soluble Crude Protein
4. Potentially Degradable Crude Protein
5. Indigestible Crude Protein
6. Rumen Undegradable Protein (RUP)

تغذیه‌ای مواد غذایی است. سازمان بهداشت جهانی و نیز استانداردهای بین‌المللی، سالم بودن خوراک‌های پرتو داده شده را تایید کرده است (WHO, 1994).

با وجود اینکه سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل، سیستمی دقیق بوده و به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما به دلیل پیچیدگی فراوان آن (NRC, 2001)، نیاز به معرفی روش‌های جدیدی که در عین سادگی کارآمد باشند، خصوصاً در کشورهای در حال توسعه به شدت احساس می‌شود. با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای در ارتباط با بررسی و استفاده از سیستم جدید نورفور در کشورمان صورت نگرفته، هدف از این پژوهش معرفی سیستم نورفور و بررسی اثر پرتوهای گاما و الکترون بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین کنجاله‌های پنبه‌دانه، آفتابگردان، سویا و کانولا در این سیستم بود.

مواد و روش‌ها

مواد خوراکی مورد مطالعه در این پژوهش شامل کنجاله‌های پنبه‌دانه، آفتابگردان، سویا و کانولا بود. اقلام خوراکی نامبرده از شرکت تعاونی گاوداران و اسب‌داران استان گلستان تهیه شدند. پرتوتابی گاما در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی پزشکی و صنعتی سازمان انرژی اتمی ایران انجام گرفت. قبل از انجام پرتوتابی، رطوبت نمونه ماده‌های خوراکی به ۲۵ درصد رسانده شده و سپس در دمای اتاق با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری مورد پرتودهی قرار گرفتند. پرتودهی با نرخ متوسط ۰/۲۱ گری در ثانیه با استفاده از سیستم پرتودهی آزمایشگاهی مدل PX-30 انجام شد. پرتوتابی الکترونی نمونه‌های کنجاله‌ها در مرکز پرتوفرآیند یزد، وابسته به پژوهشکده کاربرد پرتوهای سازمان انرژی اتمی ایران انجام شد. شتاب دهنده الکترونی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت، رودوترون[1] بود. خوراک‌های مورد مطالعه با پرتو الکترونی ۱۰ مگاالکترون ولت و جریان باریکه الکترونی ۶ میلی‌آمپر با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری و با دقت ۵ درصد پرتودهی شدند. روش پرتودهی به‌صورت یک طرفه بود. برای تامین مقادیر مورد نیاز، نمونه‌ها چند بار در معرض پرتوهای الکترونی قرار گرفتند.

1. TT2200, IBA

تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام کنجاله‌ها

به منظور اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام کنجاله‌ها از روش کیسه‌های نایلونی استفاده شد. برای این منظور از سه راس گاو نر بالغ تالشی (وزن زنده ۱۰± ۳۵۰ کیلوگرم) دارای فیستولای شکمبه‌ای موجود در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور استفاده شد. دام‌های مورد آزمایش طبق روش استاندارد تکنیک کیسه‌های نایلونی در سطح نگهداری تغذیه شدند. نیاز نگهداری دام‌ها با استفاده از جداول استاندارد انجمن تحقیقات ملی (NRC, 2001) و با توجه به مواد خوراکی موجود تعیین شد (جدول ۱). جیره بر اساس نسبت ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره تعیین شد. مدت دو هفته به سازگاری دام‌ها با جیره مورد نظر اختصاص داده شد. زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت به منظور باقی ماندن کیسه‌های نایلونی در شکمبه در نظر گرفته شدند. به منظور افزایش دقت آزمایش، به ازای هر تیمار (۴ نوع کنجاله با ۷ سطح عمل‌آوری) در هر زمان انکوباسیون، تعداد ۲ کیسه درون شکمبه هر دام قرار داده شد. پس از شستشو، کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۶۵ درجه قرار داده شده تا خشک شوند (Volden, 2001). اندازه‌گیری میزان پروتئین خام نمونه‌های حاصل از زمان‌های مختلف انکوباسیون در شکمبه، با استفاده از روش کجلدال صورت گرفت. به منظور برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری از نرم افزار Fit curve استفاده شد. بدین منظور از رابطه (۱) استفاده شد (Ørskov and Mc Donald, 1979):

$$P = a + b\,(1-e^{-ct}) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

به‌طوریکه P: تجزیه‌پذیری در زمان t، a: بخش سریع‌تجزیه، b: بخش کندتجزیه و c: نرخ تجزیه بخش b پروتئین خام بود.

تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین به روش نورفور

در این آزمایش میزان پروتئین محلول (sCP) کنجاله‌ها با استفاده از روش Volden (2001) اندازه‌گیری شد. در این روش sCP نمونه‌ها با استفاده از بافر بورات- فسفات (pH=۶/۷۵ و دمای ۳۹ درجه سانتیگراد) استخراج شد و سپس به وسیله روش کجلدال مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در سیستم نورفور مقدار بخش کندتجزیه حاصل از نتایج

جدول ۱- اجزای خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره در آزمایش تجزیه‌پذیری

Table 1. Ingredient and chemical composition of the experimental diet

Item	Amount
Ingredient (g/kg of total diet DM)	
Alfalfa hay	54
Wheat straw	543
Corn grain	43
Barley grain	301
Soybean meal	52
Calcium carbonate	2
Mineral-vitamin permix[a]	5
Chemical composition[b]	
DM (g/kg)	936.1
CP (g/kg of DM)	82.3
EE (g/kg of DM)	11
Ash (g/kg of DM)	72
NDF (g/kg of DM)	550
ADF (g/kg of DM)	304
Ca (g/kg of DM)	3.4
P (g/kg of DM)	3.67
GE (cal/g)	4211.25

[a] Mineral-vitamin premix contained per Kg DM: Ca, 170 g; P, 60 g; Mg, 50 g; Fe, 3 g; Cu, 2 g; Mn, 4 g; Zn, 6 g; Co, 0.1 g; I, 0.25 g; Se, 0.03 g; NaCl, 250 g; vitamin A, 300000 IU; vitamin D3, 60000 IU; vitamin E, 0.5 g.

[b] DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extract; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; GE, gross energy.

تجزیه‌پذیری با توجه به مقدار sCP تصحیح شده و به عنوان pdCP ارایه شد (رابطه ۲):

رابطه (۲) $pdCp=b+(a-sCP)*(b/1-a)$

فراسنجه‌هایی که در سیستم نورفور مورد ارزیابی قرار می‌گیرند شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با سایر سیستم‌های موجود دارند. در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل، پروتئین خام خوراک به ۵ قسمت (A, B_1, B_2, B_3, C) تقسیم می‌شود که این ۵ بخش سرعت‌های تجزیه متفاوتی در شکمبه دارند. بخش A (مواد نیتروژن‌دار غیر پروتئینی) قسمتی از پروتئین خام است که در بافر بورات- فسفات محلول است (NRC, 2001). بنابراین تقریباً معادل بخش sCP در سیستم نورفور است. بخش iCP سیستم نورفور نیز همچون بخش C سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل غیر قابل تجزیه در شکمبه است. تفاوت عمده تقسیم‌بندی پروتئین در سیستم نورفور و سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل مربوط به بخش پروتئین حقیقی بالقوه قابل تجزیه است. در سیستم نورفور این جزء تحت عنوان pdCP نامگذاری شده است. درحالیکه در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل این جزء از ۳ زیر واحد تشکیل یافته است که هر کدام از این زیر واحدها سرعت عبور متفاوتی داشته و بر اساس حلالیت آنها در شوینده‌ها و بافرها اندازه‌گیری می‌شوند. در سیستم نورفور، بخش C (ثابت تجزیه پروتئین) به عنوان kdCP گزارش می‌شود. در این تحقیق آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ رأس گاو نر بالغ فیستولاگذاری شده صورت گرفت (۲۸ تیمار و ۳ تکرار). نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار SAS (2003) و رویه GLM آنالیز شد. به منظور مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار مورد بررسی قرار گرفت. همچنین سطح معنی‌داری مقایسات گروهی بین تیمارها نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

در این پژوهش اجزای پروتئین سیستم نورفور (sCP و pdCP) برای کنجاله‌های مورد بررسی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان بخش sCP برای کنجاله‌های سویا، کانولا، پنبه دانه و آفتابگردان به ترتیب برابر ۱۱۸/۴۲، ۲۴۴/۵۳، ۱۵۷/۱۵ و ۲۷۸/۶۱ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بود. مقایسه مقادیر sCP اندازه‌گیری شده در این مطالعه با مقادیر بخش A پروتئین در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل (NRC 2001)، در اغلب کنجاله‌های مورد بررسی به جز کنجاله کانولا، تفاوت

