نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد ششم، شماره اول، ۱۳۹۷
http://ejrr.gau.ac.ir

# ارزیابی اثر پرتوتابی الکترون بر ارزش تغذیه‌ای تفاله انگور قرمز در تغذیه نشخوارکنندگان با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و تکنیک کیسه‌های نایلونی

**بهزاد اسدنژاد[۱]، رسول پیرمحمدی[۲] و *حامد خلیل‌وندی بهروزیار[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری، [۲]استاد و [۳]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/٤

**چکیده**

**سابقه و هدف:** مصرف مقادیر بالای تانن‌های متراکم از طریق جیره غذایی بسته به نوع و منبع آن و میزان مقاومت دام، تأثیر منفی بر توان مصرف خوراک، ضرایب گوارش‌پذیری و بازدهی تولید در نشخوارکنندگان دارد. تاکنون روش‌های مختلفی با هدف کاهش فعالیت و غلظت تانن‌های متراکم در مواد خوراکی مورد استفاده در تغذیه دام مورد آزمون قرار گرفته‌اند. روش‌های مختلف پرتوتابی به‌عنوان عمل‌آوری‌های پاک و بدون آلودگی‌های شیمیایی مطرح بوده و با کارایی انرژتیک بالاتری نسبت به سایر روش‌های عمل‌آوری، می‌توانند جایگزین مناسبی برای بسیاری از عمل‌آوری‌های مرسوم باشند. این پژوهش در راستای بررسی میزان و سطح فعالیت ترکیبات فنولیک و فراسنجه‌های مختلف ارزش تغذیه‌ای تفاله انگور قرمز پرتوتابی شده با امواج بیم الکترونی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** تفاله انگور قرمز تهیه شده به صورت هوا خشک و دور از نور مستقیم آفتاب خشک شد. عمل‌آوری با الکترون در سه دز، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلو گری در مرکز تابش پرتو فرآیند یزد وابسته به سازمان انرژی اتمی ایران با دستگاه بیم الکترون با استفاده از سیستم رودوترون انجام شد. پس از اندازه‌گیری مقادیر تانن متراکم و ترکیبات شیمیایی مانند ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و الیاف نامحلول در شوینده خنثی، از سه رأس گوساله نر اخته هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای به‌منظور تهیه مایع شکمبه و انکوباسیون نمونه‌ها در آزمون تجزیه‌پذیری استفاده شد. انکوباسیون شکمبه‌ای نمونه‌ها در ساعات ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲ و ۹٦، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در دو دوره آزمایش مجزا انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج این آزمایش نشان دهنده افزایش معنی‌دار مقدار ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تمامی سطوح عمل‌آوری و کاهش پروتئین خام در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگری بود. کل ترکیبات فنولیک، تانن کل، تانن متراکم آزاد، تانن متراکم متصل به پروتئین‌ها و دیواره سلولی و ترکیبات فنولی رسوب دهنده پروتئین در اثر پرتوتابی با الکترون کاهش یافته و میزان تجزیه‌پذیری پروتئین و دیواره سلولی، مقادیر گاز تولیدی در ساعات مختلف

*مسئول مکاتبه: h.khalilvandi@urmia.ac.ir

انکوباسیون و میزان انرژی قابل متابولیسم نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. پرتوتابی الکترون همچنین سبب افزایش مقدار کل اسیدهای چرب فرار و میزان متان تولیدی نسبت به گروه شاهد شد. مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر و بخش سریع تجزیه پروتئین نیز افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تفاوت در پاسخ تفاله انگور قرمز به سطوح مختلف پرتوتابی الکترون و لزوم انجام آزمون درون‌تنی به‌منظور ارزیابی بهتر اثر فرآوری بود. بر اساس نتایج، بهترین پاسخ در تأثیرگذاری بر فراسنجه‌های ارزش غذایی در راستای بهبود تخمیر شکمبه‌ای، تجزیه‌پذیری پروتئین و ماده خشک و میزان کاهش غلظت و فعالیت ترکیبات فنولی، را می‌توان مربوط به سطح پرتوتابی با امواجی به شدت ۱۰۰ کیلوگری دانست.

***واژه‌های کلیدی:*** تانن متراکم، پرتوتابی، تجزیه‌پذیری، تولید گاز

## مقدمه

ازدیاد روز افزون جمعیت و کوشش برای فراهم کردن غذا در کنار محدود بودن منابع قابل کشت، نیازمند تلاش و نوآوری بیشتر در زمینه‌های مختلف کشاورزی، دامپروری و علوم وابسته است (۳). در ایران کمبود خوراک دام یکی از مشکلات عمده تولیدات دامی بوده و استفاده از ضایعات و پسماندهای کشاورزی راه حل مناسبی برای رفع این مشکل و کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری است. پس مانده‌های کشاورزی به‌طور عمده شامل بقایای محصولات زراعی و فرآورده‌های فرعی کارخانجات و صنایع کشاورزی بوده و ضرایب پایین گوارش‌پذیری و نیز وجود ترکیبات ضدتغذیه‌ای در اغلب پسماندهای کشاورزی را می‌توان مهمترین عوامل محدود کننده کاربرد آن‌ها در تغذیه دام دانست. تفاله انگور قرمز یکی از فرآورده‌های فرعی کارخانجات صنایع تبدیلی، حاوی میزان پروتئین و عصاره اتری مطلوب و مقداری فیبر خام غنی از لگنین است. ازمیان ترکیبات مختلف ضدتغذیه‌ای، تانن‌های متراکم را می‌توان یکی از اصلی‌ترین عوامل محدود کننده مصرف تفاله انگور قرمز دانست. سطوح بالای تانن‌ها، مصرف خوراک، میزان گوارش‌پذیری و راندمان تولید را تحت تأثیر منفی قرار می‌دهند. با این‌حال، این اثرات بسته به نوع و مقدار تانن مصرف شده و مقاومت دام متفاوت است. علاوه بر تانن‌های متراکم، تانن‌های قابل هیدرولیز دارای وزن مولکولی کمتری بوده و با توان جذب از دستگاه گوارش دارای آثار سمی و مضر پس از جذب از طریق دستگاه گوارش هستند (۳۱). هرواس و همکاران (۲۰۰۳) با تزریق داخل شکمبه‌ای مقادیر متفاوت عصاره حاوی تانن متراکم، کاهش مصرف خوراک و متعاقبا توقف آن یک هفته پس از آغاز آزمایش را در اثر دریافت مقادیر بالای تانن‌های متراکم گزارش نمودند (۱۹). کارایی روش‌های مختلف عمل‌آوری فیزیکی و شیمیایی به‌منظور کاهش مقدار یا فعالیت تانن‌های متراکم در سال‌های اخیر مورد ارزیابی قرار گرفته است. دراین میان آثار نامطلوب زیست محیطی و هزینه بالای این روش‌ها، به‌واسطه استفاده زیاد از انرژی و مواد شیمیایی مختلف زمینه‌ساز ارزیابی اثر روش‌های کم‌هزینه و پاک در صنعت خوراک دام شده است. فرایندهای پرتوتابی به‌عنوان عمل‌آوری‌های پاک مطرح بوده و آلودگی‌های شیمیایی ایجاد شده در عمل‌آوری‌های فیزیکی وشیمیایی مرسوم را ندارند. به‌علاوه این عمل‌آوری‌ها دارای کارایی انرژتیک

بالایی‌نسبت به سایر روش‌های عمل‌آوری بوده و می‌توانند جایگزین مناسبی برای بسیاری از عمل‌آوری‌های مرسوم باشند. گزارش‌هایی در ارتباط با کارایی استفاده از روش‌های مختلف پرتوتابی از جمله استفاده از پرتوهای یون‌ساز الکترون و گاما در از بین بردن عوامل ضد تغذیه‌ای و افزایش ارزش تغذیه‌ای خوراک‌ها وجود دارد. تقی‌نژاد و همکاران، (۲۰۰۹) در بررسی کارایی استفاده از پرتوتابی گاما و الکترون در حذف عوامل ضدتغذیه‌ای همانند گوسیپول، تانن‌ها، ممانعت کننده‌های پروتئاز، لکتین، اسید فایتیک، پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای و الیگوساکاریدها، افزایش گوارش‌پذیری و یا تغییر محل گوارش و جذب مواد مغذی بدون تغییر کیفیت تغذیه‌ای خوراک، سطوح پرتوتابی بالاتر از ۱۰ کیلوگری را مؤثر ارزیابی نمودند (٤٥). گزارش‌هایی در ارتباط با بهبود کیفیت پروتئین و افزایش گوارش‌پذیری دیواره سلولی علوفه‌ها و کاه غلات در سطوح پرتوتابی بالاتر از ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگری وجود دارد (٣٦، ٣٧، ٣٨). پرتو گاما و الکترون نقش قابل‌توجهی در رفع آلودگی قارچی، از بین بردن آفلاتوکسین و رفع بعضی آلودگی‌های باکتریایی مواد خوراکی دارد. اخیراً از پرتو گاما برای کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین مواد خوراکی استفاده شده است و گزارش شده است که تابش گاما و پرتو الکترون می‌تواند سبب افزایش سطح ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی در پوست بادام شود (۲۰). پژوهش‌های اندکی در ارتباط با اثر ذرهای بالای پرتوتابی بر ارزش غذایی پس‌ماندهای کشاورزی به‌خصوص ترکیبات الیافی و ترکیبات دارای مقادیر بالای تانن‌های متراکم وجود دارد. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی اثر پرتوتابی الکترون در سه دوز متفاوت بر غلظت و فعالیت زیستی تانن‌های متراکم و فراسنجه‌های مختلف ارزش تغذیه‌ای تفاله انگور قرمز در شرایط برون‌تنی و با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی بود.

