نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۶، بهـــار ۱۳۹۹
ص‌ص: ۱۰۵~۱۱۶

# اثرات پرتوتابی الکترون و آنزیم فیبرولایتیک بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای برگ خرما

- **مهری محمدی زاده**
گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل .
- **قاسم جلیلوند** (نویسنده مسئول)
عضو هیت علمی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.
- **کمال شجاعیان**
عضو هیت علمی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

تاریخ دریافت : آذر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش : اسفند ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۵۲۲۸۲۴۸
Email: gjalilvand@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.116177.1565

**چکیده**

**این آزمایش به منظور بررسی تاثیر پرتوالکترون و آنزیم فیبرولایتیک بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیزی شکمبه‌ای برگ خرما در یک طرح کاملا تصادفی با قالب فاکتوریل ۲×۲ شامل ۲ سطح پرتوتابی (۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگری) و ۲ سطح آنزیم( ۱/۵ و ۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک نمونه‌ها) انجام شد.بدین منظور ابتدا با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی، مقدار 5 گرم نمونه آسیاب شده به مدت ۲ ، ۸،٤ ،12 ،24 ،48 ، 72 و 96 ساعت در شکمبه دو رأس گاو سیستانی دارای فیستولای شکمبه‌ای شکمبه‌گذاری و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری برآورد شدند .داده‌های بدست آمده از ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری ماده خشک با نرم‌افزار SASو فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با نرم‌افزار Neway تجزیه و تحلیل شدند. بر اساس نتایج، پرتوتابی و آنزیم روی ماده خشک و عصاره اتری و پروتئین خام اثر معنی‌داری نداشتند. اما، به صورت جداگانه و توأم سبب کاهش معنی‌دار (p<۰/۰۱) الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی شدند. همچنین بخش سریع تجزیه و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک با افزایش دز پرتوتابی و سطح آنزیم به طور معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۱). نظر به اینکه پرتوتابی و آنزیم نقش مؤثری در بهبود ارزش غذایی و تجزیه‌پذیری برگ خرما داشت و بهترین نتایج در استفاده توأم پرتوتابی با دز 300 کیلوگری و 3 گرم در کیلوگرم آنزیم به دست آمد، استفاده همزمان این دو سطح جهت بهبود قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری برگ خرما مؤثر است.**

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم فیبرولایتیک، برگ خرما، پرتوتابی، روش درون کیسه ای.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 126 pp: 105-116

**Effects of electron beam irradiation and fibrolytic enzyme on the chemical composition and ruminal degradability of the palm leaves**

By: Mehri Mohammadizadeh[1], Ghasem Jalilvand[2]*, Kamal shojaiyan[3]
1: Livestock Feeding Group,School of Agriculture, University of Zabol, Iran.
2*: Assistant professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3: Assistant professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

**Received: December 2018** **Accepted: March 2019**

This experiment was conducted to evaluate the effect of electron irradiation (EI) and fibrolytic enzyme (FE) on chemical composition and rumen degradation of palm leaves (PL) in a completely randomized design with factorial (2×2) arrangement include 2 levels of irradiation ( 150 and 300 KGy) and enzyme (1.5 and 3 gr/kg dry matter of samples). For this purpose, at first 5 g of milled sample was incubated for 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 96 hours in the rumen of two Sistani bull with rumen fistula and degradability parameters estimated using nylon bags method. Based on the results, The EI and FE had no significant effect on dry matter, ether extract and crude protein. Treatment separately and together caused a significantly decreased ($p<0.01$) NDF and ADF. Also, the rapid and slowly degraded fraction and effective degradability of dry matter significantly increased with increasing irradiation dose and enzyme levels ($p<0.01$). EI along or with the FE had an effective role in improving the nutritional value and degradability of palm leaf. Considering that the best results were obtained in the simultaneous use of EI of 300 KGy and 3 g/kg of FE, the simultaneous use of these two levels were effective in order to improve the digestibility and degradability of palm leaves.

**Key words:** fibrolytic enzyme,irradiation, nylon bag method, palm leaves.

**مقدمه**

خرما یکی از محصولات مهم و استراتژیک کشاورزی به شمار می‌رود و طبق آمار منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت خرما در کشور حدود ۲۴۴ هزار هکتار و میزان تولید آن حدود یک میلیون تن گزارش شده که بر این اساس ایران از نظر سطح زیر کشت و تولید خرما به ترتیب رتبه اول و دوم را در دنیا به خود اختصاص داده است (Radmehr, 2010). بیشترین محصول دور ریز خرما برگ‌های آن می‌باشد که سالانه بصورت هرس زمستانه از درخت جدا می‌شوند و کمتر از ۵ درصد آنها برای صنایع دستی استفاده شده و مابقی بدون استفاده می‌باشند (کاظم زاده و ابونوری، ۱۳۸۵). برگ‌های خرما به علت فراوانی مواد سلولزی و پائین بودن قابلیت هضم ، نیاز به عمل-آوری آن‌ها قبل از استفاده در جیره دام‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد (Ziouti *et al.*, 1993).

برای گوارش کامل و مؤثر مواد الیافی، ماندگاری طولانی آنها در شکمبه الزامی است، لیکن هرچه زمان ماندگاری مواد خوراکی در شکمبه بیشتر باشد مقدار ماده خشک مصرفی و در نتیجه تولید دام کاهش می‌یابد. بنابراین، باید از روش‌های عمل‌آوری به منظور حذف لیگنین، کاهش دیواره‌ی سلولی و افزایش سطح دسترسی برای فعالیت آنزیمی در مورد این مواد خوراکی استفاده شود . بدین منظور از روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی

استفاده شده است (صادقی و شورنگ، ۱۳۸۷) از جمله روش‌های فیزیکی مورد استفاده جهت کاهش و تغییر ساختار دیواره سلولی مواد خشبی، پرتوتابی با گاما[1] و الکترون[2] است (Al-Masri and Zarkawi, 1994).

