

## اثر پرتوتابی الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری و قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام برخی منابع پروتئینی گیاهی

قاسم طحان<sup>۱</sup> - محمد حسن فتحی نسری<sup>۲\*</sup> - احمد ریاسی<sup>۳</sup> - مهدی بهگر<sup>۴</sup> - همایون فرهنگ فر<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۳

### چکیده

به منظور بررسی اثر پرتوتابی الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری و قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویا، کنجاله کلزا و دانه خلر، این مواد خوراکی با مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی پرتوتابی شدند. تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام مواد خوراکی به روش کیسه‌های نایلونی و با استفاده از دو رأس تلیسه هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای تعیین شد. قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام با استفاده از روش توأم کیسه‌های نایلونی و دستگاه شبیه ساز هضم (دیزی II) تعیین شد. نتایج نشان داد پرتوتابی بر مقدار ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر مواد خوراکی اثری نداشت. در مورد کنجاله سویا، در پرتوتابی با ۱۵۰ کیلوگرمی، بخش سریع تجزیه و کند تجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام به ترتیب بیشتر و کمتر از سایر تیمارها بود و ثابت نرخ تجزیه و تجزیه پذیری مؤثر شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام در هر سه مقدار پرتوتابی کمتر از کنجاله سویای خام بود. در مورد کنجاله کلزا، پرتوتابی با مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرمی باعث کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه‌ی پروتئین خام نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده شد. در مورد دانه خلر، تنها بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام در پرتوتابی با ۱۵۰ کیلوگرمی نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده کاهش یافت. قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام در کنجاله سویا در اثر پرتوتابی با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی و در کنجاله کلزا در اثر پرتوتابی با هر سه مقدار نسبت به مواد خوراکی پرتوتابی نشده کاهش یافت. در مورد دانه خلر، قابلیت هضم شکمبه‌ای، قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای و قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش ماده خشک در اثر پرتوتابی با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده افزایش یافت. قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای و قابلیت هضم کل دستگاه گوارشی پروتئین خام دانه خلر در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده افزایش یافت. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، پرتوتابی الکترونی بر پارامترهای مورد مطالعه در کنجاله سویا، کنجاله کلزا و دانه خلر اثرات متفاوتی داشت ولی در مجموع به ویژه در مورد دانه خلر باعث بهبود کیفیت پروتئین شد.

**واژه‌های کلیدی:** پرتوتابی الکترونی، تجزیه پذیری شکمبه‌ای، قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای

### مقدمه

دو منشأ حیوانی و گیاهی هستند و انتخاب آنها تابعی از کیفیت و قیمت آنهاست (۴). مکمل‌های با منشأ حیوانی به علت قیمت بالا و مسائل بهداشتی، خیلی کم در جیره نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرند. بهترین منابع پروتئین گیاهی شامل علوفه‌های لگومینه (خانواده حبوبات) و کنجاله دانه‌های روغنی می‌باشند (۱). مکمل‌های پروتئینی گیاهی عموماً تجزیه پذیری شکمبه‌ای بالایی دارند. از این رو، بسیاری از پروتئین‌های وارد شده به شکمبه به پپتیدها و اسیدهای آمینه تجزیه می‌شوند که بعداً بیشتر اسیدهای آمینه آنها آمین زدایی می‌گردند.

مصرف جیره با پروتئین بیشتر به افزایش جذب آمونیاک از شکمبه منجر می‌شود. این آمونیاک باید به وسیله کبد مسمومیت‌زدایی

در اوایل سال ۱۹۰۰ دانشمندان به اهمیت نوع و کیفیت پروتئین در تغذیه دام پی بردند. از آن پس مصرف انواع مکمل‌های پروتئینی گیاهی و حیوانی در تغذیه دام به سرعت رواج یافت و بسیاری از فرآورده‌های فرعی که زمانی آلوده‌کننده محیط زیست بودند، به عنوان منابع پروتئینی مورد استفاده قرار گرفتند (۲). مکمل‌های پروتئینی از

۱، ۲، ۳-۵ به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیاران و دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند  
\* - نویسنده مسئول: (Email: mhfathi@gmail.com)

۴- استادیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای ایران

محلی شهرستان بیرجند تهیه شد.