## مواد و روش‌ها

**محل اجرا و حیوانات مورد استفاده در آزمایش:** این پژوهش در ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با استفاده از سه رأس گوساله نر اخته بالغ هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای انجام شد. کلیه حیوانات مورد استفاده در این آزمایش بر اساس راهنمای نگهداری و استفاده از حیوانات مزرعه‌ای در تحقیقات علوم دامی نگهداری شدند. حیوانات به‌صورت انفرادی، دو بار در روز و با جیره حاوی ٤ کیلوگرم یونجه، ۳ کیلوگرم سیلاژ ذرت و ۱/۵ کیلوگرم جو آسیاب شده به میزان ۱۲۰ درصد احتیاجات نگهداری تغذیه شده و در تمام طول مدت آزمایش به آب آشامیدنی سالم و مکمل مواد معدنی لیسیدنی دسترسی داشتند (NRC, 2001) (۳۳).

**جمع‌آوری نمونه، فرآوری و تعیین ترکیب شیمیایی:** تفاله انگور قرمز به صورت‌تر (۲۵ درصد ماده خشک) در ده روز مراجعه متوالی از کارخانه پاکدیس شهرستان ارومیه تهیه شد. تفاله انگور قرمز تهیه شده به‌صورت هوا خشک و تحت سایه خشک شد. عمل‌آوری با پرتوهای الکترون در سه دوز ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری در مرکز تابش پرتوفرآیند یزد وابسته به سازمان انرژی اتمی ایران با استفاده از دستگاه بیم الکترون با استفاده از سیستم رودوترون انجام شد (٤١).

کلیه اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی یا سه تکرار انجام گرفت. نمونه‌ها به‌منظور تعیین ترکیب شیمیایی با آسیاب آزمایشگاهی با الک ۱ میلی‌متری آسیاب و غلظت ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و عصاره

اتری با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC (٢٠٠٠) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از سیستم اتوماتیک آنکوم بر اساس روش ون سوست و همکاران (١٩٩١) تعیین شد (٢، ٤٩).

به‌منظور تعیین ترکیبات فنولیک، کل تانن، تانن متراکم آزاد و متصل به الیاف و پروتئین از روش ماکار (٢٠٠٠) استفاده شد (٢٦). به‌این منظور، استخراج ترکیبات فنولی با استفاده از ١٠ میلی‌لیتر استون ٧٠ درصد در داخل حمام اولتراسوند به‌مدت ٣٠ دقیقه و قدرت ٣٥ کیلوهرتز انجام گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری میزان انواع ترکیبات فنولی در نمونه‌ها از نمونه‌های ریزآسیاب شده با آسیاب توپی با قطر ذرات کمتر از ٥٠٠ میکرون استفاده شد (٢٦).

**تعیین میزان تجزیه‌پذیری با استفاده از روش کیسه نایلونی:** به‌منظور تعیین ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام، قبل و پس از عمل‌آوری از ٣ رأس گاو نر بالغ اخته فیستوله‌گذاری شده نژاد هلشتاین بر اساس روش استاندارد شده ونزانت و همکاران (١٩٩٨) استفاده شد. برای تعیین میزان تجزیه‌پذیری از کیسه‌های پلی‌استر با ابعاد ٨×١٨ سانتی‌متر، با قطر منافذ ٥٠ میکرومتر استفاده شد. مقدار ٥ گرم از نمونه‌های آسیاب شده (با قطر توری ٢ میلی‌متر) در داخل کیسه‌های نایلونی ریخته شد تا نسبت اندازه نمونه به سطح کیسه‌ها، برابر با ١٢/٥ میلی‌گرم به ازای هر سانتی‌متر مربع شود. نمونه‌ها پیش از توزین، به‌منظور زدودن ذرات کمتر از ٥٠ میکرون با استفاده از الک با توری ٥٠ میکرون الک شدند. زمان قرار دادن نمونه‌ها در شکمبه بلافاصله قبل از خوراک‌دهی صبح بود و کیسه‌ها در زمان‌های ٢، ٤، ٨، ١٢، ٢٤، ٤٨، ٧٢ و ٩٦ ساعت از شکمبه خارج شدند. چهار کیسه برای هر زمان انکوباسیون در شکمبه هر گاو قرار گرفت. کیسه‌ها بلافاصله پس از خارج شدن از شکمبه در آب سرد قرار داده‌شده و با دست به روش پیشنهادی کوبلنتز و همکاران (١٩٩٧) به‌مدت ٢٠ 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 ٣٩ درجه سیلسیوس، همانند کیسه‌های خارج شده از شکمبه شسته شدند. کیسه‌ها پس از شستشو، به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ٦٠ 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. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک با استفاده از معادله‌ی $P= b (1-e^{-ct})$ محاسبه شد و میزان تجزیه‌پذیری مؤثر $ED = a + \{(b \times ) (c)/(c + k)\}$ در سرعت‌های عبور ٠/٠٢، ٠/٠٦ و ٠/٠٨ از شکمبه با استفاده از معادلات غیرخطی ارسکف و مک دونالد (١٩٧٩) و مک دونالد (١٩٨١) با استفاده از PROC NLIN نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تعیین شدند (٤٣).

**آزمون تولید گاز:** به‌منظور تعیین اثر عمل‌آوری بر میزان گاز تولیدی و میزان غیرفعال شدن ترکیبات فنولی و تانن‌های متراکم در شرایط آزمایشگاهی از تعیین فشار گاز تولیدی (٤٨) در سه دور مجزا و سه تکرار به ازای هر نمونه در هر دور، استفاده شد (٣٠). مایع شکمبه موردنیاز قبل از وعده غذایی صبح از شکمبه حیوانات مورداستفاده در آزمون تجزیه‌پذیری جمع‌آوری و در فلاسک محتوی گازکربنیک سریعاً به آزمایشگاه منتقل شد. به‌منظور کسب اطمینان از حضور تمامی میکروارگانیسم‌های شکمبه محتویات مایع شکمبه هر سه گاو با هم مخلوط شده و با استفاده از همزن با سرعت بالا به مدت ٣٠ ثانیه مخلوط شده و درنهایت با استفاده از پارچه کتان ٤

لایه صاف شدند. پس از صاف کردن، مایع شکمبه و بافر (محلول‌های ماکرومینرال، میکرومینرال، احیاکننده، بافر و ریسازورین) مطابق روش منکی و همکاران (۱۹۷۹) و روش تصحیح‌شده منکی و استینگاس (۱۹۹۸) به نسبت یک به دو مایع شکمبه و بافر به داخل بالن سه دهانه مخصوص تحت جریان مداوم دی‌اکسید کربن ریخته شده و تا زمان انتقال به شیشه‌های حاوی نمونه در حمام آبی با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت (۳۰، ۲۹). برای اندازه‌گیری میزان گاز تولیدی در ساعات مختلف، ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌های آزمایشی آسیاب شده با غربال ۱ میلی‌متری آسیاب (٤٧) در شیشه‌های با حجم ۱۲۵ میلی‌لیتری ریخته شده و با افزودن ۵۰ میلی‌لیتر مخلوط مایع شکمبه و بافر درب شیشه‌ها با درپوش پلاستیکی و پرس فلزی بسته شده و در آون با دمای ۳۹ درجه سلسیوس قرار داده شدند. شیشه‌ها هر ۱ ساعت یک‌بار تکان داده شدند. فشار گازتولیدی درساعات، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱۲۰ ساعت قرائت و ثبت شد. به‌منظور تصحیح گاز تولیدی توسط مایع شکمبه، در هر دور ۳ شیشه فاقد نمونه به‌عنوان بلانک در نظر گرفته شد. حجم گاز تولیدی توسط رابطه رگرسیونی بین حجم و فشار گاز محاسبه شده و از بسته نرم‌افزار آماری SAS ۹/٤ و رویه NLIN به‌منظور برازش داده‌ها از معادله $P=a+b(1-e^{-ct})$ استفاده شد.