عمل آوری مواد خوراکی از طریق پرتوتابی، فرآیندی است که در آن مواد خوراکی در بازه زمانی معینی در معرض تابش پرتوهای پرانرژی و یون ساز با دز مشخص قرار می‌گیرند (Farkas and Mohácsi-Farkas, 2011).همچنین، به علت این که پرتوتابی سبب بالا رفتن دمای ماده خوراکی نمی-شود، کاهش کیفیت مواد مغذی بر اثر پرتوتابی بسیار کمتر از سایر روش‌ها است (Al-Masri, 1998). انرژی منتقل شده توسط این پرتوها سبب شکستن پیوند بین همی‌سلولز و سلولز و همچنین پیوندهای بین این دو پلیمر با لیگنین در دیواره سلولی گیاهی می-شود به طوری که پیوندهای غیر کوالانسی بدلیل گرفتن انرژی لازم، شروع به سست شدن کرده و سر انجام این پرتوها سبب دپلیمریزه شدن و تبدیل آنها به ملکول‌های با وزن ملکولی کمتر می‌شوند .بنابراین الیاف نامحلول در شوینده خنثی بر اثر پرتوتابی به شکل محلول در آمده و از بخش غیر قابل تجزیه و بخش کند تجزیه وارد بخش سریع تجزیه می‌شوند (شورنگ و همکاران، ۱۳۸۷).

آنزیم‌ها به طور طبیعی وجود داشته و به وسیله همه موجودات زنده به عنوان کاتالیزورهای طبیعی تولید می‌شوند .آنزیم‌ها انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها را کاهش می‌دهند، در نتیجه مقدار سرعت واکنش تا حد زیادی افزایش پیدا می‌کند (صادقی و شورنگ، ۱۳۸۶)دلیل اصلی استفاده از آنزیم‌ها بهبود ارزش غذایی مواد خوراکی است .آنزیم‌ها می‌توانند تجزیه‌پذیری الیاف را در علوفه-ها بهبود بخشند (Moharrery, 2014 ). افزودن آنزیم‌های سلولاز و زایلاناز از منابع خارجی به جیره از جمله دستاوردهایی است که به منظور هضم بیشتر و کامل‌تر منابع الیافی انجام گرفته است (Beauchemin *et al*., 1996). استفاده از آنزیم‌های فیبرولایتیک با منشا خارجی سبب می‌شود که قابلیت استفاده از علوفه زیاد شود که نتیجه آن افزایش تولید است (Beauchemin *et al*., 2003). هدف از انجام این آزمایش بررسی اثرات سطوح مختلف آنزیم فیبرولایتیک و پرتوتابی الکترون بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای برگ خرما بود.

## مواد و روش‌ها

نمونه‌های برگ خرما پس از برداشت از مزارع شهرستان جیرفت به صورت تصادفی، خشک و به قطعات ۲ تا ۳ سانتیمتری خرد شد، سپس برای پرتوتابی در دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگری، دو نمونه ۷۵۰گرمی از برگ خرما در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و به مرکز پرتو فرآیند یزد ارسال شد. سپس آنزیم فیبرولایتیک پروبیو(Probio,XVET,GmbH,Germany) که مخلوطی از سلولاز، بتا گلوکاناز، بتا زایلاناز، آلفا آمیلاز و پروتئاز بود در دو سطح ۱/۵ و ۳ گرم در هرکیلوگرم ماده خشک ( Jalilvand *et al*.,2008a) به نمونه‌ها اضافه شد. بدین منظور مقادیر ۱/۵و ۳ گرم آنزیم در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر برای هر کیلو ماده خشک نمونه حل و بر روی آن‌ها اسپری و کاملا مخلوط شد. پس از گذشت ۲ روز مقداری از نمونه‌ها با آسیاب مجهز به غربال ۲ میلیمتری با سرعت چرخش۳۰۰۰ دور بر دقیقه آسیاب شده و برای انجام مراحل بعدی از این نمونه‌ها استفاده شد. ترکیب شیمیایی نمونه‌ها طبق روش‌های AOAC (۱۹۹۰) تعیین گردید. برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، از دو رأس گاو سیستانی مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. گاوها از یک هفته قبل با جیره حاوی ۱/۸ کیلوگرم یونجه خشک، ۱/۸ کیلوگرم کنسانتره، ۰/۵کیلوگرم ذرت سیلویی و ۱/۸ کیلوگرم کاه گندم (بر حسب ماده خشک) در سطح نگهداری به صورت جیره کاملا مخلوط در ۲ نوبت صبح و عصر در ساعات ۶ و ۱۸ تغذیه شدند. اجزای کنسانتره شامل ۳۵ درصد دانه جو،۱۸درصد دانه ذرت،۱۰درصد کنجاله سویا، ۱۵ درصد کنجاله کلزا، ۱۱/۵ درصد سبوس گندم، ۷ درصد ملاس، ۱ درصد مکمل معدنی-ویتامینی، ۲ درصد پودر صدف، ۰/۵ درصد نمک (بر حسب ماده خشک) بود.

**تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک**

تیمارهای آزمایش به ترتیب شامل ۱) شاهد یا نمونه برگ خرمای عمل آوری نشده، ۲) نمونه با افزودن ۱/۵ گرم آنزیم در هرکیلوگرم ماده خشک آن،۳) نمونه با افزودن ۳/۰ گرم آنزیم در هرکیلوگرم ماده خشک، ۴) نمونه پرتوتابی شده با دز۱۵۰ کیلوگری، ۵) نمونه پرتوتابی شده با دز۳۰۰ کیلوگری، ۶) نمونه با افزودن ۱/۵ گرم آنزیم و پرتوتابی شده با دز ۱۵۰ کیلوگری، ۷) نمونه با افزودن ۱/۵ گرم آنزیم و پرتوتابی شده با دز۳۰۰ کیلوگری،۸) نمونه با افزودن ۳/۰ گرم آنزیم و پرتوتابی شده با دز ۱۵۰ کیلوگری،۹) نمونه با افزودن ۳/۰ گرم آنزیم و پرتوتابی شده با دز۳۰۰ کیلوگری بودند.