### تیمارها و جیره‌های آزمایشی

پرتوتابی توسط شتاب دهنده رودترون<sup>۱</sup> انجام شد. برای پرتوتابی از هر خوراک سه نمونه ۷۵۰ گرمی در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و برای پرتوتابی به مرکز پرتو فرآیند یزد ارسال شد. پرتوتابی خوراک‌ها در سه مقدار ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی صورت گرفت. بعد از پرتوتابی، نمونه‌ها با آسیاب مجهز به الک ۲ میلیمتری با سرعت چرخش ۳۰۰۰ دور بر دقیقه آسیاب شده و برای انجام مراحل بعدی از این نمونه‌ها استفاده شد.

برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و نیز قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها، از دو رأس تلیسه هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. حیوانات از یک هفته قبل با جیره حاوی ۱/۸ کیلوگرم یونجه خشک، ۱/۸ کیلوگرم کنسانتره، ۰/۵ کیلوگرم ذرت سیلوشده و ۱/۸ کیلوگرم کاه گندم (بر حسب ماده خشک) در سطح نگهداری به صورت جیره کاملاً مخلوط در ۲ نوبت صبح و عصر در ساعات ۶ و ۱۸ تغذیه شدند. اجزای کنسانتره شامل ۳۵ درصد دانه جو، ۱۸ درصد دانه ذرت، ۱۰ درصد کنجاله سویا، ۱۵ درصد کنجاله کلزا، ۱۱/۵ درصد سبوس گندم، ۷ درصد ملاس، یک درصد مکمل معدنی- ویتامینی، ۲ درصد پودر صدف و ۰/۵ درصد نمک (بر حسب ماده خشک) بود.

### تجزیه‌های آزمایشگاهی

ترکیبات شیمیایی خوراک‌ها طبق روش‌های پیشنهادی (۱۱)، AOAC و بخش‌های نیتروژن دار خوراک‌ها طبق روش لیسیترا و همکاران (۱۷)، تعیین گردید.

### تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و

#### پروتئین خام به روش درون‌کیسه‌ای

به منظور تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام، ابتدا با استفاده از توری‌های پلی‌استری با اندازه منافذ ۵۰ میکرومتر، کیسه‌هایی به ابعاد ۱۶×۱۰ سانتیمتر دوخته شده و یک انتهای آن باز گذاشته شد. سپس کیسه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته و پس از رسیدن به وزن ثابت، توزین و شماره‌گذاری گردید. پس از آن ۵ گرم نمونه آسیاب شده داخل هر کیسه ریخته شده (۳ کیسه به ازای هر نمونه در هر دام) و سر کیسه‌ها با نخ بسته شد. کیسه‌ها به مدت صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت شکمبه‌گذاری شدند. شکمبه‌گذاری کیسه‌ها ۲

و به اوره تبدیل شود که خود قسمت قابل توجهی از کل مقدار اوره تولید شده در بدن را تشکیل می‌دهد (۳). بنابراین مقداری پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه باید به جیره افزوده شود تا تفاوت بین اسیدهای آمینه مورد نیاز دام‌های پرتولید و مقدار تأمین شده به وسیله پروتئین میکروبی را جبران نماید. از آنجایی که قابلیت تجزیه پروتئین‌هایی که به طور طبیعی محافظت شده‌اند می‌تواند متغیر باشد، استفاده از پروتئین‌های محافظت شده تحت شرایط مطلوب پیشنهاد می‌شود. بنابراین نیاز به روش‌هایی برای کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای این مکمل‌ها وجود دارد. این امر با روش‌های مختلفی از جمله استفاده از مواد شیمیایی، حرارت و پرتوتابی صورت می‌گیرد.

