مجموعه مقالات
چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹٤، پژوهشکده کشاورزی هسته ای)
The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

استفاده از پرتو الکترون به منظور افزایش ارزش غذایی محصولات فرعی پسته جهت تغذیه دام

مهدی بهگر*، پروین شورنگ، مرضیه حیدریه، سید کمال الدین شفائی، غلامرضا شاه حسینی
پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای.

چکیده: اثر پرتو الکترون (با دزهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ کیلوگری) بر ترکیبات شیمیایی، ترکیبات فنولیک و هضم آزمایشگاهی پوسته پسته بررسی شد. پرتوتابی الکترون باعث کاهش مقدار NDF، ADF، سلولز و همی‌سلولز شد (P<۰/۰۱). پرتو الکترون باعث افزایش کل ترکیبات فنولیک و کاهش تانن و تانن متراکم شد (P<۰/۰۱). تیمارهای پرتوتابی و پلی اتیلن گلایکول (PEG) باعث افزایش نرخ تولید گاز در مقایسه با گروه شاهد شدند (P<۰/۰۱). پرتوتابی در ساعات ۲ انکوباسیون، حجم گاز تولیدی را در مقایسه با تیمار PEG و گروه شاهد افزایش داد که بیشترین تاثیر در دز ۱۰۰ کیلوگری مشاهده شد (P<۰/۰۱). در زمان ۲۴ ساعت تیمارهای پرتوتابی و تیمار PEG به یک میزان میزان گاز تولیدی را افزایش دادند.

واژگان کلیدی: پوسته پسته، پرتو الکترون، ترکیبات فنولی، تانن، تولید گاز .

The effect of electron irradiation on nutritive value of pistachio by-product for animal feeding

M. Behgar*, P. Showrang, M. Heidarieh, G. Shahhoseini, S. K. Shafaei
Nuclear Science & Technology Research Institute. P.O. Box 31485498, Karaj, Iran.

Abstract: In this study the effect of electron irradiation (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 kGy) on chemical composition, phenolic compound and in vitro digestion of pistachio by-product (PB) were studied. Irradiation decreased (P<0.05) NDF, ADF, cellulose and hemicelluloses of PB. Irradiation and PEG increased (P<0.05) gas production rate of PB compared to control. Irradiation increased (P<0.05) gas production at 2 h of incubation compared to PEG and control group. At 24 h of incubation irradiation and PEG increased (P<0.05) gas production to the same content compared to control.

Keywords: Pistachio by-product, Electron irradiation, Phenolic compounds, Tannin, Gas production.

مقدمه

به دلیل افزایش جمعیت دامی کشور، نیاز به استفاده صحیح از تمام محصولات فرعی کشاورزی بیش از پیش احساس می‌گردد. یکی از محصولات فرعی ، محصولات فرعی پسته پاک کنی است. بر اساس آمار سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO) در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۲، ایران عمده‌ترین تولید کننده پسته در جهان است [۱]. از عمده‌ترین مواد ضد تغذیه‌ای در پوسته پسته، تانن‌ها و ترکیبات فنلی است. بیشترین مقدار ترکیبات فنلی به ترتیب در برگ (۱۳/۹ درصد ماده خشک)، ساقه (۱۰/۰ درصد ماده خشک) و سپس در پوسته نرم رویی (۹/۶ درصد ماده خشک) وجود دارد [۲].

به دلیل حضور عوامل ضد تغذیه‌ای همانند ترکیبات فنلی و انواع مختلف تانن، استفاده از مقادیر زیاد و طولانی مدت این محصول فرعی محدودیت‌هایی دارد و در مقادیر بیشتر از ۲۰ درصد از این محصول در جیره بره‌های پرواری [۳] و ۲۶ درصد ماده خشک در جیره گوساله های پرواری [۴] باعث کاهش رشد و عملکرد می‌شود. استفاده از پلی اتیلن گلایکول (PEG) می‌تواند تانن موجود در جیره را غیر فعال کرده در نتیجه منجر به افزایش وزن بره‌های پرواری تغذیه شده از گیاهان حاوی تانن شد [۵]. در آزمایشات مختلفی از پرتوی گاما و پرتوی الکترون برای از بین بردن ترکیبات ضد تغذیه‌ای گیاهی استفاده شده است [۶]. تنها در یک مطالعه از پرتوتابی به منظور از بین بردن ترکیبات فنولی و تانن پوسته پسته استفاده شده است. در این مطالعه دزهای ۶۰-۱۰ کیلوگری پرتوی گاما بررسی شد که تنها دز ۱۰ کیلوگری توانایی از بین بردن تانن را به میزان ۳۰ درصد در مقایسه با گروه شاهد داشت [۷]. هدف از این آزمایش بررسی اثر تیمارهای پرتوی الکترون بر ترکیبات شیمیایی، ترکیبات فنلی و قابلیت هضم ترکیبات محصولات فرعی پسته در شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