مقدار ۵ گرم از هر یک از نمونه‌ها داخل کیسه‌هایی از جنس پلی-استر با اندازه منافذ ۵۰ میکرومتر و ابعاد ۱۶×۱۰ سانتیمتر ریخته شد (۳ کیسه به ازای هر نمونه) و به مدت صفر،۲، ۴،۸ ، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ساعت در شکمبه قرار داده شدند. کیسه‌های مربوط به زمان صفر در شکمبه قرار داده نشده و تنها با آب در دمای ۳۷ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد شسته شدند. تمام کیسه‌ها پس از خروج از شکمبه با آب شستشو داده شدند تا آب زلال از آنها خارج شد. سپس کیسه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت (AOAC ،۱۹۹۰) خشک شدند و میزان ناپدید شدن ماده خشک نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون محاسبه گردید. جهت تعیین فراسنجه‌های تجزیه-پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی از معادله پیشنهادیØrskov و McDonald (۱۹۷۹)استفاده شد.

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

در این معادله p مقدار ناپدید شدن ماده مغذی در شکمبه، a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه و t زمان انکوباسیون در شکمبه (ساعت) است. تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای نمونه‌ها با استفاده از معادله پیشنهادی Ørskov و McDonald (۱۹۷۹)و با در نظر گرفتن نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت محاسبه شد (معادله ذیل).

$$ED = a + [(b \times c)/(c+k)]$$

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

**روش تجزیه آماری داده‌ها**

داده‌های به دست آمده از ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری ماده خشک با آرایش فاکتوریل ۳×۳ در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹ (۲۰۰۲ ) تجزیه و تحلیل شدند و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد استفاده شد. برای محاسبه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک از نرم افزار Neway و برای رسم نمودارهای لازم از برنامه Excelاستفاده گردید. مدل آماری استفاده شده برای تجزیه داده‌ها به صورت زیر بود: $Y_{ij}=\mu+T_i+K_j+(T\times K)_{ij}+e_{ijk}$

که در آن $Y_{ij}$ مقدار مشاهده شده، $\mu$: میانگین، $T_i$: اثر پرتوتابی، $K_j$:اثر آنزیم، $(T\times K)_{ij}$ : اثرات متقابل پرتوتابی و آنزیم و $e_{ijk}$: اثر خطای آزمایش بود.

**نتایج و بحث**

**تاثیر سطح آنزیم و پرتوتابی برترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی**

ترکیب شیمیایی برگ خرمای عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج میزان ماده خشک تغییرات منظمی را نشان نداد و پرتوتابی و آنزیم سبب افزایش یا کاهش ماده خشک تیمارها به صورت منظم نشد. مقدار پروتئین خام و عصاره اتری برگ خرمای عمل‌آوری شده با پرتوتابی و آنزیم هیچ اختلاف معنی داری با شاهد نشان نداد. پرتوتابی و آنزیم و اثر متقابل آن‌ها تغییری در مقدار پروتئین خام نمونه‌ها ایجاد نکرد. برخی محققان نیز گزارش دادند که پرتوتابی الکترون با مقادیر۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگری اثری بر ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و عصاره اتری کنجاله کانولا نداشت (Taghinejad Roudbaneh *et al*., 2010). این موضوع می‌تواند به علت عدم افزایش حرارت در نمونه‌های عمل‌آوری شده باشد (Al-Masri, 1998).

اثر پرتوتابی وفرآوری با آنزیم و اثر متقابل آن‌ها بر ماده آلی و خاکستر معنی‌دار ($p<0/05$) بود و با افزایش سطح پرتوتابی ماده آلی افزایش یافت. طباطبایی و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش دادند

که سطوح افزایشی پرتوتابی سبب تغییر معنی دار خاکستر کاه جوشد. آذریان (۱۳۹۳) بیان کرد پرتوتابی با دزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰کیلوگری باعث افزایش ماده آلی علوفه نی شد. همچنین محققان گزارش دادند که پرتوتابی دانه سورگوم سبب تغییر معنی‌دار خاکستر آن شد (Rousta,*et al.*, 2014). اما بررسی‌های دیگر نشان دادند که پرتوتابی کنجاله افتابگردان اثر معنی‌داری بر ماده خشک، چربی خام، خاکستر و ماده آلی نداشت (Farag, 1999). همچنین پرتوتابی با اشعه گاما با دزهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگری اثری بر ماده خشک و خاکستر کنجاله کانولا نداشت(Taghinejad *et al.*, 2009). این نتایج متفاوت احتمالا به دلیل تفاوت در ماده خوراکی و سطوح و نوع پرتوتابی مورد استفاده بود.

نتایج مربوط به تغییرات دیواره سلولی در اثر پرتوتابی و آنزیم نشان می‌دهدکه اثر این دو عامل و اثر متقابل آن‌ها بر دیواره سلولی معنی دار ($p<۰/۰۱$) بود و با افزایش سطح آنزیم و پرتوتابی الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی کاهش یافت. بیشترین تأثیر بر دیواره سلولی در تیمار ۳/۰ گرم آنزیم و سطح پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری مشاهده شد($p<۰/۰۱$). پرتوتابی الکترون سبب کاهش سلولز بلورین، حذف کامل همی‌سلولز و کاهش مقاومت لیگنین می‌شود (Stipanovic *et al.*, 2009). از طرفی با تولید یون‌ها و رادیکال‌های آزاد، سبب شروع واکنش‌های بیولوژیکی در دمای محیط و فشار معمولی اتمسفر به ویژه جداسازی پیوندهای هیدروژنی در ساختمان سلولز و شکستن پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات می‌شود. از آنجایی که الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی شامل پکتین، کوتین، همی‌سلولز و سلولز است، بنابراین علت کم شدن این بخش در اثر پرتوتابی الکترون احتمالا افزایش حلالیت سلولز و همی‌سلولز است (Alberti *et al.*, 2005). محققین دیگر کاهش مقدار الیاف تحت تاثیر پرتوتابی گاما (دزهای ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگری) را اکسیداسیون سلولز و کاهش دیواره سلولی گزارش کردند Tang (*et al.*,2012). سبزه‌کار (۱۳۹۳) بیان کرد میزان دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در نمونه‌های پرتوتابی شده با دزهای ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری کاه ارزن نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد و کمترین مقدار در نمونه پرتوتابی شده با سطح ۳۰۰ کیلوگری مشاهده شد. برخی محققان بیان داشتند که پرتوتابی دانه موکونا با بیم‌الکترون با مقادیر۲/۵ ، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ کیلوگری، الیاف خام را کاهش داد و این کاهش ممکن است با لیگنین زدایی و تجزیه پلیمرهای بخش الیافی در ارتباط باشد (Bhat *et al.*, 2008).