پرتوتابی دارای مزایایی از جمله عدم تغییر طعم و رنگ خوراک، کاهش قابل توجه عوامل بیماری‌زا و غیره نسبت به سایر روش‌هاست. همچنین در روش پرتوتابی کاهش کیفیت مواد مغذی بسیار کمتر از سایر روش‌هاست (۱۲). در مورد تأثیر پرتوتابی بر کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه تحقیقات زیادی انجام نشده و اکثر تحقیقات در این زمینه نیز درباره تأثیر استفاده از اشعه گاما بر افزایش قابلیت هضم خوراک‌های فیبری بوده است و در مورد اثر پرتوتابی الکترونی (بیم الکترونی) بر قابلیت هضم پروتئین اطلاعات کمی وجود دارد و این در حالی است که استفاده از بیم الکترونی به دلیل آلودگی زیست محیطی کمتر و زمان پرتوتابی بسیار کوتاه نسبت به پرتو گاما ارجحیت دارد (۱۳). تقی نژاد و همکاران (۳۱)، بیان داشتند پرتوتابی با اشعه گاما، پروتئین‌ها را با تغییرات ساختاری، اکسیداسیون اسیدهای آمینه، قطع پیوندهای کووالانسی، اتصالات عرضی و تشکیل رادیکال‌های آزاد تحت تأثیر قرار می‌دهد. پرتوتابی باعث باز شدن و واسرشتی پروتئین و نمایان شدن اسیدهای آمینه آبگریز (بویره آروماتیک‌ها) می‌شود. خاصیت آبگریزی باعث تراکم و به دنبال آن انعقاد و رسوب شده و تجزیه‌پذیری را کاهش می‌دهد (۲۸). همچنین خاصیت آبگریزی، گروه‌هایی برای جایگاه فعال آنزیم‌های پپسین و تریپسین بوجود می‌آورد و قابلیت هضم روده‌ای را افزایش می‌دهد. بت و همکاران (۱۳) نیز بیان داشتند که بیم الکترونی از طریق واسرشتی جزئی پروتئین و ژلاتینه نمودن پروتئین حلالیت پروتئین را در برخی خوراک‌های پروتئینی کاهش می‌دهد با توجه به مطالب فوق نیاز به انجام تحقیقات در رابطه با اثر بیم الکترونی بر قابلیت هضم پروتئین و تعیین سطوح مناسب پرتوتابی الکترونی احساس می‌شود. هدف از انجام تحقیق حاضر، تعیین روند تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام کنجاله‌های سویا و کلزا و دانه خلر پرتوتابی شده بود.

### مواد و روش‌ها

#### تهیه خوراک‌ها

کنجاله سویا و کنجاله کلزا در بهمن ماه سال ۱۳۸۷ از کارخانه خوراک دام دان و علوفه شرق بیرجند و دانه خلر مورد نیاز از بازار

ساعت پس از خوراک‌دهی صبح (ساعت ۸ صبح) انجام شد. کیسه‌های مربوط به زمان صفر در شکمبه قرار داده نشده و تنها با آب سرد شسته شدند، به طوری که آب زلال از آنها خارج گردید. تمام کیسه‌ها پس از خروج از شکمبه با آب سرد شستشو داده شدند تا آب زلال از آنها خارج شد. سپس تمام کیسه‌ها در آون (به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد) خشک شدند و میزان ناپدیدشدن ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها در ساعات مختلف شکمبه‌گذاری با توجه به اختلاف مقدار ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها قبل و بعد از شکمبه‌گذاری محاسبه گردید (۲۰).

### تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام با استفاده از روش توأم درون‌کیسه‌ای و دستگاه شبیه ساز هضم (دیزی II)

پنج گرم نمونه آسیاب شده داخل کیسه‌هایی به ابعاد ۱۰×۱۶ سانتیمتر و اندازه منافذ ۵۰ میکرومتر ریخته شده (۴ کیسه به ازای هر نمونه) و به مدت ۱۲ ساعت شکمبه‌گذاری شدند. پس از خروج کیسه‌ها از شکمبه با آب سرد شسته شدند تا آب زلال از آنها خارج شد. سپس کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون (۷۰ درجه سانتیگراد) خشک شدند و قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک برای هر نمونه محاسبه گردید. محتویات یک کیسه برای تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام و محتویات ۳ کیسه دیگر برای تعیین قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام استفاده شد. برای این کار از دستگاه شبیه ساز هضم استفاده شد (۵).

**محاسبات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم شکمبه‌ای - پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام**  
برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها از معادله پیشنهادی ارسکوف و مکدونالد (۲۰)، استفاده شد و برازش داده‌ها با مدل زیر و با استفاده از نرم افزار آماری SAS (procNLIN) انجام شد:

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

که در این معادله:

$P$  = مقدار ناپدید شدن در زمان  $t$

$a$  = بخش سریع تجزیه

$b$  = بخش کند تجزیه

$c$  = ثابت نرخ تجزیه

$t$  = زمان شکمبه‌گذاری (ساعت)

می‌باشد.