مشهودی را نشان داد. به طوریکه اندازه بخش A برای کنجاله‌های ذکر شده به ترتیب ۲۲۵، ۲۳۲، ۲۵۶ و ۴۲۰ گرم در کیلوگرم پروتئین خام گزارش شده است (NRC, 2001). علت این تفاوت ممکن است مربوط به اختلاف بخش A سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل با بخش sCP در سیستم نورفور باشد، زیرا بخش اعظم فراسنجه A شامل نیتروژن غیرپروتئینی است. لازم به ذکر است که دلیل اختلاف اندک این اجزا در مورد کنجاله کانولا ممکن است به نحوه استخراج روغن در این کنجاله مربوط شود، زیرا مقادیر گزارش شده بخش A برای کنجاله‌های سویا، پنبه دانه و آفتابگردان مربوط به کنجاله‌هایی بوده است که به صورت استخراج با حلال روغن‌گیری شده‌اند. درحالیکه کنجاله کانولای مورد بررسی در این جداول به روش مکانیکی روغن‌گیری شده است. به هر حال با توجه به اینکه مواد خوراکی حاوی مقادیر متغیری از ترکیبات هستند (NRC, 2001)، گزارش مقدار آن در قالب بخش A پروتئین در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل، اعتبار جداول آنالیز مواد خوراکی را در این سیستم تا حدی تحت تاثیر قرار خواهد داد. مقادیر اندازه‌گیری شده فراسنجه pdCP در تحقیق حاضر برای کنجاله‌های سویا، کانولا، پنبه دانه و آفتابگردان به ترتیب ۷۲۶/۷۱، ۷۲۷/۹۱، ۴۹۷/۶۶ و ۵۴۰/۲۵ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بود. مقادیر بخش B در جداول خوراک سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل برای این کنجاله‌ها به ترتیب ۷۶۸، ۷۰۴، ۵۵۵ و ۵۲۸ گرم در کیلوگرم پروتئین خام گزارش شده است. به نظر می‌رسد مقادیر بخش پروتئین بالقوه تجزیه‌پذیر در سیستم نورفور و سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل علی‌رغم متفاوت بودن روش اندازه‌گیری، تا حدودی مشابه باشند.

اثر فرآوری با پرتوهای الکترون و گاما بر میزان sCP

نتایج بررسی تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله پنبه دانه (جدول ۲) نشان داد که بیشترین مقدار sCP مربوط به تیمار شاهد با ۱۵۷/۱۵ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بود. تیمار فرآوری شده با مقدار ۲۵ کیلوگری الکترون تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت ($P>0/05$). کمترین مقدار sCP به ترتیب مربوط به تیمارهای ۷۵ کیلوگری گاما (۶۳/۵۲)، ۵۰ کیلوگری گاما (۹۴/۸۶) و ۵۰ کیلوگری الکترون (۱۱۶/۱۰) بود. تحقیقات پیشین نشان داده است که مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری الکترون و گاما موجب کاهش بخش پروتئین محلول کنجاله پنبه دانه در شکمبه می‌شود (Ghanbari *et al.*, 2012). این نتایج نشان داد که با افزایش مقدار این پرتوها، بخش محلول پروتئین افت بیشتری داشته و تاثیر اشعه گاما نسبت به پرتو الکترون بیشتر بود. اثر مطلوب اشعه گاما در کاهش بخش محلول پروتئین نیز مشاهده شده است (شورنگ، ۱۳۸۵). دلیل آن کاهش قابلیت دسترسی پروتئین برای میکروب‌های شکمبه به خاطر تغییر ساختار پروتئینی کنجاله بر اثر پرتوتابی عنوان شده است. فرآوری کنجاله آفتابگردان با مقادیر ۷۵ و ۵۰ کیلوگری گاما (به‌ترتیب با ۱۳۳/۲۲ و ۱۴۸/۳۶ گرم sCP در کیلوگرم پروتئین خام) کمترین مقدار sCP را نشان دادند. درحالیکه تیمارهای ۵۰ و ۷۵ کیلوگری الکترون با ۲۲۰/۴۸ و ۲۱۰/۶۵ گرم sCP در هر کیلوگرم پروتئین خام با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند ($P<0/05$)، بیشترین مقدار sCP مربوط به تیمارهای شاهد و پرتودهی شده با مقدار ۲۵ کیلوگری الکترون و گاما بود. تیمار کنجاله سویای فرآوری شده با ۲۵ کیلوگری الکترون، از لحاظ sCP تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. اما میزان sCP در سایر تیمارها به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود ($P<0/05$). همانطور که در جدول ۲ گزارش شده است، تیمار ۷۵ کیلوگری گاما با ۵۸/۷۴ گرم sCP در هر کیلوگرم پروتئین خام بیشترین تاثیر را در کاهش میزان sCP کنجاله سویا داشت ($P<0/05$). در تحقیقی مشخص شد که اندازه بخش سریع‌تجزیه پروتئین کنجاله سویا بدون فرآوری برابر ۰/۲۸ بود، ولی فرآوری با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری پرتو گاما آن را به‌ترتیب تا ۰/۱۵۹، ۰/۱۱۶ و ۰/۰۸۲ کاهش داد (Shawrang *et al.*, 2007). در بررسی کنجاله کانولا نیز مشخص شد که تیمارهای شاهد و ۵۰ کیلوگری الکترون بیشترین مقدار sCP را نشان دادند ($P<0/05$). تیمار ۷۵ کیلوگری گاما نیز با ۱۱۹/۲۰ گرم sCP در هر کیلوگرم پروتئین خام، کمترین مقدار sCP را نشان داد ($P<0/05$). میزان بخش سریع‌تجزیه پروتئین کنجاله کانولا بدون فرآوری و فرآوری شده با مقادیر مختلف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری پرتو گاما در مطالعه Shawrang *et al.* (2008)، به ترتیب برابر ۰/۱۹۱/۲۳۲، ۰/۰، ۰/۱۲۹ و ۰/۰۹۴ بود. در تحقیقی دیگر نیز میزان بخش سریع‌تجزیه کنجاله کانولا را در تیمارهای شاهد و فرآوری شده با ۴۵ کیلوگری