پوست پسته (واریته اوحدی) از باغات و کارخانه پسته پاک کنی واقع در ۵ کیلومتری شهرستان ساوه در اواخر شهریور ماه سال ۱۳۹۰ جمع آوری و سپس در محیط آزاد و بوسیله جریان هوا خشک شد. پرتوتابی نمونه‌های پوسته پسته در مرکز پرتو فرآیند یزد وابسته به سازمان انرژی اتمی ایران با استفاده از دستگاه رودوترون انجام شد. دزهای پرتوتابی شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ کیلوگری (۲ تکرار) بود. مقدار ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام بر اساس AOAC [۸] و میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و لیگنین (ADL) نمونه‌ها بر اساس روش ون سوست و همکاران [۹] تعیین شد. مقدار کل ترکیبات فنولی، تانن و تانن متراکم بر اساس روش ماکار [۱۰] اندازه گیری شد. قابلیت هضم آزمایشگاهی پوسته پسته بر اساس روش منک و استینگاز اندازه گیری شد [۱۱]. به منظور ارزیابی اثرات تیمارهای آزمایشی بر تانن از پلی اتیلن گلایکول (PEG) نیز جهت مقایسه اثرات آن با سایر تیمارها استفاده شد (۱:۱). برای تهیه محیط کشت از مایع شکمبه صاف شده با پارچه متقال چهارلا استفاده شد. مایع شکمبه از ۳ رأس گوسفند نر شال که در حد نگهداری تغذیه می‌شدند، گرفته شد. آزمون تولید گاز ۳ هفته متوالی تکرار شد.

تجزیه آماری

تحلیل داده‌های ترکیبات شیمیایی و فنولی پوسته پسته در قالب طرح کاملاً تصادفی در نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و روش GLM انجام شد [۱۲]. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح احتمال ۰/۰۱ انجام شد. مقدار گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ ساعت اندازه‌گیری شده و با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹ [۱۲] و مدل $P = b\ (1 - e^{-ct})$ ضرایب مدل محاسبه شد. برای مقایسه ضرایب و میزان گاز تولیدی در زمان‌های مختلف از طرح بلوک (زمان، ۳ تکرار) کامل تصادفی استفاده شد.

نتایج

تأثیر دزهای پرتوتابی الکترون بر ترکیب شیمیایی و ترکیبات فنولی پوسته پسته در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمارهای آزمایشی بر مقدار ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام تأثیر نداشت (داده ها در جدول نشان داده نشده است). پرتوتابی سبب کاهش ADF و NDF در مقایسه با تیمار شاهد شد ($P<۰/۰۱$). دزهای ۱۰۰-۷۰ کیلوگری سبب کاهش ($P<۰/۰۱$) سلولز و دز ۱۰۰ کیلوگری باعث کاهش ($P<۰/۰۱$) همی‌سلولز شد.