تجزیه‌پذیری موثر نمونه‌ها با استفاده از معادله

$ED = a + \{(b \times c)/(c + k)\}$  و با در نظر گرفتن ثابت نرخ عبور برابر با ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۸ در ساعت محاسبه شد. اجزای این معادله عبارتند از:

$ED$  = تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای

$a$  = بخش سریع تجزیه

$b$  = بخش کند تجزیه

$c$  = ثابت نرخ تجزیه

$k$  = ثابت نرخ عبور

قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین شد:

### تجزیه آماری داده‌ها

در این آزمایش هر ماده خوراکی بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت بطوری که به ازای هر ماده خوراکی ۴ تیمار (نمونه پرتوتابی نشده و نمونه‌های پرتوتابی شده با سه مقدار ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی) وجود داشت و هر تیمار از ۶ تکرار برخوردار بود. تجزیه آماری داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی، بخش‌های نیتروژن‌دار، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و پروتئین خام هر ماده خوراکی با نرم افزار آماری SAS (۲۴)، و در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی انجام شد. مدل آماری مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$ : صفت مورد ارزیابی در هر خوراک

$\mu$ : میانگین کل

$T_i$ : اثر پرتوتابی الکترونی

$e_{ij}$ : اثر خطا

### نتایج و بحث

#### کنجاله سویا

**ترکیب شیمیایی و بخش‌های نیتروژن‌دار: ترکیب شیمیایی و بخش‌های نیتروژن‌دار کنجاله سویا پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده**  
در جدول ۱ نشان داده شده است. ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر نمونه‌های پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده تفاوت معنی‌داری نداشت. فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) در نمونه‌های پرتو داده شده کمتر از نمونه‌های پرتوتابی نشده بود ( $p < 0.05$ ).

$$\text{وزن نمونه بعد از شکمبه گذاری} - \text{وزن نمونه قبل از شکمبه گذاری} = \text{قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک}$$

$$\text{وزن نمونه قبل از شکمبه گذاری}$$

$$\text{وزن نمونه بعد از قرار دادن در دستگاه شبیه ساز هضم} - \text{وزن نمونه بعد از شکمبه گذاری} = \text{قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای}$$

$$\text{ماده خشک هضم نشده در شکمبه}$$

$$+ \text{قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک} = \text{قابلیت هضم ماده خشک}$$

$$\{ \text{قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک} - 1 \} \times \text{قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای ماده خشک هضم نشده در شکمبه} \text{ در کل دستگاه گوارش}$$

$$\text{میزان پروتئین نمونه بعد از شکمبه گذاری} - \text{میزان پروتئین نمونه قبل از شکمبه گذاری} = \text{قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام}$$

$$\text{میزان پروتئین نمونه قبل از شکمبه گذاری}$$

$$\text{میزان پروتئین نمونه بعد از قرار دادن در دستگاه شبیه ساز هضم} - \text{میزان پروتئین نمونه بعد از شکمبه‌ای گذاری} = \text{قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام هضم نشده در شکمبه}$$

$$\text{میزان پروتئین نمونه بعد از شکمبه گذاری}$$

$$+ \text{قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام} = \text{قابلیت هضم پروتئین خام}$$

$$\{ \text{قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام} - 1 \} \times \text{قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام هضم نشده در شکمبه} \text{ در کل دستگاه گوارش}$$

پرتو گاما بر کاه جو، کاه ذرت و چوب، ال مصری و زرکاوی (۱۰)، با موضوع اثرگذاری پرتو گاما بر کاه عدس، بوته‌های پنبه و بقایای هرس سیب، ال مصری و گوئنتر (۹)، با موضوع میزان اثرگذاری پرتو گاما بر کاه گندم، شهبازی و همکاران (۲۵)، با موضوع اثرگذاری بیم الکترونی بر کاه جو و صادقی و شورنگ (۲۱)، با موضوع اثرگذاری بیم الکترونی بر کاه گندم و جو مطابقت داشت.