**تعیین میزان متان تولیدی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای:** به‌منظور تعیین میزان فراسنجه‌های مختلف شکمبه‌ای همانند pH، جمعیت پروتوزوآ و میزان متان تولیدی در ۲٤ ساعت، از انکوباسیون مجزا در هنگام انجام آزمون تولید گاز استفاده شد. مقادیر نمونه، محیط کشت و زمان انجام آزمون کاملاً مشابه فرایند توصیف شده برای آزمون تولید گاز بود. در این آزمون سه فلاسک به ازای هر تیمار ۲٤ ساعت پس از شروع انکوباسیون بازگشایی شده و پس از اندازه‌گیری pH (Schott Titrator;Titroline easy) نمونه مایع شکمبه برای تعیین جمعیت پروتوزوآ، مقدار و الگوی تولید اسیدهای چرب فرار اخذ شد. تثبیت پروتوزوآ به‌منظور شمارش با استفاده از فرمالین ۵۰ درصد تهیه شده با استفاده از سرم فیزیولوژیک، به نسبت ۱:۱ با مایع شکمبه انجام و شمارش پروتوزوآ با استفاده از میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ٤۰، لام مخصوص و رنگ‌آمیزی متیلن بلو انجام گرفت (۱۲). به‌منظور تعیین مقدار و الگوی اسیدهای چرب فرار، محتویات فلاسک‌ها با استفاده از توری ٤ لایه صاف شده و بلافاصله با نسبت ۱:۵۰ با اسید سولفوریک ۵۰ درصد مورد محافظت قرار گرفته و پس از سانتریفیوژ به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار با استفاده از کروماتوگرافی گازی با ستون شیشه‌ای (۱/٦۵ متر× ٤/٦ میلی‌متر) فیلیپس مدل PU4410 به روش اوتنستین و باتلر (۱۹۷۱) انجام شد. سه فلاسک دیگر ۲٤ ساعت پس از آغاز انکوباسیون به‌منظور تعیین میزان متان تولیدی مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور برآورد میزان گاز متان، از تزریق ٤ میلی‌لیتر محلول ۱۰ مولار سدیم هیدروکسید و قرائت تفاضل گاز قابل اندازه‌گیری، پس از گذشت ۱ دقیقه از تزریق استفاده شد (۱۳). برای اندازه گیری میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک، باقی‌مانده نمونه‌های خوراکی بعد از طی انکوباسیون ۲٤ ساعته، با استفاده از کاغذ صافی، فیلتر شدند.

**محاسبات و مدل آماری:** مقادیر انرژی قابل متابولیسم

(٢٩)، ماده آلی گوارش‌پذیر (٣٠) و مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (١٦) به‌ترتیب با استفاده از معادلات ١، ٢ و ٣ محاسبه شد.

معادله ١: $ME\ (MJ/Kg\ DM) = 1/06 + (0/157\times GP) + (0/084\times CP) + (0/22\times CF) - 0/081\times CA$

معادله ٢: $DOM\% = 0/9991\times GP + 0/0595\times CP + 0/0181\times CA + 9$

معادله ٣: $SCFA = 0/0222GP - 0/00425$

ME: انرژی قابل متابولیسم، DOM: ماده آلی گوارش‌پذیر، SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، GP: گاز تولیدی، CP: پروتئین خام، CF: فیبر خام و CA: خاکستر

به‌منظور مقایسه اثر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیبات شیمیایی و مقادیر ترکیبات فنولیک از طرح کاملاً تصادفی (معادله ٤) و به‌منظور ارزیابی داده‌های مربوط به فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ازطرح بلوک کاملاً تصادفی (اثر دام به‌عنوان بلوک) استفاده شد (معادله ٥). در طرح آماری مورد استفاده به‌منظور ارزیابی اثر عمل‌آوری بر فراسنجه‌های تولید گاز، میزان متان تولیدی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای، علاوه‌بر اثر اصلی تیمار، اثر دور انجام آزمون (Run) نیز مورد استفاده قرارگرفت (معادله ٦). در طرح آماری مورد استفاده در تعیین میزان کنتیک تولید گاز و کنتیک تجزیه‌پذیری مواد مغذی اثر روزهای مختلف انجام آزمون و اثر زمان انکوباسیون (ساعت) به‌عنوان عامل تکرار شونده و اثر متقابل زمان انکوباسیون ونوع عمل‌آوری در مدل آماری قرار گرفته (معادله ٧) و در زمان آنالیز آماری با توجه به داده‌های خروجی، ساختار واریانس- کوواریانس نوع اول به‌عنوان بهترین ساختار مورد استفاده قرار گرفت. آنالیز آماری معادلات ٤، ٥ و ٦ با استفاده از رویه مدل خطی تعمیم یافته و معادله ٧ با استفاده از رویه مختلط نرم‌افزارآماری (SAS 9.4, 2002) انجام شد (٤٣). در ارتباط با تمامی معادلات مدل، تصحیح میانگین حداقل مربعات با استفاده از آزمون توکی و مقایسه میانگین‌ها باگزینه PDIFF درسطح احتمال آماری ٠/٠٥ انجام گرفته و داده‌ها به‌صورت میانگین حداقل مربعات و خطای استاندارد مربوطه در جداول گزارش شدند.

معادله ٤: $Y_i = \mu + T_i + e_i$

معادله ٥: $Y_{ij} = \mu + T_i + A_j + e_{ij}$

معادله ٦: $Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + e_{ij}$

معادله ٧: $Yij = \mu + T_i + It_j + Tit_{ij} + e_{ij}$

$Y_i$: مشاهده i، μ: میانگین کل مشاهدات، Ti: اثر تیمار، Aj اثر حیوان، Itj: اثرزمان انکوباسیون؛ Tit ij: اثرمتقابل زمان انکوباسیون ونوع فرآوری، eij: اثراشتباه آزمایشی

## نتایج و بحث

**ترکیب شیمیایی:** جدول ١ نشان‌دهنده اثر پرتوتابی الکترون بر ترکیب شیمیایی تفاله انگور قرمز می‌باشد. باوجود افزایش معنی‌دار ماده خشک، مقدار پروتئین خام در اثر پرتوتابی با دوز ٥٠ و ١٠٠ کیلوگری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P<0/05$). خسروی و همکاران (١٣٩٣) در بررسی اثر پرتوتابی الکترون بر تفاله دانه انار کاهش مقدار پروتئین خام را بدون ذکر دلیل مشخصی گزارش نمودند (٢٤). پژوهشگران علت کاهش در مقدار پروتئین خام و افزایش در دیواره سلولی را کمپلکس پروتئین- الیاف ایجاد شده در اثر تغییرات شیمیایی ناشی از حرارت در اثر پرتوتابی دانسته‌اند (٨، ٤٢). بنابراین علت کاهش در مقدار پروتئین خام در دزهای ٥٠ و ١٥٠ کیلوگری را می‌توان به کمپلکس‌های ایجاد شده با سایر ترکیبات شیمیایی در اثر پرتوهای گاما نسبت داد. با این‌حال، گزارش‌هایی مبنی‌بر عدم تأثیر پرتو الکترون در

دوزهای مختلف بر مقدار ماده آلی، چربی خام و پروتئین خام در خوراک‌های مختلف از جمله کنجاله سویا، کنجاله کلزا و دانه خلر وجود دارد (٤٤، ١٤). دراثر پرتوتابی تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد در مقدار عصاره اتری مشاهده نشد. گزارش‌های متعددی از عدم تأثیر پرتوتابی الکترون بر مقدار چربی خام وجود دارد (٤٤). مقدار خاکستر و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در کلیه سطوح فرآوری افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشت (٣٢). گزارش‌هایی در خصوص تأثیر الکترون در دپلیمریزده شدن ترکیبات پیچیده به‌ویژه جداسازی پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات دیواره سلولی به‌دلیل تولید یون‌ها و رادیکال‌های آزاد وجود دارد (٣٩). در آزمایشی، پرتوهای گاما ضرایب گوارش‌پذیری ماده آلی و انرژی قابل هضم منابع مختلف کاه را افزایش دادند (١). در آن آزمایش همبستگی بالایی (٠/٩٦) بین محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی، گوارش‌پذیری ماده آلی و میزان انرژی قابل هضم وجود داشت. در آزمایش دیگری، سطوح مختلف تابش اشعه گاما (٠، ٥، ٢٠، ٥٠، ١٠٠ و ١٥٠ کیلوگری) قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل هضم منابع مختلف کاه را افزایش داد (٤). احتمالاً پرتابی با تولید یون‌ها و رادیکال‌های آزاد سبب دپلیمریزده شدن ترکیبات پیچیده به‌ویژه جداسازی پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات دیواره سلولی شود (٤/٣٩).