جدول ۱. تأثیر دزهای پرتوتابی الکترون بر ترکیب شیمیایی و ترکیبات فنولی پوسته پسته (درصد ماده خشک)

تیمارهای آزمایشی	NDF	ADF	لیگنین	سلولز	همی سلولز	کل ترکیبات فنلی	تانن	تانن متراکم
شاهد	۲۵/۹۳^{a}	۲۲/۰۰^{a}	۸/۵۷	۱۳/۴۴^{a}	۳/۹۳^{a}	۱۰/۹۲^{e}	۷/۳۲^{abc}	۰/۸۴^{a}
۱۰ کیلوگری	۲۴/۱۴^{b}	۲۰/۳۳^{b}	۷/۵۶	۱۲/۷۶^{abc}	۳/۸۲^{a}	۱۱/۷۱^{cd}	۷/۶۱^{ab}	۰/۷۱^{b}
۲۰ کیلوگری	۲۴/۷۰^{b}	۲۰/۴۳^{b}	۷/۵۱	۱۲/۹۲^{abc}	۳/۸۶^{a}	۱۱/۶۶^{cd}	۷/۴۰^{abc}	۰/۷۰^{b}
۳۰ کیلوگری	۲۴/۸۲^{b}	۲۰/۴۷^{b}	۷/۷۰	۱۲/۷۸^{abc}	۴/۱۲^{a}	۱۱/۳۳^{de}	۶/۴۹^{d}	۰/۷۳^{b}
۴۰ کیلوگری	۲۴/۸۷^{b}	۱۹/۷۱^{c}	۷/۷۰	۱۲/۰۱^{abc}	۴/۶۹^{a}	۱۱/۶۲^{cd}	۶/۶۴^{dc}	۰/۷۴^{b}
۵۰ کیلوگری	۲۴/۶۰^{b}	۱۹/۵۹^{c}	۷/۱۷	۱۲/۴۲^{abc}	۴/۵۸^{a}	۱۱/۶۶^{cd}	۷/۳۸^{abc}	۰/۷۵^{b}
۶۰ کیلوگری	۲۳/۶۱^{c}	۱۹/۵۷^{c}	۷/۲۴	۱۲/۳۳^{abc}	۴/۰۴^{a}	۱۱/۷۷^{bcd}	۷/۱۵^{bcd}	۰/۷۱^{b}
۷۰ کیلوگری	۲۳/۱۴^{cd}	۱۹/۳۱^{c}	۷/۸۱	۱۱/۵۰^{c}	۴/۰۹^{a}	۱۲/۳۳^{ab}	۷/۵۷^{ab}	۰/۷۱^{b}
۸۰ کیلوگری	۲۳/۱۸^{cd}	۱۹/۵۲^{c}	۷/۸۸	۱۱/۶۴^{bc}	۴/۳۱^{a}	۱۲/۲۱^{ab}	۷/۴۰^{abc}	۰/۷۲^{b}
۹۰ کیلوگری	۲۲/۷۰^{d}	۱۹/۱۲^{c}	۷/۶۷	۱۱/۴۴^{c}	۳/۳۸^{ab}	۱۲/۰۲^{bc}	۷/۳۲^{abc}	۰/۷۲^{b}
۱۰۰ کیلوگری	۲۳/۰۳^{cd}	۱۹/۲۸^{c}	۷/۵۷	۱۱/۷۰^{c}	۲/۲۳^{b}	۱۲/۶۳^{a}	۸/۰۵^{a}	۰/۷۵^{b}
P value	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
SE	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۲	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۸

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند ($P<۰/۰۱$).

پرتوتابی در دز ۳۰ کیلوگری سبب کاهش تانن پوست پسته در مقایسه با گروه شاهد شد ($P<۰/۰۱$). پرتوتابی سبب افزایش کل ترکیبات فنولی و کاهش مقدار تانن متراکم پوسته پسته شد ($P<۰/۰۱$). تأثیر تیمارهای مختلف بر حجم گاز تولیدی (تجمعی) در ساعات ۲، ۲۴ و ۹۶ ساعت و پارامترهای تولید گاز (ضرایب b و c) در جدول ۲ نشان داده شده است. در زمان های ۲ ساعت بیشترین مقدار تولید گاز مربوط به دز ۱۰۰ کیلوگری پرتو الکترون بود ($P<۰/۰۱$). در زمان‌های ۲۴ ساعت بیشترین مقدار گاز تولیدی در تیمارهای پلی اتیلن گلایکول و پرتوتابی مشاهده شد ($P<۰/۰۱$). در ادامه انکوباسیون در ۹۶

ساعت تفاوتی بین گروه شاهد، پرتوتابی و پلی اتیلن گلایکول در تولید تجمعی گاز مشاهده نشد. تیمارهای پرتوتابی (دزهای ۵۰-۱۰۰ کیلوگری) و پلی اتیلن گلایکول سبب افزایش نرخ تولید گاز در مقایسه با گروه شاهد و دیگر تیمارها شدند (P<۰/۰۱).