میزان فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) در کنجاله سویای پرتوتابی شده با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نسبت به کنجاله سویای پرتوتابی نشده کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). پرتوتابی قادر به لیگنین‌زدایی، تجزیه پلیمرها و تخریب ساختارهای کریستالی سلولز است (۸)، که سبب کاهش فیبر نامحلول در شوینده‌ها می‌شود. این نتایج با گزارشات ال مصری و زرکاوی (۷)، در خصوص اثرگذاری

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کنجاله سویای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

ترکیب شیمیایی	مقدار پرتوتابی (کیلوگرم)				اشتباه معیار	سطح معنی داری
	صفر	۵۰	۱۰۰	۱۵۰		
ماده خشک (درصد)	۹۳/۴	۹۲/۲	۹۳/۱	۹۲/۹	-	-
پروتئین خام (درصد ماده خشک)	۴۸/۵	۴۹/۴	۴۹/۸	۴۹/۳	۰/۴۳	غیرمعنی دار
چربی خام (درصد ماده خشک)	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۱/۶	۰/۰۸	غیرمعنی دار
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	۱۶/۵ <sup>a</sup>	۱۲/۶ <sup>b</sup>	۱۱/۰ <sup>b</sup>	۱۱/۵ <sup>b</sup>	۰/۴۶	< ۰/۰۰۵
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	۱۳/۶ <sup>a</sup>	۱۲/۵ <sup>ab</sup>	۱۰/۹ <sup>b</sup>	۱۱/۰ <sup>b</sup>	۰/۴۷	< ۰/۰۰۵
خاکستر (درصد ماده خشک)	۷/۲	۶/۹	۶/۹	۷/۰	۰/۰۹	غیرمعنی دار
بخش‌های نیتروژن دار						
نیتروژن غیر پروتئینی ( $6/25 \times$ ) (درصد پروتئین خام)	۰/۱ <sup>c</sup>	۲/۶ <sup>b</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۳/۱ <sup>b</sup>	۰/۱۹	< ۰/۰۰۵
پروتئین محلول در بافر فسفات- بورات (درصد پروتئین خام)	۱۰/۱	۹/۵	۱۱/۹	۸/۹	۱/۱۰	غیرمعنی دار
پروتئین نامحلول در شوینده خنثی (درصد پروتئین خام)	۶/۳	۴/۶	۴/۲	۵/۲	۰/۹۷	غیرمعنی دار
پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی (درصد پروتئین خام)	۸/۶	۸/۲	۵/۹	۶/۴	۰/۲۷	غیرمعنی دار

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می‌باشند.

تیمارها شد ( $p < 0/001$ ). بخش سریع تجزیه و کند تجزیه‌ی پروتئین خام نیز در اثر پرتوتابی با مقدار ۱۵۰ کیلوگری نسبت به تیمار شاهد به ترتیب افزایش و کاهش یافت ( $p < 0/05$ ). احتمالاً شکسته شدن زنجیره‌های پروتئینی و نیز شکنندگی بافت کنجاله سویا بر اثر افزایش مقدار پرتوتابی از دلایل این امر است (۳۴). نرخ تجزیه پذیری بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت و بیشترین کاهش در مقدار پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری مشاهده شد ( $p < 0/001$ ). تجزیه پذیری مؤثر شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد ( $p < 0/05$ ). یکی از دلایل کاهش ثابت نرخ تجزیه، احتمالاً ایجاد پل‌های عرضی و اتصالات دی-سولفیدی است که کنجاله سویا را در مقابل تجزیه شکمبه‌ای مقاوم نموده است (۱۱).

طبق نتایج اکبریان و همکاران (۶)، بیم الکترونی به مقدار ۶۳ کیلوگری، بخش سریع تجزیه، کند تجزیه و تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا را به ترتیب افزایش، کاهش و افزایش داد. صادقی و شورنگ (۲۱)، نیز افزایش بخش سریع تجزیه و کاهش بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک کاه گندم و جو پرتوتابی شده با بیم الکترونی را گزارش کردند.