جدول ۲- اثرات پرتوتابی کنجاله‌های آفتابگردان، پنبه دانه، کانولا و سویا بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین در سیستم نورفور

Table 2. Effects of irradiation processing of soybean, canola, cottonseed and sunflower meals on ruminal degradation characteristics of protein using NorFor system

	sCP(g/kg CP)				pdCP(g/kg CP)				kdCP(%/h)			
	Sunflower	Cotton seed	Canola	Soybean	Sunflower	Cotton seed	Canola	Soybean	Sunflower	Cotton seed	Canola	Soybean
Unirradiated	278.61^{a}	157.15^{a}	244.53^{a}	118.42^{a}	540.25^{b}	497.66^{cd}	727.91^{b}	726.71^{d}	0.21^{a}	0.06^{ab}	0.06^{a}	0.09^{a}
EB- irradiated (25 kGy)	270.60^{a}	153.28^{a}	216.58^{b}	128.23^{a}	578.00^{b}	702.67^{ab}	740.84^{b}	739.47^{d}	0.21^{a}	0.05^{ab}	0.05^{ab}	0.07^{b}
EB- irradiated (50 kGy)	220.48^{b}	116.10^{c}	256.86^{a}	103.99^{b}	528.86^{b}	468.65^{d}	730.92^{b}	777.26^{c}	0.23^{a}	0.05^{ab}	0.05^{a}	0.06^{b}
EB- irradiated (75 kGy)	210.65^{b}	137.40^{b}	199.14^{bc}	89.00^{c}	578.00^{b}	759.50^{a}	768.39^{ab}	858.89^{a}	0.22^{a}	0.04^{ab}	0.04^{bc}	0.04^{c}
GR- irradiated (25 kGy)	268.51^{a}	123.01^{c}	185.87^{c}	97.09^{bc}	706.21^{a}	603.78^{bc}	788.10^{a}	748.93^{cd}	0.24^{a}	0.05^{ab}	0.06^{a}	0.06^{b}
GR- irradiated (50 kGy)	148.36^{c}	94.86^{d}	186.00^{c}	87.52^{c}	331.26^{c}	492.83^{cd}	800.10^{a}	823.56^{b}	0.22^{a}	0.07^{a}	0.04^{bc}	0.06^{b}
GR- irradiated (75 kGy)	133.22^{c}	63.52^{e}	119.20^{d}	58.74^{d}	401.86^{c}	656.41^{ab}	790.91^{a}	847.49^{ab}	0.08^{b}	0.03^{b}	0.03^{c}	0.03^{c}
SEM	13.9010	3.44	7.57	0.34	27.0471	40.1099	13.73	17.45	0.012	0.007	0.004	0.003

Means in the same column without a common superscript are different (P<0.05)

sCP: soluble crude protein; pdCP: Potentially degradable crude protein; kdCP: Fractional degradation rate of crude protein; GR: Gamma ray; EB: Electron beam

SEM: standard error of mean

جدول ۳- مقایسات گروهی اثر تیمارهای مختلف بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله‌های آفتابگردان، پنبه دانه، کانولا و سویا به روش نورفور

Table 3. Orthogonal contrasts of different treatments on protein degradability parameters of sunflower, cottonseed, canola and soybean meals using NorFor system

	sCP(g/kg CP)				pdCP(g/kg CP)				kdCP(%/h)			
	Sunflower	Cotton seed	Canola	Soybean	Sunflower	Cotton seed	Canola	Soybean	Sunflower	Cotton seed	Canola	Soybean
Unirradiated Vs irradiated	***	***	***	***	NS	*	*	***	NS	NS	**	***
Unirradiated Vs EB	*	***	*	*	NS	**	NS	***	NS	NS	**	***
Unirradiated Vs GR	***	***	***	***	NS	NS	**	***	NS	NS	**	***
EB Vs GR	**	***	***	***	**	NS	**	*	**	NS	NS	NS

sCP: Soluble crude protein; pdCP: Potentially degradable crude protein; kdCP: Fractional degradation rate of crude protein; GR: Gamma ray; EB: Electron beam