**میزان مواد ضد تغذیه‌ای و ترکیبات رسوب‌دهنده پروتئین:** کل ترکیبات فنولیک، تانن کل، تانن متراکم آزاد، تانن متراکم باند شده با پروتئین‌ها، تانن متراکم باند شده با الیاف و ترکیبات فنولی رسوب‌دهنده پروتئین تفاله انگور قرمز در اثر پرتوتابی الکترون کاهش یافت (جدول ٢). با افزایش دز پرتوتابی روند کاهشی معنی‌داری در ترکیبات ضد تغذیه‌ای و ترکیبات رسوب‌دهنده پروتئین مشاهده شد. برخی مطالعات اثرات پرتوهای یونیزه کننده بر مقدار تانن و ترکیبات فنولیک را وابسته به زمان پرتودهی و دز پرتو دانسته‌اند. دتولدو و همکاران (٢٠٠٨) گزارش نمودند که پرتو گاما تا ٤ کیلوگری باعث کاهش ترکیبات فنولیک دانه سویا می‌شود، در حالی‌که افزایش شدت تابش به ٨ کیلوگری غلظت ترکیبات فنولیک را افزایش داد (١٤). این افزایش را می‌توان در نتیجه افزایش توانایی استخراج در نمونه‌های پرتو دیده به‌علت تغییر در ترکیبات سلولی، آزاد شدن ترکیبات فنولی نامحلول یا متصل به الیاف و پروتئین و شکسته شدن پیوند بین ترکیبات فنولیک دانست (١٤).

**جدول ١: تأثیر پرتوتابی الکترون بر میزان ماده خشک (درصد) و ترکیب شیمیایی تفاله انگورقرمز (درصد ماده خشک).**

**Table 1. The effects of electron irradiation on the dry matter (%) and chemical composition of grape pomace (dry matter).**

| ترکیب شیمیایی | Chemical compounds | شاهد Control | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) 50 | 100 | 150 | خطای استاندارد SEM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ماده خشک | DM | 94.40$^{d}$ | 96.30$^{c}$ | 97.40$^{b}$ | 98.05$^{a}$ | 0.025 |
| پروتئین خام | CP | 12.91$^{a}$ | 11.69$^{c}$ | 12.27$^{b}$ | 12.79$^{a}$ | 0.03 |
| خاکستر | Ash | 4.40$^{c}$ | 7.45$^{a}$ | 6.50$^{b}$ | 7.45$^{a}$ | 0.07 |
| الیاف نامحلول در شوینده خنثی | NDF | 25.98$^{d}$ | 30.20$^{b}$ | 31.22$^{a}$ | 29.20$^{c}$ | 0.044 |
| ماده آلی | OM | 95.65$^{a}$ | 92.61$^{c}$ | 93.7$^{b}$ | 92.75$^{c}$ | 0.11 |
| عصاره‌ی اتری | EE | 7.065 | 7.07 | 7.074 | 7.075 | 0.1 |

در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (P<٠/٠٥).

**جدول ۲: اثر پرتوتابی الکترون بر میزان تانن و ترکیبات فنولیک تفاله انگورقرمز (گرم بر ۱۰۰ گرم) و ترکیبات فنولی رسوب‌دهنده پروتئین (گرم بر ۱۰۰ گرم کل ترکیبات فنولیک).**

**Table 2. The effects of electron irradiation on the amount of tannin and phenolic compounds (grams per 100 grams) and protein precipitation phenolics (grams per 100 grams of total phenolic compounds)**

| ترکیبات ضد تغذیه‌ای Anti-nutritional compounds | شاهد Control | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) 150 | 100 | 50 | خطای استاندارد SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| کل ترکیبات فنولیک Total phenolic compounds | 7.72[a] | 3.34[d] | 3.68[d] | 4.87[c] | 0.368 |
| تانن کل Total tannin | 6.12[a] | 2.58[c] | 2.84[c] | 3.67[c] | 0.272 |
| تانن متراکم آزاد Free condensed tannin | 6.02[a] | 2.51[d] | 2.76[cd] | 3.53[c] | 0.26 |
| تانن متراکم متصل به پروتئین protein bind condensed tannin | 5.34[a] | 2.17[d] | 2.39[cd] | 3.01[c] | 0.217 |
| تانن متراکم متصل به الیاف Fiber bind condensed tannin | 4.13 | 1.73 | 1.9 | 2.45 | 0.181 |
| ترکیبات فنولی رسوب دهنده پروتئین Protein precipitation of phenolic compounds | 68[a] | 29.81[d] | 32.8[cd] | 43.8[c] | 3.335 |

در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند.

**حجم گاز تولیدی و ضرایب:** میانگین حجم گاز تولیدی در اثر پرتوتابی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳) و روند افزایش تولید گاز با پیشرفت زمان انکوباسیون بیشتر نمایان شد. انکوباسیون مواد خوراکی با مایع شکمبه در شرایط آزمایشگاهی به تخمیر کربوهیدرات‌ها و تبدیل آن‌ها به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، گازهای متان و دی‌اکسید کربن و سلول‌های میکروبی می‌شود (۵، ۷). تولید گاز ناشی از تخمیر پروتئین در مقایسه با تخمیر کربوهیدرات‌ها نسبتاً کم بوده (۵۰) و چربی‌های خوراکی نیز سهم اندکی در تولید گاز دارند (۳۰، ١٦). افزایش در حجم و نرخ گاز تولیدی در اثر پرتوتابی با الکترون را می‌توان ناشی از غیرفعال شدن ترکیبات فنولی و دسترسی بیشتر جمعیت میکروبی شکمبه به مواد مغذی و نیز کاهش آثار منفی تانن‌های متراکم بر جمعیت میکروبی دانست (جدول ۲). این نتایج همسو با نتایج دیگر محققین در خصوص افزایش توان تولید گاز محصولات فرعی کشاورزی در اثر تابش پرتوهای الکترون و گاما در دوزهای مختلف بود (٤، ۳۲، ٤١). باتوجه به توان پلی‌اتیلن‌گلیکول در افزایش تولید گاز در این مطالعات، می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که کاهش یا غیرفعال شدن ترکیبات فنولی یکی از عوامل مهم در افزایش قابلیت تخمیر مواد خوراکی پرتوتابی شده بوده است (۳۱).

**جدول ۳: تأثیر تیمار آزمایشی الکترون بر حجم گاز تولیدی تجمعی و ضرایب تفاله انگور قرمز در زمان‌های مختلف (میلی‌لیتـر بـه ازاء ۵۰۰ میلی‌گرم ماده خشک).**

**Table 3. The effect of electron irradiation on the volume of gas produced at different times of the cumulative coefficients grape pomace (mL per 500 mg of dry matter).**

| خطای استاندارد میانگین SEM | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) | | | شاهد Control | زمان‌های انکوباسیون Incubation times |
|---|---|---|---|---|---|
| | 150 | 100 | 50 | | |
| 0.467 | 9.45 | 10.43 | 9.68 | 8.7 | 2 |
| 0.467 | 15.54$^{b}$ | 18.23$^{a}$ | 18.61$^{a}$ | 13.37$^{c}$ | 4 |
| 0.467 | 18.71$^{c}$ | 24.1$^{a}$ | 24.64$^{a}$ | 19.46$^{b}$ | 6 |
| 0.467 | 21.73$^{b}$ | 29.36$^{a}$ | 28.46$^{a}$ | 21.43$^{b}$ | 8 |
| 0.467 | 24.60$^{b}$ | 34.63$^{a}$ | 31.94$^{a}$ | 23.03$^{b}$ | 10 |
| 0.467 | 26.87$^{b}$ | 38.47$^{a}$ | 34.80$^{a}$ | 24.41$^{b}$ | 12 |
| 0.467 | 32.8$^{c}$ | 52.7$^{a}$ | 47.1$^{b}$ | 32.6$^{c}$ | 24 |
| 0.467 | 45.5$^{b}$ | 70.7$^{a}$ | 68$^{a}$ | 38.6$^{c}$ | 48 |
| 0.467 | 56.8$^{b}$ | 82.7$^{a}$ | 81.3$^{a}$ | 45.5$^{c}$ | 72 |
| 0.467 | 62.7$^{b}$ | 89.5$^{a}$ | 90.3$^{a}$ | 52.5$^{c}$ | 96 |
| 0.467 | 66.5$^{b}$ | 93$^{a}$ | 94$^{a}$ | 55$^{c}$ | 120 |
| | | | | | فراسنجه‌های تولید گاز Parameters |
| 6.54 | 71.96$^{c}$ | 93.14$^{b}$ | 98.73$^{a}$ | 55.9$^{d}$ | b |
| 0.0015 | 0.019$^{d}$ | 0.03$^{a}$ | 0.023$^{b}$ | 0.025$^{b}$ | c |