از نظر بخش‌های نیتروژن‌دار، میزان نیتروژن غیر پروتئینی کنجاله سویا در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به کنجاله سویای پرتوتابی نشده افزایش یافت که این افزایش در پرتوتابی با ۱۰۰ کیلوگری بیشترین مقدار بود ( $p < 0/005$ ). در توضیح می‌توان گفت که پرتوتابی قادر به اکسیداسیون اسیدهای آمینه و شکستن پیوندهای کووالانسی پروتئین‌ها است (۱۲). پروتئین محلول در بافر فسفات-بورات تحت تأثیر پرتوتابی قرار نگرفت. در مورد اثر پرتوتابی بر نیتروژن غیر پروتئینی و پروتئین محلول در بافر فسفات بورات در منابع علمی گزارشی یافت نشد. پروتئین نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در نمونه‌های پرتوتابی شده نسبت به کنجاله سویای پرتوتابی نشده به لحاظ عددی کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. پروتئین نامحلول در شوینده خنثی از پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی کمتر بود که با گزارشات موسکاتو و همکاران (۱۸)، گنزالز و همکاران (۱۶)، و دسوزا و همکاران (۱۴)، مطابقت داشت.

**فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای:** نتایج مربوط به فراسنجه-های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده در جدول ۲ ارائه شده است. پرتوتابی با مقدار ۱۵۰ کیلوگری، سبب افزایش بخش سریع تجزیه و کاهش بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک در مقایسه با سایر

جدول ۲- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویای پرتوتابی نشده و

پرتوتابی شده					
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد)			فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری <sup>۱</sup>		
ثابت نرخ عبور (درصد در ساعت)			c	b	a
۸	۶	۴	(درصد در ساعت)	(درصد)	(درصد)
<b>ماده خشک</b>					
۵۴/۹ <sup>a</sup>	۶۰/۰ <sup>a</sup>	۶۷/۳ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۷۲/۸ <sup>a</sup>	۲۷/۱ <sup>b</sup>
۵۱/۴ <sup>b</sup>	۵۶/۰ <sup>b</sup>	۶۳/۰ <sup>b</sup>	۳/۶ <sup>b</sup>	۷۰/۵ <sup>a</sup>	۲۹/۵ <sup>b</sup>
۵۱/۴ <sup>b</sup>	۵۶/۰ <sup>b</sup>	۶۲/۹ <sup>b</sup>	۳/۶ <sup>b</sup>	۷۰/۵ <sup>a</sup>	۲۹/۵ <sup>b</sup>
۵۲/۰ <sup>b</sup>	۵۵/۷ <sup>b</sup>	۶۱/۵ <sup>b</sup>	۲/۶ <sup>c</sup>	۶۳/۷ <sup>b</sup>	۳۶/۳ <sup>a</sup>
۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۵۹	۰/۵۹
<۰/۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
<b>پروتئین خام</b>					
۴۵/۳ <sup>a</sup>	۵۱/۱ <sup>a</sup>	۵۹/۷ <sup>a</sup>	۴/۵ <sup>a</sup>	۸۵/۳ <sup>a</sup>	۱۴/۷ <sup>b</sup>
۴۰/۰ <sup>b</sup>	۴۵/۲ <sup>b</sup>	۵۳/۲ <sup>b</sup>	۳/۲ <sup>b</sup>	۸۳/۹ <sup>ab</sup>	۱۶/۱ <sup>ab</sup>
۳۸/۶ <sup>b</sup>	۴۳/۸ <sup>c</sup>	۵۱/۹ <sup>c</sup>	۳/۰ <sup>b</sup>	۸۴/۶ <sup>ab</sup>	۱۵/۴ <sup>ab</sup>
۳۶/۰ <sup>c</sup>	۴۰/۴ <sup>d</sup>	۴۷/۶ <sup>d</sup>	۲/۳ <sup>c</sup>	۸۲/۲ <sup>b</sup>	۱۷/۸ <sup>a</sup>
۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۵۱	۰/۵۱
<۰/۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵

۱ - a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه و c ثابت نرخ تجزیه.