بحث و نتیجه‌گیری

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام معنی‌دار نبود. تأثیری از پرتوتابی الکترون در دزهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری بر میزان ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام کنجاله سویا، کنجاله کلزا و دانه خلر گزارش نشد [۱۳]. بیشترین کاهش NDF در دز ۶۰-۱۰۰ کیلوگری و بیشترین کاهش ADF در دز ۴۰-۱۰۰ کیلوگری مشاهده شد. پرتوتابی الکترون در دزهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری باعث کاهش میزان ADF و NDF در کنجاله سویا، کنجاله کلزا و دانه خلر شد [۱۳]. کاهش مقادیر سلولز و همی‌سلولز بوسیله پرتوتابی شکستن پیوندهای لیگنو سلولزی در پوسته پسته را تأیید می‌کند. پرتوتابی سبب تجزیه پلی‌ساکاریدهایی همانند نشاسته، سلولز و پکتین بواسطه شکستن اتصالات گلیکوزیدی و تشکیل قندهای با وزن مولکولی پائین همانند گلوکز، مالتوز، اریتروز، ریبوز و مانوز می‌شود [۱۴].

جدول ۲. تأثیر دزهای پرتوتابی بر حجم گاز تولیدی تجمعی و ضرایب در زمان‌های مختلف (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک)

	زمان (ساعت)			ضرایب	
تیمارهای آزمایشی	۲	۲۴	۹۶	*b*	*c*
شاهد	۵/۰۹ g	۲۲/۸۹ c	۳۳/۶۶	۳۲/۳۹	۰/۰۵۵ e
۱۰ کیلوگری	۶/۲۷ ef	۲۴/۷۶ abc	۳۶/۳۸	۳۵/۱۴	۰/۰۶۳ ed
۲۰ کیلوگری	۵/۹۶ f	۲۴/۲۱ bc	۳۶/۲۹	۳۴/۱۵	۰/۰۵۷ e
۳۰ کیلوگری	۶/۹۰ de	۲۴/۷۲ abc	۳۶/۷۳	۳۴/۱۲	۰/۰۶۸ cde
۴۰ کیلوگری	۶/۹۰ de	۲۴/۷۹ abc	۳۶/۵۷	۳۵/۲۴	۰/۰۷۰ bcde
۵۰ کیلوگری	۶/۹۹ de	۲۳/۲۲ c	۳۳/۷۲	۳۲/۰۸	۰/۰۸۴ abcd
۶۰ کیلوگری	۷/۶۰ cd	۲۴/۱۸ bc	۳۵/۱۵	۳۱/۷۱	۰/۰۸۵ abcd
۷۰ کیلوگری	۷/۶۲ cd	۲۳/۴۲ c	۳۳/۶۶	۲۹/۹۹	۰/۰۹۲ abc
۸۰ کیلوگری	۷/۹۸ bc	۲۴/۳۲ dc	۳۴/۴۵	۳۱/۱۱	۰/۰۹۵ a
۹۰ کیلوگری	۸/۶۳ ab	۲۶/۲۹ ab	۳۶/۱۴	۳۳/۷۳	۰/۰۹۳ ab
۱۰۰ کیلوگری	۹/۳۸ a	۲۶/۷۸ a	۳۶/۳۸	۳۳/۶۸	۰/۱۰۲ a
پلی اتیلن گلایکول	۸/۱۳ bc	۲۷/۰۶ a	۳۷/۳۷	۳۴/۴۰	۰/۰۸۳ abcd
P value	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
SE	۰/۲۶	۰/۷۰	۱/۲۱	۰/۹۱	<۰/۰۱

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۱).