در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

تولید گاز بخش قابل تخمیر تفاله انگور قرمز در اثر عمل‌آوری با الکترون افزایش معنی‌داری در کلیه دوزهای عمل‌آوری نسبت به گروه شاهد داشت. با این‌حال، افزایش شدت تابش سبب کاهش قابلیت تخمیر شد. علاوه‌بر این، بیشترین نرخ تولید گاز در شدت تابش ۱۰۰ کیلوگرمی مشاهده شد. کاهش معنی‌دار نرخ تولید گاز و توان تخمیر با افزایش شدت تابش به ۱۵۰ کیلوگری باوجود کاهش ترکیبات فنولی را می‌توان در اثر کاهش بیش از حد حلالیت مواد مغذی در اثر پرتوتابی دانست. در مطالعه‌ای پرتوتابی الکترون در دوزهای ۱۰ تا ٤۰ کیلوگری باعث افزایش پتانسیل تخمیر و نرخ تولیدگاز پوست پسته شد (۳۲).

**میزان تولید متان و فراسنجه های شکمبه‌ای:** داده‌های مربوط به میزان تولید متان و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در جدول ٤ گزارش شده است. تولید متان در اثر پرتوتابی با امواج الکترون افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد. نتایج مطالعات نشان‌دهنده تأثیر منفی تانن‌های متراکم بر متانوژن‌ها و پروتوزوآ، بدون تأثیرمنفی بر میزان اسیدهای چرب فرار تولیدی و گوارش‌پذیری ماده آلی هستند (۳۸، ۳۹). همزیستی مفیدی بین پروتوزآ و متانوژن‌ها وجود دارد، بنابراین مهار پروتزوآ می‌تواند منجر به کاهش تولید گاز متان می‌گردد. افزایش مقدار متان در تحقیق حاضر را می‌توان به کاهش تانن‌های متراکم و کاهش آثار منفی آن بر قابلیت تخمیر، جمعیت پروتوزوآ و متانوژن‌ها نسبت داد (۳۰). در تحقیق حاضر نیز کاهش عددی در جمعیت پروتوزآ مشاهده شد ولی این تفاوت از لحاظ آماری معنی دار نبود. باتوجه به افزایش تولید گاز در اثر پرتوتابی، و افزایش همزمان غلظت کل اسیدهای چرب فرار و درصد اسید استیک، بخشی از افزایش در تولید متان را می‌توان به افزایش گوارش‌پذیری الیاف و سایر مواد مغذی نسبت داد. باتوجه به تولید بیشتر گاز متان توسط فرایندهای تولید کننده اسید استیک، می‌توان این نتایج را در راستای هم ارزیابی نمود. باوجود افزایش میزان تولید گاز و تولید اسیدهای چرب فرار، تغییر محسوسی در مقادیر

pH محیط کشت مشاهده نشد. این امر را می‌توان به قابلیت بافری مناسب بافر مورداستفاده در فرایند انکوباسیون نسبت داد. پرتوهای الکترون سبب افزایش معنی‌دار مقادیر گوارش‌پذیری ماده خشک پس از ٢٤ ساعت در شرایط برون‌تنی شدند که با افزایش پتانسیل تولید گاز و مقادیر تولید اسیدهای چرب فرار همبستگی مثبتی داشته و می‌تواند نشان‌گر نقش مثبت پرتوهای الکترون در از بین بردن آثار منفی تانن‌های متراکم، کاهش اتصال تانن‌های متراکم و تانن کل با الیاف و نیز افزایش گوارش‌پذیری به‌واسطه افزایش دسترسی به الیاف باشد (٣٠).

**جدول ٤: تأثیر تیمار آزمایشی الکترون بر فراسنجه‌های تخمیری در مدت ٢٤ ساعت انکوباسیون.**

**Table 4. The effects of electron irradiation on fermentation parameters after 24 hours of incubation.**

| | شاهد Control | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) 50 | 100 | 150 | خطای استاندارد SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| متان Methane | 11.03[b] | 26.99[a] | 29.64[a] | 25.26[a] | 0.141 |
| pH | 6.90 | 6.95 | 6.93 | 6.96 | 0.012 |
| پروتزوآ $10^5\times$ Protozoa | 12.1 | 10.4 | 10.1 | 10.7 | 1.2583 |
| قابلیت هضم ماده خشک DM Degradability | 26.10[b] | 27.35[b] | 28.50[b] | 28.55[a] | 0.704 |

در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (P<٠/٠٥).

**اسیدهای چرب فرار تولیدی مایع شکمبه پس از ٢٤ ساعت انکوباسیون برون‌تنی:** داده‌های مربوط به الگوی اسیدهای چرب فرار تولیدی در جدول ٥ گزارش شده است. مقادیر کل اسیدهای چرب فرار تولیدی و مقدار هر کدام از اسیدهای چرب در اثر تابش پرتوهای الکترون باشدت ٥٠ کیلوگری نسبت به شاهد کاهش یافت. با این‌حال، مقدار ایزووالریک اسید در اثر پرتوتابی افزایش معنی‌داری در تمامی دوزهای پرتوتابی نسبت به گروه شاهد نشان داد (p<٠/٠٥). مقادیر استات، بوتیرات و پروپیونات + ایزوبوتیرات در تیمارهای پرتودهی شده با شدت ١٠٠ و ١٥٠ کیلوگری افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. نتایج این بخش موید تأثیر مثبت پرتوتابی بر افزایش قابلیت تخمیر در اثر کاهش اثر تانن‌های متراکم و نیز افزایش گوارش‌پذیری الیاف به‌دلیل آثار یونیزه کننده امواج الکترون است. علاوه‌بر موارد فوق، گزارش‌هایی در خصوص تأثیر الکترون در دپلیمریزده شدن ترکیبات پیچیده به‌ویژه جداسازی پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات دیواره سلولی به‌دلیل تولید یون‌ها و رادیکال‌های آزاد وجود دارد (٣٨). همچنین، تغییرات ساختاری، اکسیداسیون واحدهای فعال زیستی، قطع پیوندهای کوالانسی، اتصالات عرضی و تشکیل رادیکال‌های آزاد از جمله آثار سیستم‌های پرتودهی با امواج یونیزه کننده گزارش شده است (٤٥).

**جدول ۵: تأثیر پرتوتابی الکترون بر الگوی اسیدهای چرب فرار تولیدی در محیط برون‌تنی در ۲٤ ساعت انکوباسیون (برحسب میلی‌مول در لیتر).**

**Table 5. The effects of Electron irradiation on VFA profile after 24 hours of in vitro incubation (mM/ L)**

| VFA اسیدهای چرب فرار | شاهد Control | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) 50 | 100 | 150 | خطای استاندارد SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| والریک اسید Valeric acid | 0.4[c] | 0.21[d] | 0.7[b] | 0.81[a] | 0.002 |
| ایزووالریک اسید Iso Valeric acid | 0.1[d] | 0.21[c] | 0.3[b] | 0.51[a] | 0.002 |
| بوتیریک اسید Butyric acid | 10.52[c] | 7.32[d] | 17.12[a] | 16.81[b] | 0.002 |
| پروپیونیک + ایزوبوتیریک اسید Propionic +Isobutyric acid | 9.02[c] | 6.02[d] | 17.11[a] | 13.41[b] | 0.004 |
| استیک اسید Acetic acid | 27.62[c] | 16.61[d] | 44.11[a] | 35.12[b] | 10.01 |
| کل اسیدهای چرب فرار Total VFA | 47.67[c] | 30.37[d] | 79.35[a] | 66.57[b] | 0.049 |

در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

**فراسنجه‌های تخمینی انرژی قابل متابولیسم، گوارش‌پذیری ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر:** مقادیر برآورد شده انرژی متابولیسمی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و ماده آلی گوارش‌پذیر از داده‌های تولید گاز تفاله انگور عمل‌آوری شده با الکترون در جدول ٦ گزارش شده است. پرتوتابی الکترون باعث افزایش معنی‌دار زیست سنجه‌های مذکور گردید. باتوجه به محاسبه مقادیر گزارش شده از طریق روابط رگرسیونی بین ترکیب شیمیایی خوراک و میزان گاز تولیدی در ۲٤ ساعت، افزایش تولید گاز در اثرپرتودهی با الکترون به‌دلایلی همچون کاهش غلظت یا فعالیت تانن‌های متراکم را می‌توان مهمترین دلیل نتایج مشاهده شده دانست. گتاچیو و همکاران (۲۰۰۲)، ارتباط نزدیکی را بین مقادیر اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و گاز تولیدی در شرایط برون‌تنی گزارش کرده و نتیجه گرفتند که استفاده از این رابطه بیانگر قابلیت دسترسی انرژی برای دام بوده و می‌توان از آن جهت تخمین تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر از گاز تولیدی، استفاده نمود (١٦).