اثرات مثبت برخی از آنزیم‌های افزودنی بر افزایش قابلیت هضم مواد مغذی علوفه‌ها در آزمایشات به روش کیسه‌های نایلونی و افزایش ناپدید شدن ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی علوفه‌های خشک تأیید شده است ( Lewis *et al.*, 1996). مطالعات نشان داد که با افزودن آنزیم فیبرولیتیک به علوفه یونجه تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی و خنثی به ترتیب ۲۵/۶ و ۹/۶ درصد افزایش یافت (Eun *et al.*,2007). سالاری (۱۳۸۹) در بررسی اثر سطوح مختلف آنزیم فیبرولایتیک بر ارزش غذایی سورگوم علوفه‌ای سیلو شده بیان کرد مقدار دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در نمونه‌های عمل‌آوری شده با آنزیم نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد و کمترین مقدار الیاف مربوط به تیمار حاوی ۹گرم آنزیم در هر کیلوگرم ماده خشک (سطح بالای آنزیم) بود.آنزیم‌های سلولاز و زایلاناز قادرند پیوندهای لیگنوسلولزی را شکسته و مواد خوراکی را بیشتر در معرض هضم میکروارگانیسم-های شکمبه‌ای قرار دهند در نتیجه تأثیر آنزیم‌ها بر بخش لیگنوسلولزی بخش الیافی گیاه کاهش می‌یابد (Colombatto, 2000).

**جدول ۱- تاثیر سطح آنزیم و پرتوتابی بر ترکیب شیمیایی تیمارهای مورد مطالعه**

| تیمارهای آزمایشی | ترکیبات شیمیایی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ماده خشک | ماده آلی | خاکستر | پروتئین خام | چربی خام | الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی | الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی |
| اثر آنزیم | | | | | | | |
| شاهد | ۹۴/۴۲ | ۸۰/۱۹$^{b}$ | ۱۹/۸۱$^{a}$ | ۵/۸۹ | ۱/۸۹ | ۶۳/۰۶$^{a}$ | ۴۹/۲۴$^{a}$ |
| ۱/۵ گرم آنزیم | ۹۵/۰۰ | ۹۴/۸۰$^{a}$ | ۱۹/۰۵$^{a}$ | ۵/۱۴ | ۲/۲۰ | ۵۷/۴۵$^{b}$ | ۴۶/۴۴$^{b}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم | ۹۵/۱۳ | ۸۱/۸۶$^{b}$ | ۱۸/۱۳$^{b}$ | ۵/۷۸ | ۲/۳۰ | ۵۳/۵۸$^{c}$ | ۴۵/۰۳$^{c}$ |
| سطح معنی‌دار * | ۰/۵۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۶۹ | ۰/۱۴ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| اثر پرتوتابی | | | | | | | |
| شاهد | ۹۴/۴۱ | ۸۰/۰۱ | ۱۹/۹۹ | ۵/۰۴ | ۲/۰۴ | ۶۳/۹۰$^{a}$ | ۵۰/۰۳$^{a}$ |
| پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری | ۹۵/۲۲ | ۸۰/۷۲ | ۱۹/۲۶ | ۵/۹۳ | ۲/۰۵ | ۵۲/۶۸$^{b}$ | ۴۶/۵۸$^{b}$ |
| پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری | ۹۲/۹۴ | ۸۲/۲۷ | ۱۷/۷۲ | ۵/۸۴ | ۲/۳۹ | ۵۷/۶۱$^{c}$ | ۴۴/۱۱$^{c}$ |
| سطح معنی‌دار | ۰/۴۹ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۴۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| اثر متقابل آنزیم و پرتوتابی | | | | | | | |
| ۱/۵ گرم آنزیم + پرتوتابی ۱۵۰ | ۹۵/۱۴ | ۸۱/۱۷$^{ab}$ | ۱۸/۸۳$^{ab}$ | ۵/۵۵ | ۲/۰۳ | ۵۷/۹۲$^{a}$ | ۴۵/۶۹$^{a}$ |
| ۱/۵ گرم آنزیم + پرتوتابی ۳۰۰ | ۹۵/۵۲ | ۸۰/۴۱$^{ab}$ | ۱۹/۵۸$^{ab}$ | ۵/۱۸ | ۲/۴۷ | ۴۹/۹۹$^{bc}$ | ۴۳/۲۳$^{ab}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم + پرتوتابی ۱۵۰ | ۹۴/۹۵ | ۷۸/۶۲$^{b}$ | ۲۱/۳۷$^{b}$ | ۵/۶۰ | ۲/۰۷ | ۵۱/۶۹$^{c}$ | ۴۴/۷۹$^{ab}$ |
| ۳/۰گرم آنزیم + پرتوتابی ۳۰۰ | ۹۵/۸۱ | ۸۴/۸۵$^{a}$ | ۱۵/۱۴$^{a}$ | ۵/۶۳ | ۲/۷۰ | ۴۸/۲۶$^{b}$ | ۴۲/۳۲$^{b}$ |
| خطای معیار ** | ۲/۰۰ | ۴/۳۴ | ۴/۳۴ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۵۰ | ۰/۵۳ |
| سطح معنی‌دار | ۰/۸۷ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۵۵ | ۰/۱۳ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |

*: SEM، **: p-value، در هر ستون میانگین‌هایی با حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار($P<۰/۰۵$) بین تیمارها می‌باشد.