بیشترین افزایش در کل ترکیبات فنولی در تیمار پرتوتابی در دز ۱۰۰ کیلوگری با مقدار ۱۲/۶۳ درصد ماده خشک در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد. در مقابل در برخی از آزمایشات کاهش در مقدار کل ترکیبات فنولی گزارش شده است [۸]. مشاهده شده است که پرتو گاما تا ۴ کیلوگری باعث کاهش ترکیبات فنولی می‌شود، در این آزمایش پرتو به میزان ۸ کیلوگری باعث افزایش ترکیبات فنولیک در دانه سویا شد [۱۶]. اختلاف در اثرات پرتوهای یونیزه کننده بر ترکیبات فنولی ممکن است به علت قابلیت استخراج بیشتر این ترکیبات در نمونه‌های پرتو دیده به علت تغییر در ترکیبات سلولی و آزاد شدن فنول‌های نامحلول یا متصل، بویژه در دزهای بالای پرتو باشد. [۱۷].

تانن پوسته پسته در تیمار پرتو ۳۰ کیلوگری حدود ۱۱ درصد در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت که این مقدار کمتر از اثر پرتو گاما در دز ۱۰ کیلوگری بر پوسته پسته در مطالعات قبلی بود [۷]. در مطالعه‌ای دیگر استفاده از پرتوتابی الکترون بطور معنی‌داری باعث کاهش کل ترکیبات فنولی و تانن دانه لوتوس به ترتیب در دز ۳۰ و ۵ کیلوگری در مقایسه با گروه شاهد شد [۸]. در خصوص تانن متراکم در مطالعه حاضر تیمارهای پرتوتابی ۱۴درصد از مقدار تانن را در مقایسه با گروه شاهد به صورت عددی کاهش داد. در آزمایش دیگری پرتو گاما در دز ۱۰ کیلوگری تأثیری بر تانن متراکم نداشت [۷]. در زمان‌های ابتدایی انکوباسیون (۲ ساعت) بیشترین مقدار تولید گاز مربوط به تیمار دز ۱۰۰ کیلوگری پرتو الکترون بود. در زمان ۲۴ ساعت بیشترین مقدار گاز تولیدی در تیمارهای پلی اتیلن گلایکول و پرتوتابی مشاهده شد و در ادامه انکوباسیون در زمان ۹۶ ساعات تفاوتی بین گروه شاهد، پرتوتابی و پلی اتیلن گلایکول در تولید تجمعی گاز مشاهده نشد. تیمارهای پرتوتابی (دزهای ۱۰۰-۵۰ کیلوگری) و پلی اتیلن گلایکول باعث افزایش نرخ تولید گاز در مقایسه با گروه شاهد و دیگر تیمارها شدند.

داده های اندکی در خصوص تأثیر پرتوتابی بر قابلیت هضم برون تنی و درون تنی پوست پسته وجود دارد. در مطالعه‌ای که اثر پرتو الکترون بر تولید گاز پوسته پسته و دیگر محصولات فرعی کشاورزی انجام گرفت پرتوتابی در دزهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگری باعث افزایش ضرایب تولید گاز شدند [۱۸]. در مطالعه‌ای دیگر پرتوتابی گاما بطور غیر معنی‌داری باعث افزایش نرخ ثابت تولید گاز پوسته پسته شد [۷]. نتایج آزمایش حاضر این نتایج را تأیید می‌کند.

در آزمایشی دزهای مختلف پرتو گاما (۰، ۵، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل هضم منابع مختلف کاه را افزایش داد [۱۹]. در این آزمایش همبستگی بالایی (حدود ۰/۹۶) بین محتوای NDF و قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل هضم وجود داشت. بخش زیادی از افزایش تولید گاز و افزایش ضرایب تولید گاز در آزمایش حاضر می‌تواند به دلیل کاهش ترکیبات دیواره سلولی به دلیل تجزیه پیوندهای لیگنوسلولزی باشد.

در آزمایش حاضر در ساعت ۱۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون PEG توانست به اندازه تیمارهای پرتوتابی میزان تجمعی تولید گاز و ضرایب تولید گاز را افزایش دهد. افزایش تولید گاز و ضرایب تولید گاز بوسیله تیمار کردن پوسته پسته با PEG توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است [۲۰ و ۲۱]. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که پرتوتابی الکترون بطور موثری می‌تواند دیواره سلولی و تانن پوسته پسته را کاهش دهد و منجر به افزایش هضم آزمایشگاهی پوسته پسته را در مقایسه با گروه شاهد شود.