**جدول ٦- فراسنجه‌های تخمینی تفاله انگور قرمز شاهد و پرتوتابی شده با الکترون با استفاده از روش تولید گاز.**

**Table 6. Estimated parameters for raw and electron irradiated red grape pomace using *in vitro* gas production.**

| | شاهد Control | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) 50 | 100 | 150 | SEM خطای استاندارد |
|---|---|---|---|---|---|
| انرژی متابولیسمی ME | 11.43[d] | 13.57[b] | 14.34[a] | 13.37[c] | 0.031 |
| ماده آلی قابل هضم DOM | 47.04[d] | 55.67[c] | 59.07[a] | 56.47[b] | 0.153 |
| اسیدهای چرب کوتاه زنجیر SCFA | 2.20[c] | 3.10[b] | 3.34[a] | 3.06[b] | 0.025 |

SCFA اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک). DOM: ماده آلی گوارش‌پذیر (درصد ماده خشک). ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک).

اعداد با حروف غیرمشابه در هر ردیف اختلاف معنی‌داری باهم دارند. (p<۰/۰۵).

**کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک:** میانگین حداقل مربعات کینتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک در جدول ۷ گزارش شده است. پرتوتابی الکترون با شدت ۱۰۰ کیلوگری علاوه‌بر افزایش معنی‌دار سرعت تجزیه‌پذیری، مقادیر تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای را نیز افزایش داد. با این‌حال، پرتوتابی تأثیری بر میزان بخش محلول ماده خشک نداشت. اعمال محدودیت تانن‌های متراکم برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و در نتیجه کاهش اتصال میکروارگانیسم‌ها با دیواره سلولی همواره یکی از دلایل تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کم جیره‌های حاوی ترکیبات تانن‌دار از جمله پوسته پسته عنوان شده است (۱۸). افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک در مطالعه حاضر می‌تواند نتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده الیاف به‌دلیل کاهش یا غیر فعال شدن تانن‌های متراکم، آزادسازی مقادیر بیشتری از منابع نیتروژنی به داخل شکمبه و تخریب بخش‌هایی از الیاف و افزایش دسترسی و اتصال میکروارگانیسم‌ها به آن باشد. همچنین کومار و واتیاناتان (۱۹۹۰) گزارش کردند که کاهش نرخ تجزیه پذیری الیاف گیاهی در شکمبه نتیجه کاهش دسترسی نیتروژن پروتئینی و گوگرد برای استفاده میکروبی و دلیلی برای کاهش تولید پروتئین میکروبی است (۲۵). مقادیر تجزیه‌پذیری مؤثر در تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگری افزایش ولی در تیمار ۱۵۰ کیلوگری کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد.

**جدول ۷: تأثیر پرتوتابی الکترون بر کینتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک تفاله انگور قرمز**

**Table 7. The effect of electron irradiation on DM degradability kinetics and parameters of grape pomace**

| خطای استاندارد SEM | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) 150 | 100 | 50 | شاهد Control | زمان‌های انکوباسیون Incubation times |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.306 | 1.33 | 1.13 | 1.33 | 1.43 | 0 |
| 0.306 | 12.28$^{c}$ | 16.81$^{a}$ | 15.21$^{a}$ | 14.35$^{b}$ | 2 |
| 0.306 | 13.68$^{a}$ | 17.61$^{a}$ | 16.41$^{a}$ | 16.38$^{b}$ | 4 |
| 0.306 | 15.15$^{a}$ | 19.31$^{a}$ | 18.51$^{a}$ | 17.61$^{b}$ | 8 |
| 0.306 | 17.51$^{c}$ | 22.18$^{a}$ | 20.59$^{a}$ | 18.55$^{b}$ | 12 |
| 0.306 | 21.48$^{b}$ | 25.38$^{a}$ | 25.08$^{a}$ | 21.41$^{b}$ | 24 |
| 0.306 | 26.25$^{b}$ | 29.11$^{a}$ | 28.08$^{a}$ | 25.88$^{b}$ | 48 |
| 0.306 | 28.25$^{c}$ | 31.28$^{a}$ | 30.51$^{ab}$ | 29.61$^{bc}$ | 72 |
| 0.306 | 30.61$^{b}$ | 34.74$^{a}$ | 33.28$^{a}$ | 31.28$^{b}$ | 96 |
| | | | | Parameters | فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری |
| 0.628 | 6.04 | 6.26 | 6.99$^{a}$ | 7.68 | a (%) |
| 0.422 | 22.56$^{ab}$ | 24.39$^{a}$ | 23.29$^{ab}$ | 21.29$^{b}$ | b (%) |
| 0.009 | 0.060$^{a}$ | 0.106$^{b}$ | 0.082$^{ab}$ | 0.063$^{a}$ | c ($h^{-1}$) |
| 0.152 | 22.94$^{d}$ | 26.75$^{a}$ | 25.64$^{b}$ | 23.78$^{c}$ | P(k=0.02) |
| 0.254 | 17.31$^{d}$ | 21.80$^{a}$ | 20.40$^{b}$ | 18.55$^{c}$ | P(k=0.06) |
| 0.238 | 15.70$^{d}$ | 20.13$^{a}$ | 18.76$^{b}$ | 17.03$^{c}$ | P(k=0.08) |

حروف غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری P<۰/۰۵ می‌باشند.

a: بخش محلول b: بخش بالقوه قابل تجزیه c: سرعت تجزیه بخش بالقوه قابل تجزیه k: نرخ عبور از شکمبه P: تجزیه‌پذیری مؤثر.

**تجزیه‌پذیری پروتئین خام:** میانگین حداقل مربعات کنتیک و فرآسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام در جدول ۸ گزارش شده است. مقدار تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام در اثر پرتوتابی افزایش معنی‌داری در تمامی دزهای عمل‌آوری نسبت به گروه شاهد نشان داد. با افزایش دز پرتوتابی از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگری هرچند افزایش عددی در مقدار تجزیه‌پزیری مشاهده می‌شود ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. افزایش متعاقب سطح فرآوری به ۱۵۰ کیلوگرمی سبب ایجاد کاهش معنی‌دار

در مقادیر تجزی‌پذیری نسبت به دوزهای پایین‌تر شده و نشان‌دهنده اثـر غیرخطـی عمـل‌آوری بـا پرتوهـای الکترون بر شاخصه‌های تجزیه‌پـذیری اسـت. بخـش زیادی از اثر فرآوری در افزایش تجزیه‌پذیری پروتئین خام را می‌توان به اثر آن در کاهش یا غیرفعال نمـودن ترکیبات فنولی و تانن‌های متراکم نسبت داد. با توجـه به اینکه تفاله انگور قرمز حاوی مقادیر قابـل تـوجهی تانن‌های متـراکم و ترکیبـات رسـوب‌دهنـده پـروتئین است، می‌توان عنوان نمود کـه پرتوتـابی بـا غیرفعـال کردن تانن‌های متراکم و عوامل ضـد تغذیـه‌ای سـبب افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک و متعاقب آن باعـث افزایش تجزیه‌پذیری پـروتئین خـام در شـکمبه شـده است. فروتز و همکاران (۲۰۰٤) بیان کردند که تانن‌ها باعث کاهش تجزیه‌پذیری مواد خـوراکی در شـکمبه می‌شوند (۱۵). در این آزمـایش، بخـش A یـا بخـش تجزیه‌پذیری سریع در همه تیمارها افزایش یافـت بـا این‌حال تفاوت معنـی‌داری در میـزان پـروتئین بـالقوه قابل تجزیه وجود نداشت. علاوه بر این پرتوتـابی بـا امواج الکترون با قـدرت ۵۰ و ۱۰۰ کیلـوگری سـبب افـزایش معنـی‌دار نـرخ تجزیـه‌پـذیری و مقـادیر تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام نسبت به گروه شـاهد شد. افزایش در تجزیه‌پذیری بخش A را می‌تـوان بـه کاهش مواد ضد تغذیه‌ای و کاهش میزان پروتئین‌های متصل به تانن در اثر پرتوتابی نسبت داد (جدول ۲). با این‌حال افزایش در شدت پرتوتـابی مـی‌توانـد باعـث کاهش حلالیت پروتئین در اثر ایجاد پیوندهای عرضی در زنجیـره‌هـای پـروتئین شـود. قابلیـت حـل شـدن پروتئین‌ها به نوع اسیدهای آمینـه آن‌هـا بسـتگی دارد. اسیدهای آمینه آبگریز بسیاری در پروتئین‌های کـروی وجود دارد که درون آن‌ها پنهان شده‌اند (۲۸).