## تاثیر سطح آنزیم و پرتوتابی بر تجزیه‌پذیری ماده خشک تیمارهای آزمایشی در زمان‌های مختلف شکمبه‌گذاری

نتایج حاصل از آنالیز داده‌های حاصل از تجزیه‌پذیری ماده خشک برگ خرمای مورد مطالعه در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ساعت پس از شکمبه‌گذاری در جدول ۲ آمده است .با افزایش زمان شکمبه‌گذاری ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک نیز افزایش یافت. همچنین با افزایش سطح آنزیم و پرتوتابی و تاثیر توام آن‌ها میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک به طور معنی‌دار($p<۰/۰۱$) افزایش یافت، بطوری‌که در تمامی زمان‌ها کمترین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک مربوط به تیمار شاهد و بیشترین میزان مربوط به تیمار ۳/۰ گرم آنزیم و سطح پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری بود($p<۰/۰۵$) .پایین بودن مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی در تیمارهای پرتوتابی شده و فرآوری شده با آنزیم نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک شده است (Feng *et al*., 1996).

همچنین تاثیر آنزیم‌ها در شکمبه می‌تواند به علت اثر تقویتی آنزیم‌های افزودنی با آنزیم‌های میکروارگانیسم‌ها در محیط شکمبه باشد (Morgavi *et al*., 2001).

سبحانی‌راد و همکاران (۱۳۹۱) اثر پرتوتابی بیم الکترون (۲۰۰، ۲۵۰و ۳۰۰ کیلوگری) را بر تجزیه‌پذیری ماده خشک کنجاله زیتون بررسی کردند نتایج نشان داد، با افزایش دز پرتوتابی ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک کنجاله زیتون افزایش یافت.

**جدول۲- تاثیر سطح آنزیم و پرتوتابی بر میانگین درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک در تیمارهای برگ خرما**

| تیمارهای آزمایشی | زمان انکوباسیون(ساعت) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۲ | ۴ | ۸ | ۱۲ | ۲۴ | ۴۸ | ۷۲ | ۹۶ |
| اثر آنزیم | | | | | | | | |
| شاهد | ۳/۲۴$^{c}$ | ۶/۲۷$^{b}$ | ۸/۲۵$^{b}$ | ۱۱/۴۴$^{b}$ | ۲۴/۸۹$^{c}$ | ۳۶/۲۶$^{c}$ | ۵۸/۵۵$^{b}$ | ۶۶/۲۴$^{c}$ |
| ۱/۵ گرم آنزیم | ۴/۴۴$^{b}$ | ۷/۷۳$^{a}$ | ۹/۷$^{a}$ | ۱۳/۱۰$^{a}$ | ۲۷/۱۱$^{b}$ | ۳۸/۹۷$^{b}$ | ۵۹/۰۶$^{b}$ | ۶۷/۸۲$^{b}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم | ۵/۲۷$^{a}$ | ۸/۳۲$^{a}$ | ۱۰/۲۴$^{a}$ | ۱۳/۷۴$^{a}$ | ۲۸/۲۳$^{a}$ | ۳۹/۹۱$^{a}$ | ۶۰/۹۲$^{a}$ | ۶۹/۵۳$^{a}$ |
| سطح معنی‌دار * | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| اثر پرتوتابی | | | | | | | | |
| شاهد | ۳/۰۰$^{c}$ | ۵/۵۲$^{c}$ | ۷/۹۲$^{c}$ | ۱۱/۰۴$^{c}$ | ۲۴/۳۸$^{c}$ | ۳۴/۲۵$^{c}$ | ۵۳/۴۸$^{c}$ | ۶۴/۴۹$^{c}$ |
| پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری | ۴/۳۲$^{b}$ | ۷/۶۳$^{b}$ | ۹/۴۶$^{b}$ | ۱۳/۰۳$^{b}$ | ۲۷/۰۴$^{b}$ | ۳۹/۱۹$^{b}$ | ۵۹/۷۰$^{b}$ | ۶۸/۷۶$^{b}$ |
| پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری | ۵/۶۳$^{a}$ | ۹/۱۶$^{a}$ | ۱۰/۸۳$^{a}$ | ۱۴/۲۱$^{a}$ | ۲۸/۸۱$^{a}$ | ۴۱/۶۹$^{a}$ | ۶۵/۳۵$^{a}$ | ۷۰/۳۴$^{a}$ |
| سطح معنی‌دار | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| اثر متقابل آنزیم و پرتوتابی | | | | | | | | |
| ۱/۵ گرم آنزیم + پرتوتابی ۱۵۰ | ۴/۴۷$^{c}$ | ۷/۴۹$^{cd}$ | ۹/۳۶$^{cd}$ | ۱۳/۴۹$^{bc}$ | ۲۷/۶۱$^{b}$ | ۳۹/۰۹$^{bc}$ | ۶۰/۷۲$^{d}$ | ۶۸/۸۸$^{cd}$ |
| ۱/۵ گرم آنزیم + پرتوتابی ۳۰۰ | ۵/۸۹$^{ab}$ | ۹/۶۸$^{ab}$ | ۱۱/۱۲$^{ab}$ | ۱۴/۵۸$^{a}$ | ۲۹/۳۷$^{a}$ | ۴۲/۶۶$^{a}$ | ۶۵/۴۷$^{b}$ | ۷۰/۲۰$^{b}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم + پرتوتابی ۱۵۰ | ۵/۵۹$^{b}$ | ۸/۶۱$^{bc}$ | ۱۰/۴۹$^{bc}$ | ۱۳/۶۲$^{ab}$ | ۲۷/۷۴$^{b}$ | ۴۰/۳۶$^{b}$ | ۶۱/۸۴$^{dc}$ | ۶۹/۵۷$^{bc}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم + پرتوتابی ۳۰۰ | ۶/۶۵$^{a}$ | ۱۰/۴۴$^{a}$ | ۱۱/۷۸$^{a}$ | ۱۴/۲۵$^{a}$ | ۳۰/۵۷$^{a}$ | ۴۳/۳۱$^{a}$ | ۶۷/۶۰$^{a}$ | ۷۲/۵$^{a}$ |
| خطای معیار ** | ۰/۱۲۹ | ۰/۲۲۵ | ۰/۱۹۲ | ۰/۴۱۸ | ۰/۲۷۸ | ۰/۱۲۶ | ۰/۳۵۴ | ۰/۱۷۱ |
| سطح معنی‌دار | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |

*: SEM، **: p-value، در هر ستون میانگین‌هایی با حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار(P<۰/۰۵) بین تیمارها می‌باشد.