NS= Non Significant; *= P<0.05; **= P<0.01; ***= P<0.001

گاما به‌ترتیب برابر ۴۵۱ و ۲۹۳ گرم در کیلوگرم پروتئین خام تخمین زده شد (Ebrahimi *et al.*, 2009). یافته‌های این محققین نیز اثر پرتوتابی، خصوصاً پرتو گاما را در کاهش بخش محلول پروتئین تایید می‌نماید. نتایج مشابهی به وسیله Lacroixa *et al.* (2002)، Abu *et al.* (2002) و Taghinejad *et al* (2009) گزارش شده است. این محققین نشان دادند که پرتوتابی گاما از طریق ایجاد پیوندهای عرضی بین زنجیره‌های پپتیدی و متراکم کردن پروتئین، موجب تخریب و کاهش حلالیت پروتئین می‌شود. پرتوتابی کنجاله‌های مورد بررسی احتمالاً از طریق تغییر ساختار پروتئین موجب کاهش بخش محلول پروتئین این کنجاله‌ها شده است. بنابراین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین این کنجاله‌ها در شکمبه کاهش یافته است.

اثر فرآوری با پرتوهای الکترون و گاما بر میزان pdCP

بررسی تیمارهای کنجاله پنبه دانه نشان داد که فرآوری با مقادیر ۷۵ کیلوگری الکترون و گاما بیشترین مقادیر pdCP (به ترتیب ۷۵۹/۵۰ و ۶۵۶/۴۱) را حاصل نمود (جدول ۲). کمترین مقدار pdCP نیز مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگری الکترون (۴۶۸/۶۵) بود. تجزیه‌پذیری موثر پروتئین خام کنجاله پنبه دانه در شکمبه در اثر فرآوری با پرتوهای گاما و الکترون کاهش می‌یابد (Ghanbari *et al.*, 2012). بررسی مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری اشعه گاما توسط شورنگ (۱۳۸۵) نتایج مشابهی را نشان داد. در کنجاله آفتابگردان نیز بیشترین مقدار pdCP مربوط به تیمار ۲۵ کیلوگری گاما بود. تیمارهای ۵۰ و ۷۵ کیلوگری گاما مقادیر pdCP کمتری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. تیمارهای مربوط به مقادیر مختلف الکترون تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند ($P>0/05$). پرتوتابی موجب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین به دلیل واسرشت سازی، ایجاد پیوندهای عرضی بین زنجیره‌های پلی پپتیدی و متراکم شدن پروتئین می‌شود (Taghinejad-Roudbaneh *et al.*, 2010). بیشترین بخش pdCP در کنجاله سویا مقادیر ۸۵۸/۸۹ و ۸۴۷/۴۹ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بود که به ترتیب در تیمارهای فرآوری شده با ۷۵ کیلوگری الکترون و ۷۵ کیلوگری گاما مشاهده شد. در این میان تیمارهای ۲۵ کیلوگری الکترون و ۲۵ کیلوگری گاما تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند. پیش از این نیز گزارش شده بود که با افزایش مقدار پرتوهای گاما به ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری، تجزیه‌پذیری موثر پروتئین کنجاله سویا در شکمبه کاهش می‌یابد (Shawrang *et al.*, 2007). در تحقیقی دیگر نیز به بررسی اثرات مقادیر مختلف پرتو گاما (۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگری) بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام سویا پرداخته شده بود (Taghinejad *et al.*, 2009). نتایج آن نشان داد که مقادیر بالاتر از ۱۵ کیلوگری گاما می‌تواند پروتئین سویا را به طور موثری از تجزیه شدن در شکمبه محافظت نماید. مطالعات این محققین در ارتباط با پرتو گاما با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج مولایی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که فرآوری کنجاله سویا با پرتو گاما بر واسرشتی پروتئین موثر بوده و قابلیت هضم ظاهری اسیدهای آمینه را افزایش می‌دهد. مقادیر pdCP کنجاله کانولا نیز نشان داد که تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری گاما به‌ترتیب با ۷۸۸/۱۰، ۸۰۰/۱۰ و ۷۹۰/۹۱ گرم در کیلوگرم CP، بیشترین مقادیر را داشتند و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<0/001$). اما بین تیمار شاهد و مقادیر مختلف الکترون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج حاضر با مطالعات Shawrang و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت. این پژوهشگران با بررسی اثر مقادیر مختلف (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری) پرتو گاما بر تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله کانولا در شکمبه نتیجه گرفتند که مقادیر بالاتر از ۲۵ کیلوگری جهت کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه سودمند هستند. فرآوری کنجاله کانولا با ۴۵ کیلوگری پرتو گاما، بخش کندتجزیه پروتئین را از ۵۴۰ به ۶۶۹ گرم در هرکیلوگرم پروتئین خام افزایش می‌دهد (Ebrahimi *et al.*, 2009) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات پیشین (Taghinejad-Roudbaneh *et al.*, 2010) که نشان داد مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگری پرتو الکترون، تاثیر معنی‌داری بر بخش کندتجزیه پروتئین کنجاله کانولا ندارد، مطابقت داشت. مقادیر بالای پرتوتابی ممکن است منجر به ایجاد پیوندهای عرضی، متراکم کردن و تشکیل پروتئین‌های با وزن مولکولی بالا شود. رادیکال‌های اکسیژنی که طی فرآیند پرتوتابی ایجاد می‌شوند، قادرند پیوندهای دی‌سولفیدی و سایر پیوندهای عرضی موجود در ساختار دوم و سوم پروتئین را شکافته و منجر به دناتوره شدن پروتئین شوند (Gaber, 2005). بدین ترتیب سطح آب‌گریزی پروتئین از طریق عرضه گروه‌های غیرقطبی افزایش خواهد یافت. ممکن است تحت این