**جدول ۸: تأثیر پرتوتابی الکترون بر کینتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام تفاله انگور قرمز.**

**Table 8. The effect of electron irradiation on CP degradability kinetics and parameters of grape pomace**

| خطای استاندارد SEM | پرتوتابی الکترون (کیلوگری) Electron Irradiation (kilogrey) 150 | 100 | 50 | شاهد Control | زمان‌های انکوباسیون Incubation times |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.255 | 9.17[a] | 9.04[a] | 8.64[b] | 7.77[c] | 0 |
| 0.255 | 15.05[b] | 18.37[a] | 17.44[a] | 10.95[c] | 2 |
| 0.255 | 15.85[b] | 19[a] | 18.61[a] | 13.07[c] | 4 |
| 0.255 | 17.56[b] | 21.87[a] | 20.65[a] | 14.38[c] | 8 |
| 0.255 | 20.16[b] | 24.49[a] | 23.03[a] | 15.32[c] | 12 |
| 0.255 | 24.53[b] | 27.66[a] | 27.05[a] | 18.30[c] | 24 |
| 0.255 | 28.83[b] | 30.17[a] | 29.98[a] | 22.95[c] | 48 |
| 0.255 | 32.05[a] | 33.75[a] | 32.35[a] | 26.84[b] | 72 |
| 0.255 | 34.48[b] | 36.13[a] | 35.04[ab] | 28.75[c] | 96 |
| | | | | Parameters | فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری |
| | | | | | a (%) |
| 0.541 | 12.26[a] | 12.34[a] | 12.38[a] | 9.57[b] | b (%) |
| 0.539 | 22 | 20.72 | 20.48 | 20.68 | c ($h^{-1}$) |
| 0.005 | 0.034[b] | 0.061[a] | 0.058[a] | 0.024[b] | P(k=0.02) |
| 0.149 | 25.97[c] | 28.51[a] | 27.60[b] | 20.80[d] | P(k=0.06) |
| 0.192 | 20.06[c] | 23.38[a] | 22.47[b] | 15.47[d] | P(k=0.08) |

حروف غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری P<۰/۰۵ می‌باشند.

a: بخش محلول b: بخش بالقوه قابل تجزیه c: سرعت تجزیه بخش بالقوه قابل تجزیه k: نرخ عبور از شکمبه P: تجزیه‌پذیری مؤثر.

علت افزایش در تجزیه پروتئین خام در شکمبه در مطالعه حاضر را می‌توان به غیر فعال شدن تانن‌ها نسبت داد. چرا که تانن‌ها با ایجات اتصالات شدید به پروتئین‌ها از تجزیه‌پذیری آن‌ها جلوگیری می‌کنند. برخی از محققین علت کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه پروتئین در شکمبه در اثر

پرتوهای یون‌ساز همانند گاما و الکترون را کاهش حلالیت پروتئین در اثر پرتوتابی اعلام کردند (٤٠، ٤٤). علاوه‌بر این، بت و همکاران، (٢٠٠٨) در بررسی اثر پرتوتابی ١٥ و ٣٠ کیلوگری بیم الکترونی بر حلالیت دانه موکونا، کاهش در حلالیت پروتئین را نتیجه واسرشتگی و ژلاتینه شدن نسبی پروتئین عنوان نمودند (٦).

## نتیجه‌گیری

باتوجه به اینکه پرتوتابی الکترون باعث افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام تفاله انگور قرمز شده و افزایش میزان تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه را به دنبال داشته است، می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که پرتوتابی الکترون با کاهش مواد ضدتغذیه‌ای موجود در تفاله انگور باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای آن شده است. با توجه به نتایج، پرتوتابی با شدت امواج ١٠٠ کیلوگری و انجام آزمایش تکمیلی در شرایط درون‌تنی به‌منظور ارزیابی کامل‌تر اثر فرآوری توصیه می‌شود.

## منابع


1. Al-Masri, M.R., and Zarkawi, M. 1994. Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues. Radiation Physics and Chemistry. 44: 6. 66l-663.
2. AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 17th ed. Published by AOAC. Int., Gaithersburg, MD.
3. Ben Salem, H., and Nefzaoui, A. 2005. Attempts to deactivate tannins in fodder shrubs with physical and chemical treatments. Jornal Of Animal Feed Science and Technology. 122: 2.109–121.
4. Behgar, M., Ghasemi, S., Naserian, A., Borzoie, A., and Fatollahi, H. 2011. Gamma radiation effects on phenolicsantioxidants activity and in vitro digestion of pistachio (*Pistachia vera*) hull. Radiation Physics and Chemistry. 80: 9. 963–967.
5. Beuvink, J., Spoelstr, S., and Hogendorp, R. 1992. An automated method for measuring time course of gas production of feedstuff incubated with buffered rumen fluid. Neth. Jornal Of Agricaltural Science. 40: 8.401–407.
6. Bhat, R., Sridhar, K., Young, C., Bhagwath, A., and Ganesh, S. 2008. Composition and functional properties of raw and electron beam-irradiated *Mucuna pruriens* seeds. Int. Jornal of Food Science. Tech. 43: 8. 1338-1351.
7. Blummel, M., and Ørskov, E.R. 1993. Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Jornal Of Animal Feed Science and Technology. 40: 3. 109–119.
8. Bressani., T. 1993. Grain quality of common beans. Food Review International. 9: 237–297
9. Canbolat, O., Kamalak, A., Sahin, E., and Ozkan, C. 2005. Effect of heat treatment on in situ rumen degradability and in vitro gas production of full-fat soyabeans and soybean meal. Jornal Of Animal Feed Science and Technology. 138: 3.143-148.
10. Cieslak, A., Szumacher-Strabel, M., Stochemal, A., and Oleszek, W. 2013. Plant components with specific activities against rumen Methanogens. Jornal of Animal Science. 7: 2. 253-265.
11. De Toledo, T.C.F., Canniatti-Brazaca, S.G., Arthur, V., and Piedade, S.M.S. 2007. Effects of gamma radiation on total phenolic, trypsin and tannin inhibitors in soybean grains. Radiation Physics and Chemistry. 76: 10.1653–1656.
12. Dehority, B.A. 1984. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. Appl. Environ. Microbiol. 48: 17. 182-185.
13. Demeyer, D., De Meulemeester, M., De Graeve, K., and Gupta, B.W. 1988. Effect of fungal treatment on nutritive value of straw.J. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 53: 1811–1819.