منابع

1. "FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations", Available at website: http://www.faostat.fao.org.
2. A. Bohluli, A. A. Naserian, R. Valizadeh, F. Eftekar shahroodi, "The chemical composition and in vitro digestibility of pistachio by-product", Proceedings of the British Society of Animal Science. Pp: 223 (2007).
۳. پ. شاکری، ح. فضائلی و ن. فروغ عامری، "استفاده از بقایای حاصل از پوست گیری پسته در جیره بره‌های نر کرمانی" ، اولین کنگره علوم دامی و آبزیان کشور، دانشکده کشاورزی کرج، ۲۴۶-۲۴۳ (۱۳۸۳).
۴. ن. فروغ عامری، پ. شاکری و ح. فضائلی، "استفاده از بقایای سیلو شده حاصل ازپوست گیری پسته در جیره گوساله های نر پرواری"، سومین کنگره علوم دامی. مشهد. ایران (۱۳۸۷).
5. A. Priolo, G. C. Waghorn, M. Lanza, L. Biondi and P. Pennisi, "Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality", J. Anim Sci. 78:810-816 (2000).
6. M. Alothman, Rajeev Bhat and A.A. Karim. "Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce", Trends in Food Science & Technology. 20:1-12 (2009).
7. M. Behgar, S. Ghasemi, A. Naserian, A. Borzoie, and H. Fatollahi, "Gamma radiation effects on phenolics, antioxidants activity and in vitro digestion of pistachio (Pistachia vera) hull", Radiation Physics and Chemistry 80:963–967 (2011).
8. R. Bhat, and K. R. Sridhar, "Nutritional quality evaluation of electron beam-irradiated lotus (Nelumbo nucifera) seeds", Food Chemistry. 107:174-184 (2008).
9. Association of Official Analytical Chemists, "Official Methods of Analysis", 14th ed. AOAC, Washing town, DcB (1984).
10. Van soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in ration to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74, 3583–3597 (1991).
11. Makkar, H.P.S., Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. A Laboratory Manual. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands (2003).
12. Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W., The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. Journal of Agricultural Science. 93, 217–222 (1979).

13. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.0 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC. (2001).

۱۴. ق. طحان، م. ح. فتحی نسری، ا. ریاسی، م. بهگر، ه. فرهنگ فر، "اثر پرتوتابی الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام برخی منابع پروتئینی گیاهی"، نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران ۴: ۴۳۴-۴۲۲ (۱۳۹۰).

15. A. S. Sokhey, M. A. Hanna, "Properties of irradiated starches", Food Structur 12:397–410 (1993).

16. T. C. F. De Toledo, S. G. Canniatti-Brazaca, V. Arthur, and S. M. S. Piedade, "Effects of gamma radiation on total phenolics, trypsin and tannin inhibitors in soybean grains", Radiation Physics and Chemistry, 76:1653–1656 (2007).

17. A. Topuz, and F. Ozdemir, "Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika", Food 86:509–515 (2004).

۱۸. س. سبحانی راد، م. حسین پور مشهدی، ر. بهاری، و م. بهگر، "مقایسه دو روش فرآوری شیمیایی و پرتوی الکترون بر خصوصیات تخمیری برخی از خوراکهای دامی به روش تولید گاز"، فصل نامه دانش و پژوهش علوم دامی ۹: ۳۵-۲۵ (۱۳۹۰).

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

۲۰. س. قاسمی، "اثر تانن موجود در پوست پسته بر ویژگی‌های تخمیر شکمبه‌ای و جمعیت باکتریهای تجزیه کننده سلولز در شرایط برون تنی و گوسفند بلوچی"، رساله دکتری علوم دامی. دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۹۱).

21. E. Bagheripour, Y. Rouzbehan, and D. Alipour, "Effects of ensiling, air-drying and addition of polyethylene glycol on in vitro gas production of pistachio by-products", Animal Feed Science and Technology 146:327–336 (2008).