**تاثیر سطح آنزیم و پرتوتابی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک تیمارهای مورد مطالعه**

پرتوتابی و افزودن آنزیم چه به صورت جداگانه و چه به صورت استفاده توام سبب افزایش بخش سریع تجزیه، بخش کند تجزیه و پتانسیل تجزیه پذیری برگ خرما شد(p<۰/۰۱). امّا تاثیر آنزیم و پرتوتابی اثر متقابل آن‌ها بر نرخ تجزیه پذیری ماده خشک معنی-دار نشد. میانگین درصد تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در ساعت با سرعت‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ بین تیمارهای پرتوتابی شده و آنزیم افزوده شده و همچنین اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شد (p<۰/۰۱). با افزایش دز پرتوتابی و نیز افزایش سطح آنزیم تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک نمونه‌ها افزایش یافت (p<۰/۰۱). مشابه با نتایج این تحقیق طباطبایی و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش دادند که با پرتوتابی الکترون ساقه آتریپلکس با سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری بخش سریع و کند تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری

و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک آن به طور معنی‌دار و خطی افزایش یافت امّا نرخ تجزیه‌پذیری تحت تاثیر قرار نگرفت.گزارش شده است که پرتو الکترون در دزهای ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگری سبب افزایش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک کاه گندم شد (دباغچیان و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین محققین با بررسی اثر پرتوالکترون (دزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری) بر کاه گندم گزارش دادند که با افزایش دز پرتوتابی بخش سریع تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک به طور خطی افزایش یافت (Shahbazi *et al.*,2008). اثرات پرتوهای گاما و الکترون بر کاه گندم، جو، یولاف و چاودار نیز نشان داد با افزایش دز پرتوتابی به علت افزایش تجزیه‌پذیری سلولز و همی‌سلولز گوارش پذیری آن‌ها تا ۸۰ درصد افزایش یافت (Leonhardt *et al.*,1983). علت این تغییر ممکن است لیگنین زدایی، دی‌پلیمریزه شدن و شکسته شدن پیوندهای کوالانسی و تغییر در ساختار بلورین سلولز در اثر پرتوتابی باشد که نتیجه نهایی آن افزایش تجزیه پذیری دیواره سلولی است. بنابراین، ممکن است بخشی از سلولز و همی‌سلولز نامحلول بر اثر پرتوتابی به شکل محلول در آمده و از بخش غیر قابل تجزیه وارد بخش سریع تجزیه شده است (شورنگ و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر برگ خرما تحت تاثیر پرتوتابی و آنزیم به علت کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی می‌توان نتیجه گرفت پرتوالکترون و آنزیم به طور توأم سبب افزایش حل‌شدن و کاهش سلولز بلورین و همی سلولز در برگ خرما شده‌اند. دی‌پلیمریزه شدن و تجزیه سلولز و همی‌سلولز در اثر پرتوالکترون دلیل مهمی برای افزایش گوارش‌پذیری و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای الیاف است(طباطبایی و همکاران،۱۳۹۴).

تاثیر آنزیم‌های فیبرولایتیک بر افزایش بخش سریع و کند تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر علوفه‌های یونجه،کاه گندم و سیلاژ ذرت علوفه‌ای توسط سایر محققین گزارش شده است (Jalilvand *et al.*,2008b).

همچنین بادپروا (۱۳۹۳) گزارش کرد افزودن آنزیم فیبرولایتیک سبب افزایش معنی‌دار بخش سریع و کند تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای بوته هندوانه شد. بنابراین کاهش الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی در افزایش تجزیه‌پذیری موثر است .

افزایش بخش سریع تجزیه یا ضریب (a) بوسیله آنزیم می‌تواند به این دلیل باشد که آنزیم‌های فیبرولایتیک در مرحله اول به بخش سریع‌هضم گیاه حمله می‌کنند و در نتیجه بخش باقیمانده از قابلیت هضم کمتری برخوردار است (Ohyama and McDonald, 1975).

همچنین قابل ذکر است که گزارشی در باره اثرات توأم پرتوالکترون و آنزیم بر مواد خوراکی دامی در منابع علمی یافت نشد.