شرایط پروتئین‌های تخریب شده، از طریق ایجاد پیوندهای عرضی، به هم بپیوندند و ساختاری را تشکیل دهند که حساسیت کمتری نسبت به هیدرولیز آنزیمی داشته باشند. زیرا اغلب باکتری‌هایی که پروتئین را در شکمبه تجزیه می‌کنند، پروتئازهایی دارند که با سطح سلول در تماس هستند و جذب پروتئین‌های محلول به وسیله باکتری‌ها جهت تجزیه شدن پروتئین ضروری است (Ghanbari *et al*., 2012).

اثر فرآوری با پرتوهای الکترون و گاما بر میزان kdCP

در بررسی کنجاله پنبه دانه مشخص شد (جدول ۲) که کمترین مقدار kdCP مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگری گاما بوده و بیشترین آن به تیمار ۵۰ کیلوگری گاما اختصاص داشت. درحالیکه هیچکدام از تیمارها تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (P>۰/۰۵). از میان تیمارهای مختلف کنجاله آفتابگردان تنها تیمار ۷۵ کیلوگری گاما با ۰/۰۸ درصد در ساعت kdCP با تیمار شاهد متفاوت بود (P<۰/۰۵) و کمترین مقدار kdCP را نشان داد. در حالی که سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (P>۰/۰۵). کمترین ثابت نرخ تجزیه پروتئین در کنجاله سویا، در تیمارهای فرآوری شده با پرتو ۷۵ کیلوگری گاما و پرتو ۷۵ کیلوگری الکترون مشاهده شد (P<۰/۰۰۱). تیمار شاهد بیشترین نرخ تجزیه پروتئین را نشان داد (۰/۰۸۹ درصد در ساعت). محققین با بررسی مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری پرتو گاما، کمترین نرخ تجزیه پروتئین کنجاله سویا را در تیمار ۷۵ کیلوگری گاما (۰/۰۳۵ درصد در ساعت) مشاهده نمودند (Shawrang *et al*., 2007). کمترین ثابت نرخ تجزیه پروتئین (kdCP) در کنجاله کانولا نیز در تیمارهای فرآوری شده با پرتو ۷۵ کیلوگری گاما مشاهده شد (۰/۰۳۱ درصد در ساعت). درحالیکه این فراسنجه در تیمار شاهد ۰/۰۶۵ درصد در ساعت (بیشترین) بود. نتایج مشابهی به وسیله سایر محققین گزارش شده است (Ebrahimi *et al*., 2009). آنان مشاهده کردند که ثابت نرخ تجزیه پروتئین کنجاله کانولا در تیمارهای شاهد، فرآوری شده با ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری گاما به‌ترتیب برابر ۰/۱۱۲، ۰/۰۹۸، ۰/۰۷۶ و ۰/۰۶۲ درصد در ساعت بود. در مطالعه‌ای دیگر نیز این مقادیر به‌ترتیب ۰/۰۷۳، ۰/۰۴۲، ۰/۰۳۷ و ۰/۰۳۵ درصد در ساعت گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Shawrang *et al*., 2008).