14.Ebrahimi, S.R., Nikkhah, A., and Sadeghi, A. 2010.Changes in nutritive value and digestion kinetics of Canola seed due to microwave irradiation. Asian-Australasian Journal of Animal Science., 23: 3. 347 – 354.
15.Frutos, P., Hervas, G., Giraldez, F.J., and Mantecon, A.R. 2004. Review. Tannins and ruminant nutrition. Spanish Jornal of Agricaltural Reserch. 2: 2. 191-202.
16.Getachew, G., Makkar, HPS., and Becker, K. 2002. Tropical browses: content of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acids and in vitro gas production. Jornal of Agricaltural Reserch. 139: 3. 341-352.
17.Ghasemi, S., Naserian, A.A., Valizadeh, R., Tahmasebi, A.M., Vakili, A.R., and Behgar, M. 2012. Effects of pistachio by-product in replacement of Lucerne hay on microbial protein synthesis and fermentative parameters in the rumen of sheep. Jornal Of Animah Production Science. 52: 11.1052-1057.
18.Ghoorchi, T., Shawrang, P., Mansoori, H., and Torbatinejad, N. 2013. Comparing the effect of ionizing radiations of electron beam and gamma ray on ruminal degradation kinetics of soybean meal protein and amino acids. Iranian Journal of Animal Science Research. 5: 4.344-354. (In Persian)
19.Hervas, G., Perez, V., Giraldez, F.J., Mantecon, A.R., Almar, M.M., and Frutos, P. 2003. Intoxication of sheep with quebracho tannin extract. J. Comp. Pathol. 129: 1.44–54.
20.Harrison, K., and Were, L.M. 2007. Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. Food Chemestry. 102: 3.932–937.
21.Harvey, I. 2005. The effect of drying and urea treatment on nutritional and anti-nutritional components of browses collected during wet and dry seasons. Jornal Of Animal Feed Science and Technology. 122: 2.123–133.
22.International Atomic Energy Agency, "Quantification of Tannins in Tree Foliage", IAEA, Vienna, Austria (2000)
23.Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Ozay, O., Ozkan, C.O., and Sakarya, M. 2004. Chemical composition and in vitro gas production characteristics of several tannin containing tree leaves. Livestook Research Rural Development 16(6). Available from http://www.lrrd.orgS, Visited: 2010/12/12.
24.Khosravi, F., and Fathi Naseri, M. 2014. The Effect of Electron Radiation on the Concentration of Phenolic Compounds and Parametric Parasitic Parameters of Pomegranate Pulses. Jornal of Animal Science Reserch. 24: 5.128-140. (In persian)
25.Kumar, R., and Vaithiyanathan, S. 1990. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. Jornal Of Animal Feed Science and Technology. 30: 2. 21–38.
26.Makkar, HPS. 2000. Quantification of Tannins in Tree Foliage: A laboratory manual for the FAO/IAEA Co-Ordinated Research Project on 'Use of Nuclear and Related Techniques to Develop Simple Tannin Assays for Predicting and Improving the Safety and Efficiency of Feeding Ruminants on Tanniniferous Tree Foliage'. IAEA, VIENNA.
27.Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Jornal Of Small Ruminant Reserch. 49: 3.241-256.
28.Murray, R., Granner, D., Mayes, P., and Rodwell, V. 2003. Harper's Biochemistry. 26th ed., McGraw-Hill, New York, USA.
29.Menke, K.H., Rabb, L., Saleweski, A., Steingass, H., Fritz, D., and Schnider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Jornal Of Agricaltural Science. Camb. 93: 1. 217-222.
30.Menke, K.H., and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28: 3. 7-55.

31. McLeod, M., and Minson, D. 1988. Large particle breakdown by cattle eating ryegrass and alfalfa. Jornal of Animal Science. 66: 4. 992-999.
32. Moradi, M., Afzalzadeh, A., Behgar, M., and Norouzian, M. 2015. The effect of diets containing pistachio by products treated with electron irradiation, NaOH, and PEG on nutrients digestibility and performance of finishing Zandi lambs. Iranian Journal of Animal Science Research. 7: 3. 278-284. (In Persian)
33. National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th revised ed. National Academy of Science, Washington DC.
34. Ørskov, E.R., and McDonald, L. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. Jornal of Agricaltural Science Camb. 92: 1. 499-503.
35. Porter, L., Hrstich, L., and Chan, B. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. Phytochem. 25: 223-230.
36. Shawrang, P., Nikkhah, A., Zare-Shahneh, A., Sadeghi, A., Raisali, G., and Moradi-Shahrbabak, M. 2008. Effects of gamma irradiation on chemical composition and ruminal protein degradation of canola meal. Radiation Physics and Chemistry. 77: 7. 918-922.
37. Shawrang, P., Nikkhah, A., Zare-Shahneh, A., Sadeghi, A.A., Raisali, G., and Moradi-Shahrbabak, M. 2007. Effects of gamma irradiation on protein degradation of soybean meal in the rumen. Jornal Of Animal Feed Science and Technology. 134: 1. 140-151.
38. Shawrang, P. 2008. Effects of electron beam irradiation on dry matter degradation of wheat straw in the rumen. Pakistan J. Biol. Sci. 11: 4. 676-679.
39. Shahbazi, H.R., Sadeghi, A.A., 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. Journal of Animal and Veterinary Advances. 7: 4.464-468.
40. Sadeghi, A.A., and Shawrang, P. 2008. Effect of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. Jornal Of Feed Science and Technology. 141: 1.184-194.
41. Sobhanirad, S., Behgar, M., Vakili, R., and Torshizi, M. 2012. Effect of Gamma Irradiation and Chemical Process on Gas Production Parameters of some Agricultural By-products in in vitro. Iranian Journal of Animal Science Research. 4: 4.316-322. (In Persian)
42. Saleh, A., Alajaji, Tarek El-Adawy, A. 2006. Journal of Food Composition and Analysis. 10: 3-15.
43. SAS, 2002. Version 9.1 SAS/STAT user's guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
44. Tahan, G., Fathi, M., Riacey, A., and Farr, H. 2011. The effect of electron beam irradiation on degradability and digestibility of ruminal and sub-rumen of dry matter and crude protein of some plant protein sources. Iranian Journal of Animal Science Research. 3: 4. 422-434. (In Persian)
45. 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.
46. Tellez, G., Higgins, S., Donoghue, A., and Hargis, B. 2006. Digestive physiology and the role of microorganisms. J. Appl. Poult. Res. 15: 1.136-144.
47. Tagliapietra, F., Cattani, M., Hansen, H., Hindrichsen, I., Bailoni, L., and Schiavon, S. 2011. Metabolizable energy content of feeds based on 24 or 48 h in situ NDF digestibility and on in vitro 24 h gas production methods. Jornal Of Animal Feed Science and Technology. 170: 3. 182-191.
48. Theodorou, M., Williams, B., Dhanoa, M., McAllan, A. and France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology. 48: 4. 185-197.

49. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in ration to animal nutrition. Jornal of Dairy Science. 74: 10.3583-3597.
50. Wolin, M. 1960. A theoretical rumen fermentation balance Jornal. of Dairy Science. 43: 10. 1452–1459.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
*J. of Ruminant Research, Vol. 6(1), 2018*
*http://ejrr.gau.ac.ir*

# Effects of electron irradiation on nutritional value of red grape pomace using *in vitro* and *in situ* nylon bags techniques

**B. Asadnejad[1], R. Pirmohammadi[2] and *H. Khalilvandi-Behroozyar[3]**
[1]Ph.D. Candidate, [2]Professor and [3]Assistant Prof., Dept. of Animal Science,
Faculty of Agriculture, Urmia University
Received: 10/02/2017; Accepted: 01/24/2018

## Abstract

**Background and objectives:** Condensed tannins, as a main limiting factor in some of the agricultural byproducts, can negatively affect feed intake, digestibility and feed efficiency in ruminants. So many research data are available about the effects of different chemical and physical treatments on condensed tannins levels and activity in tanniferous plants. Red grape pomace is one of the main agro-industrial byproducts with medium to high levels of high activity condensed tannins. However high condensed tannins limit its use in farm animals feeding. Processing with irradiation based techniques can be served as green processing methods without negative environmental effects. The objective of this study was to determine the effects of electron irradiation on chemical composition, levels of anti-nutrients and nutritive value parameters of grape pomace *in vitro* and *in situ*.

**Materials and methods:** Air-dried (under shade) grape pomace was irradiated by electron beam using Rodotron system in 50, 100, and 150 kilogrey. Effects of irradiation were examined on chemical compositions as well as phenolic compounds. Three fistulated Holstein male steers were used to prepare and incubation of the samples *in situ* within the rumen according to randomized complete block design in two separate runs.

**Results:** Electron irradiation reduced crude protein, total phenolics and total, condensed and protein and fiber bound tannins. In addition, the bioactivity of phenolics reduced in irradiated samples. Electron irradiation increased *in vitro* gas production and ruminal degradability compared to the control. Ruminal protein degradability and metabolizable energy increased in all of the treatment groups. Electron processing also increased the total amount of volatile fatty acids in all of the treatment compared to the control.

**Conclusion:** The results of this study showed the effectiveness of electron irradiation in increasing red grape pomace nutritional value. According to the results, irradiation with 100 Kg can be considered as an optimal processing level.

***Keywords:*** Condensed tannins, Irradiation, Rumen degradability, Gas production

*Corresponding author: h.khalilvandi@urmia.ac.ir