**جدول ۳- تاثیر سطح آنزیم و پرتوتابی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری تیمارهای برگ خرما**

| تیمار های آزمایشی | فراسنجه‌های تجزیه پذیری | | | | | تجزیه پذیری موثر | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | بخش سریع تجزیه | بخش کند تجزیه | پتانسیل تجزیه پذیری | نرخ تجزیه پذیری | نرخ عبور ۰/۰۲ | نرخ عبور ۰/۰۵ | نرخ عبور ۰/۰۸ |
| اثر آنزیم | | | | | | | |
| شاهد | ۲۷/۱۰$^{b}$ | ۳۱/۸۱$^{b}$ | ۵۸/۹۲$^{b}$ | ۰/۰۱۸ | ۴۲/۱۴$^{c}$ | ۳۵/۶۰$^{c}$ | ۳۳/۰۱$^{c}$ |
| ۱/۵ گرم آنزیم | ۳۰/۵۲$^{a}$ | ۳۷/۱۶$^{ab}$ | ۶۸/۳۷$^{a}$ | ۰/۰۱۳ | ۴۵/۳۰$^{b}$ | ۳۸/۳۰$^{b}$ | ۳۵/۸۲$^{b}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم | ۳۱/۲۱$^{a}$ | ۴۰/۳۱$^{a}$ | ۷۰/۸۳$^{a}$ | ۰/۰۱۵ | ۴۶/۶۲$^{a}$ | ۳۹/۴۶$^{a}$ | ۳۶/۸۷$^{a}$ |
| سطح معنی‌دار * | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| اثر پرتوتابی | | | | | | | |
| شاهد | ۲۴/۸۵$^{c}$ | ۳۱/۰۹$^{b}$ | ۵۵/۹۵$^{b}$ | ۰/۰۱۷ | ۴۰/۳۴$^{c}$ | ۳۳/۷۳$^{c}$ | ۳۱/۱۰$^{c}$ |
| پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری | ۳۲/۹۳$^{a}$ | ۴۰/۱۲$^{a}$ | ۷۳/۰۶$^{a}$ | ۰/۰۱۳ | ۴۵/۶۲$^{b}$ | ۳۸/۷۴$^{b}$ | ۳۶/۲۷$^{b}$ |
| پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری | ۳۱/۰۴$^{b}$ | ۳۸/۰۷$^{ab}$ | ۶۹/۱۲$^{a}$ | ۰/۰۱۳ | ۴۸/۱۰$^{a}$ | ۴۰/۸۸$^{a}$ | ۳۸/۳۳$^{a}$ |
| سطح معنی‌دار | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| اثر متقابل آنزیم و پرتوتابی | | | | | | | |
| ۱/۵ گرم آنزیم + پرتوتابی ۱۵۰ | ۳۲/۷۰$^{bc}$ | ۳۶/۳۸$^{b}$ | ۶۸/۴۶$^{bc}$ | ۰/۰۱۲ | ۴۶/۱۶$^{b}$ | ۳۹/۴۳$^{c}$ | ۳۷/۰۶$^{c}$ |
| ۱/۵ گرم آنزیم + پرتوتابی ۳۰۰ | ۳۴/۳۱$^{ab}$ | ۳۵/۶۶$^{b}$ | ۶۹/۹۷$^{bc}$ | ۰/۰۰۸ | ۴۹/۳۶$^{d}$ | ۴۱/۷۰$^{b}$ | ۳۹/۲۶$^{ab}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم + پرتوتابی ۱۵۰ | ۳۳/۰۷$^{ab}$ | ۴۴/۴۴$^{ab}$ | ۷۷/۵۲$^{ab}$ | ۰/۰۱۰ | ۴۷/۷۳$^{c}$ | ۴۰/۴۳$^{bc}$ | ۳۸/۰۰$^{b}$ |
| ۳/۰ گرم آنزیم + پرتوتابی ۳۰۰ | ۳۴/۴۹$^{a}$ | ۵۳/۷۵$^{a}$ | ۸۸/۲۵$^{a}$ | ۰/۰۱۳ | ۵۰/۶۶$^{a}$ | ۴۳/۱۳$^{a}$ | ۴۰/۴۶$^{a}$ |
| خطای معیار ** | ۰/۸۳ | ۳/۵۲ | ۵/۷۸ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۱۲۹ | ۰/۲۱ | ۰/۲۴ |
| سطح معنی‌دار | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |

SEM ،**: p-value، در هر ستون میانگین‌هایی با حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین تیمارها می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، پرتوالکترون و آنزیم فیبرولایتیک می‌تواند بر بخش الیافی برگ خرما اثر گذارد. الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی در نمونه‌های پرتوتابی شده و عمل‌آوری شده با آنزیم نسبت به نمونه خام با افزایش دز پرتوتابی و سطح آنزیم کاهش یافت. همچنین فرآوری با آنزیم و پرتوتابی سبب افزایش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در تمام زمان‌ها در برگ خرما شدند، که نشان دهنده هضم بیشتر نمونه نسبت به شاهد بود.استفاده توام پرتوتابی الکترون و آنزیم فیبرولایتیک اثرات بهتری در مقایسه با اثرات جداگانه این دو، روی برگ خرما نشان داد به طوری که بهترین نتایج در سطح پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری و سطح ۳/۰ گرم در کیلوگرم آنزیم به دست آمد. لذا استفاده توأم پرتوالکترون با دز پرتوتابی ۳۰۰ کیلوگری با ۳/۰ گرم در کیلوگرم آنزیم در بهبود قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری برگ خرما مؤثر بود.

**پاورقی‌ها**

1- Gamma irradiation
2- Electron irradiation

**منابع**


آذریان، ن. (۱۳۹۳).تعیین ارزش غذایی علوفه نی پرتوتابی شده با روش کیسه‌های نایلونی و تولید گاز. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.

بادپروا، ن. (۱۳۹۳). بررسی ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری ماده خشک گیاه هندوانه عمل‌آوری شده با اوره، آنزیم فیبرولایتیک و زئولیت طبیعی .پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.

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

سالاری، م. (۱۳۸۹). اثر سطوح مختلف آنزیم‌های فیبرولایتیک بر ارزش غذایی علوفه سورگوم سیلو شده. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.

سبحانی‌راد، س.، بهگر، م.، وکیلی، ر. و الهی‌ترشیزی، م. (۱۳۹۱). تأثیر پرتوتابی گاما و عمل‌آوری با سود سوزآور بر فراسنجه‌های تولید گاز برخی از محصولات فرعی کشاورزی در شرایط آزمایشگاهی. مجله علوم دامی ایران. جلد ۴، شماره ۴، ص-۳۲۲. ۳۱۶ .

سبزه‌کار، حسین. (۱۳۹۳). بررسی ارزش غذایی کاه ارزن پرتوتابی شده با روش کیسه‌های نایلونی و تولید گاز. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.

شورنگ، پ.، نیکخواه، ع.، صادقی، ع.، زارع، ا.، رئیس علی، غ . ر .و مرادی شهربابک، م. (۱۳۸۷). اثرات پرتوتابی گاما برتجزیه-پذیری شکمبه‌ای و گوارش‌پذیری روده‌ای پروتئین کنجاله منداب. نشریه علوم دامی ایران. ص.۱۴۶-۱۳۷ .

صادقی، ع.، شورنگ، پ. (۱۳۸۶). کاربرد آنزیم‌ها در تغذیه دام و طیور. ترجمه، آییژ. تهران. ص.۶۴.

صادقی، ع .، شورنگ، پ. (۱۳۸۷). اثرات پرتو گاما و بیم-الکترونی بر روند تجزیه‌پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه گندم و یونجه خشک. دومین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرج. ص. ۴۵-۴۲.

طباطبایی، ن.،فتحی نسری،م. ح.،فرهنگ‌فر،ه.،ریاسی،ا. (۱۳۹۲).اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر ارزش غذایی ساقه آتریپلکس. مجله تحقیقات دام و طیور. جلد ۲ ،شماره ۲ ،ص.۲۸-۱۹.