مقایسات گروهی تیمارها

مقایسات گروهی تیمارها (جدول ۳) مشخص نمود که میزان sCP در تیمارهای مختلف کنجاله پنبه دانه متفاوت است (P>۰/۰۱). مقایسه تیمارهای شاهد با پرتو و شاهد با الکترون نشان داد که این تیمارها از لحاظ میزان pdCP با هم تفاوت دارند (P<۰/۰۱)، اما بین تیمارهای شاهد و گاما و نیز الکترون و گاما تفاوتی مشاهده نشد. در مقایسات گروهی تیمارهای مختلف از لحاظ میزان kdCP تفاوتی مشاهده نشد. مقایسات گروهی تیمارهای مختلف کنجاله آفتابگردان نشان داد که میزان sCP در تیمارهای شاهد، الکترون و گاما با هم متفاوت است. اما از لحاظ میزان pdCP و kdCP تنها تیمارهای الکترون و گاما تفاوت معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۱). مقایسات گروهی تیمارهای شاهد و پرتودهی‌شده با الکترون و گاما نشان داد که تفاوت هر سه گروه از لحاظ میزان sCP و pdCP در کنجاله سویا معنی‌دار بوده است. همچنین از لحاظ نرخ تجزیه پروتئین کنجاله سویا در شکمبه، بین پرتوهای الکترون و گاما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۳۷)، اما اختلاف آنها با تیمار شاهد معنی‌دار بود. از سوی دیگر نتایج مقایسات گروهی تیمارهای شاهد، فرآوری شده با الکترون و گاما مشخص نمود که فرآوری با پرتو گاما نسبت به فرآوری با پرتو الکترون و یا عدم فرآوری، بیشترین تاثیر را بر میزان تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله کانولا در شکمبه داشت. بنابراین به نظر می‌رسد پرتو الکترون اثر قابل توجهی بر تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه نداشته باشد. محققین دیگر نیز در بررسی خود به چنین نتیجه‌ای دست یافته بودند (Taghinejad-Roudbaneh *et al*., 2010). اما همانطور که نتایج پژوهش حاضر و سایر تحقیقات (Showrang *et al*., 2007; Showrang *et al*., 2008; Ebrahimi *et al*., 2009) نشان داده است، پرتو گاما تاثیر مهمی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج بررسی اجزای پروتئین در سیستم نورفور برای کنجاله‌ها نشان داد که بخش pdCP در این سیستم با وجود تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری تا حدودی با بخش B سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل شباهت دارد.

از این رو مقایسه اجزای پروتئین در سیستم نورفور با سایر سیستم‌های رایج از جمله سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل در تحقیقات آتی ضروری به نظر می‌رسد. فرآوری کنجاله‌های پنبه‌دانه، آفتابگردان، سویا و کانولا به روش پرتوتابی با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری الکترون و گاما، تاثیر بسزایی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین آنها در سیستم نورفور دارد. بررسی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین به روش نورفور نشان داد که در اکثر موارد، مقادیر مختلف پرتو گاما (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری) اثر مطلوبی بر کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله‌ها در شکمبه داشت. درحالیکه از میان مقادیر مختلف الکترون، مقدار ۷۵ کیلوگری اثر بهتری بر جای گذاشت. در مجموع چنین به‌نظر می‌رسد که پرتوتابی با مقادیر بالای گاما و الکترون (۷۵ کیلوگری) که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت، نتایج مطلوبی در ارتباط با کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله‌های پنبه‌دانه، آفتابگردان، سویا و کانولا در سیستم نورفور داشته است. نتایج این تحقیق نشان داد که داده‌های حاصل از سیستم نورفور شباهت زیادی با سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل دارند؛ لذا با توجه به پیچیدگی اندازه‌گیری اجزای سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل نسبت به سیستم نورفور، به نظر می‌رسد که این سیستم در صورت فراگیر شدن و انجام تحقیقات بیشتر پیرامون آن، بتواند نیازهای متخصصین تغذیه نشخوارکنندگان را به خوبی برطرف کند.

فهرست منابع

شورنگ پ. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات پرتوتابی روی ناپدید شدن شکمبه‌ای و پس‌شکمبه‌ای پروتئین بعضی مواد خوراکی با استفاده از تکنیک‌های کیسه‌های نایلونی و الکتروفورز ژل پلی‌آکریلامید. رساله دکتری علوم دامی دانشگاه تهران. ص. ۱۶۴.

قره باش آ. م.، مصطفی لو ی.، قورچی ت. و تربتی نژاد ن. م. ۱۳۸۹. مقایسه اثر کنجاله تخم پنبه حرارت شده جیره غذایی بر عملکرد بره‌های نر نژاد دالاق. سومین سمینار بین المللی دانه‌های روغنی و روغن‌های خوراکی، ص. ۳۷۸.

مولایی م.، فرودی ف.، چمنی م.، جانمحمدی ه. و رئیسعلی غ. ۱۳۸۹. اثرات فرآوری با اتوکلاو و پرتوتابی گاما بر قابلیت هضم ظاهری اسیدهای آمینه کنجاله سویا با روش نمونه‌گیری از ایلئوم در جوجه خروس‌های مادر گوشتی. چهارمین کنگره علوم دامی ایران، ص. ۱۳۷-۱۴۱.

Abu J. O., Muller K., Duodu K. G. and Minnaar A. 2006. Gamma irradiation of cowpea (Vigna unguiculata K. Walp) flours and pastes: Effects on functional, thermal and molecular properties of isolated protein. Food Chemistry, 95: 138-147.

Ebrahimi S. R., Nikkhah A., Sadeghi A. and Raisali G. 2009. Chemical composition, secondary compounds, ruminal degradation and *in vitro* crude protein digestibility of gamma irradiated canola seed. Animal Feed Science and Technology, 151: 184–193.

Gaber M. H. 2005. Effect of g-irradiation on the molecular properties of bovine serum albumin. Journal of Bioscience and Bioengineering, 100: 203–206.

Ghanbari F., Ghoorchi T., Shawrang P., Mansouri H. and Torbati-Nejad N. M. 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 and Chemistry, 81: 672-678.

Gustafsson A. H., Volden H., Mehlqvist M., Larsen M., Gudmundsson G. and Aaes O. 2005. NorFor- the new Nordic feed evaluation system for cattle. The 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Uppsala, Sweden.

Lacroixa M., Lea, T. C., Ouattaraa B., Yua H., Letendrea M., Sabatoc S. F., Mateescub M. A. and Patterson G. 2002. Use of Jirradiation to produce films from whey, casein and soya proteins: structure and functionals characteristics. Radiation Physics and Chemistry, 63: 827-832.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th ed. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA.

Ørskov E. R. and Mc. Donald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science (Camb.), 92: 499–503.

SAS Institute. 2003. SAS/stat User's Guide, release 9.1 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.

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

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

Taghinejad M., Nikkhah A., Sadeghi A. A., Raisali G. and Chamani M. 2009. Effects of gamma irradiation on chemical composition, antinutritional factors, ruminal degradation and in vitro protein digestibility of full-fat soybean. Asian-Australian Journal of Animal Science, 22: 534-541.

Taghinejad-Roudbaneh M., Ebrahimi S.R., Azizi S. and Shawrang P. 2010. Effects of electron beam irradiation on chemical composition, antinutritional factors, ruminal degradation and *in vitro* protein digestibility of canola meal. Radiation Physics and Chemistry, 79: 1264-1269.

Volden H. 2001. NorFor - the Nordic Feed Evaluation System. EAAP Scientific Series. 130, ISSN: 0071-2477. P, 180.

Volden H. 2010. The potential of using the NorFor model to evaluate dietary strategies to reduce methane production and nitrogen excretion in cattle. 1st Nordic Feed Science Conference. Uppsala, Sweden.

WHO 1994. Safety and nutritional adequacy of irradiated food. World Health Organization, Geneva.

Evaluation of protein degradation parameters of processed oilseed meals using NorFor system

S. Pashaei[1], T. Ghoorchi[2]*, F. Ghanbari[3]

1. Ph.D Student, Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Professor, Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University

(Received: 10-7-2013- Accepted: 26-10-2013)

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of gamma and electron irradiation on protein degradation parameters of cottonseed, sunflower, soybean and canola meals using NorFor system. The meals were processed by gamma and electron irradiation each at doses of 25, 50 and 75 kGy. Soluble crude protein (sCP) measured *in vitro* and both potentially degradable crude protein (pdCP) and fractional degradation rate of pdCP (kdCP) were mature determined *in situ* for 0, 2, 4, 8, 16, 24 and 48 hours of rumen incubation by three ruminally fistulated bulls. Gamma ray (GR) at dose of 75 kGy had the most effect on reducing sCP content of cottonseed, sunflower, soybean and canola meals (63.52, 133.22, 58.74 and 119.20 g kg^{-1} CP, respectively).The highest level of pdCP in cottonseed (656.41 and 759.50 g kg^{-1} CP respectively), canola (790.91 and 768.39 g kg^{-1} CP, respectively) and soybean (847.49 and 858.89 g kg^{-1} CP, respectively) meals was belong to the dose of 75 kGy of GR and electron beam (EB), While in sunflower meal just the dose of 25 kGy of GR resulted in a significant increase (P<0.001) in pdCP compared to control (706.21 *vs* 540.25 g kg^{-1} CP). Results showed a high similarity between NorFor and Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Utilization of NorFor system is recommended to animal nutritionists, because of facility of NorFor system in comparison to CNCPS.

Keywords: Degradability, Electron, Gamma, Meal, NorFor

*Corresponding author: ghoorchit@yahoo.com