طباطبایی، ن.،فتحی نسری،م. ح.،فرهنگ‌فر،ه.،ریاسی،ا. (۱۳۹۴).تعیین ارزش غذایی کاه جو پرتوتابی شده با بیم الکترونی. مجله تحقیقات دام و طیور. جلد ۴ ،شماره ۲ ،ص.۱۷-۹.

کاظم‌زاده، ل. ، ابونوری، ع، ع. (۱۳۸۵). برآورد توابع عرضه و تقاضای صادرات خرمای ایران با استفاده از الگوی سیستم معادلات همزمان، اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۵۴.

Alberti, A., Bertini, S. and Gastaldi, G. (2005). Electron beam irradiated textile cellulose fibres. ESR Studies and derivatisation with Glycidyl methacrylate (GMA). *Journal of European Polymers*. 41: 1787-1797.

Al-Masri, M. and Zarkawi, M. (1994). Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues. *Radiation physics and Chemistry*. 44: 661-663.

Al-Masri, M. R. (1998). Changes in contents and *in vitro* digestibility of laying hens excreta used as feeds due to drying and gamma irradiation. *Journal of Applied Radiation Isotop*. 49: 767-771.

AOAC. (1990). Offical Methods on Analysis of the association of official Analytical Chemists. 15th ed. Washington. D. C. USA.

Beauchemin, K., Colombatto, D., Morgavi, D. and Yang, W. (2003). Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*. 81: E37-E47.

Beauchemin, K., Rode, L., Yang, W. and McAllister, T. (1996). Use of feed enzymes in ruminant nutrition. In: *Animal Science Research and Development-Meeting Future Challenges (Rode, LM, Ed).* 103-131.

Bhat, R., Sridhar, K. R., Young, C. C., Bhagwath, A. A. and Ganesh, S. (2008). Composition and functional properties of raw and electron beam-irradiated Mucuna pruriens seeds. *International Journal of Food Science and Technology*. 43: 1338-1351.

Colombatto, D. (2000). Use of enzymes to improve fibre utilisation in ruminants: a biochemical and *in vitro* rumen degradation assessment, *University of Reading*.

Eun, J. S., Beauchemin, K. A., and Schulze, H. (2007). Use of an *in vitro* fermentation bioassay to evaluate improvements in degradation of lucerne hay due to exogenous feed enzymes. *Animal Feed Science and Technology*. 135(3-4), 315-328.

Farag, M. (1999). Effect of radiation and other processing methods on protein quality of sunflower meal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79: 1565-1570.

Farkas, J. and Mohácsi-Farkas, C. (2011). History and future of food irradiation. *Trends in Food Science and Technology*. 22: 121-126.

Feng, P., Hunt, C., Pritchard, G. and Julien, D. W. (1996). Effect of enzyme preparations on *in situ* and *in vitro* degradation and *in vivo* digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. *Journal of Animal Science*. 74: 1349-1357.

Jalilvand, G., Odongo, N., E., lopez, S., Naserian, A., Valizade, R., Shahrodi, F., E., Kebreab, E. and France, J. (2008a). Effect of different levels of an enzyme mixture on *in vitro* gas production parameters of contrasting forages. *Animal Feed Science and Technology*. 146: 289- 301.

Jalilvand, G., Naserian, A., Kebreab, E., Odongo, N.E., Valizadeh, R., Eftekhar Shahroodi, F., Lopez, S. and France, J. (2008b). Rumen degradation kinetics of alfalfa hay, maize silage and wheat straw treated with fibrolytic enzymes. *Archivos Zootecnia*. 57 (218): 155-164.

Leonhardt, J.W., Baer, M. and Huebner, G., (1983). Gamma and electron radiation effects on straw. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*. 21(4): 397-400.

Lewis, G. E., Hunt, C. W., Sanchez, W. K., Treacher, R., Pritchard, G. T. and Feng, P. (1996). Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage-based diet fed to beef steers.*Journal of Animal Science*.74: 3020-3028.

Moharrery, A. (2014). Influence of Fibrolytic Enzymes on the *in vitro* Hydrolysis and Fermentation of Different Types of Roughages Treatment. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 4: 515-520.

Morgavi, D., beauchemin, K., Nsereko, V., Rode, L., McAllister, T., Muirhead, S. (2001). Resistance of feed enzymes to proteolytic inactivation by rumen microorganisms and gastrointestinal proteases. *Journal of animal science*. 79: 1621-1630.

Ohyama, Y. and McDonald, P. (1975). The effect of some additives on aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 26: 941-948.

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

Radmehr, A. (2010). Results of sample statistics design of orchards. The Ministry of Jehad-e Aggriculture Press, 27-29.

Rousta,M., Sadeghi, A. A., Shawrang, P., AimnAfshar, M. , and Chamani, M.(2014). Effect of gamma, electron beam and infrared radiation treatment on the nutritional value and anti-nutritional factors of sorghum grain. *Iranian journal of applied animal science*. 4(4),723-731.

Shahbazi, H. R., Sadeghi, A. A., Fazaeli, H., Raisali, G., Chamani, M. and Shawrang, P. (2008). Effect of electron beam irradiation on

dry matter degradation of wheat straw in the rumen. *Journal of Biological Science*. 11(4): 676-679.

SAS.(2002). Statistical Analysis System, Version 9. Cary, NC:SAS Institute Inc.

Stipanovic, A. J., Winter, W. T. and Driscoll, M. S. (2009). Electron beam and X-ray irradiation of lignocellulosic biomass synergies Biodelignification and hemicellulose removal in reducing recaici. Performing Organization Chemistry. State university of New york. NYZ-2340- 02- 005.

Taghinejad, M., Shawrang, P., Rezapour, A., Sadeghi, A. and Ebrahimi, S. (2009). Changes in Anti-Nutritional Factors, Ruminal Degradability and in vitro Protein Digestibility of Gamma Irradiated Canola Meal. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8: 1298-1304.

Taghinejad-Roudbaneh, M., Ebrahimi, S., 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.

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

Van Soest, P. V., Robertson, J. and Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.

Ziouti, A., El Boustani, E. and Macheix, J. (1993). Cell wall-bodnd phenols in date palm leaves and roots. identification and histochemical localization. In: International Symposium on Natural Phenols in Plant Resistance. 381. p 276-279.