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

در آزمایش شورنگ و همکاران (۲۱)، پرتوتابی با اشعه گاما با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری باعث کاهش بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه پذیری مؤثر و افزایش بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویا گردید. علت کاهش بخش سریع تجزیه تشکیل اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پروتئینی و ژلاتینه شدن پروتئین‌ها ذکر شده است. همچنین در گزارش این محققین آمده است که پرتوتابی باعث باز شدن ساختار پروتئین و در معرض قرار گرفتن گروه‌های غیر قطبی می‌شود که در پی ایجاد خاصیت آبگریزی، ژلاتینه شدن و انعقاد پروتئین‌ها رخ داده و تجزیه پذیری کاهش می‌یابد (۲۹). تقی‌نژاد و همکاران (۳۱)، نیز کاهش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا را در اثر پرتوتابی با اشعه گاما با مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگری گزارش کردند. در این گزارش نیز علت کاهش بخش سریع تجزیه، کاهش حلالیت پروتئین در نتیجه تشکیل اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پروتئینی و ژلاتینه شدن پروتئین‌ها ذکر شده است. بت و همکاران (۱۳)، بیان داشتند که بیم الکترونی حلالیت پروتئین دانه موکونا<sup>۱</sup> را در مقادیر پرتوتابی ۱۵ و ۳۰ کیلوگری کاهش داد و علت آن را واسرشتی جزئی پروتئین و ژلاتینه شدن پروتئین بیان نمودند. علت تفاوت نتایج تحقیق حاضر با این نتایج احتمالاً به خاطر اختلاف در مقدار پرتوتابی و نوع پرتوتابی و منبع پروتئینی مورد مطالعه بوده است.

۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت ( $p < 0.05$ ) که احتمالاً به دلیل تشکیل اتصالات عرضی و باندهای دی سولفیدی است که باعث کاهش نرخ تجزیه پروتئین خام و در نتیجه کاهش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شده است. به لحاظ قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی با مقدار ۱۵۰ کیلوگری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). این کاهش به علت کاهش قابلیت هضم شکمبه‌ای و عدم تغییر قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام بوده است.

نتایج آزمایش اکبریان و همکاران (۶)، نشان داد که پرتوتابی با بیم الکترونی در مقدار ۶۳ کیلوگری، قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویا را کاهش داد. صادقی و همکاران (۲۳)، در گزارشی بیان داشتند که پرتوتابی با مایکروویو به مدت ۲ و ۴ دقیقه قابلیت هضم آزمایشگاهی مواد هضم نشده در شکمبه را افزایش داد؛ درحالی که پرتوتابی به مدت ۶ دقیقه در مقایسه با ۴ دقیقه، قابلیت هضم را کاهش داد. در گزارشی از شورنگ و همکاران (۲۹)، پرتوتابی با اشعه گاما، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین خام کنجاله سویا را افزایش داد. در توضیح این نتیجه بیان شد که پرتوتابی باعث باز شدن رشته‌های پروتئینی و در معرض قرار گرفتن گروه‌های غیر قطبی شده و موقعیت را برای فعالیت آنزیم‌های پیپسین و تریپسین مهیا می‌سازد.

با توجه به نتایج فوق، هر چند پرتوتابی باعث افزایش پروتئین محلول و کاهش بخش کند تجزیه شد ولی با توجه به کاهش نرخ تجزیه و کاهش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام در اثر پرتوتابی و متأثر نشدن معنی‌دار قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام از پرتوتابی، می‌توان اینگونه بیان داشت که پرتوتابی با بیم الکترونی با مقادیر کمتر از ۱۵۰ کیلوگری باعث بهبود کیفیت پروتئین خام کنجاله سویا شده است.

### کنجاله کلزا

**ترکیب شیمیایی و بخش‌های نیتروژن‌دار:** ترکیب شیمیایی و بخش‌های نیتروژن‌دار کنجاله کلزای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده در جدول ۴ نشان داده شده است. ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر نمونه‌های پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده تفاوت معنی‌داری نداشت. فیبر نامحلول در شوینده خنثی در نمونه‌های پرتوتابی شده نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده کاهش یافت و این کاهش در مقدار پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری بیشترین بود ( $p < 0.05$ ). فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در مقدار پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری نسبت به دیگر مقادیر پرتوتابی و کنجاله کلزای پرتوتابی نشده کاهش یافت ( $p < 0.01$ ).

**قابلیت هضم:** قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و پروتئین خام کنجاله سویای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده در جدول ۳ نشان داده شده است. از نظر قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک، بین کنجاله سویای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با مقادیر مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و تنها از نظر قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش بین مقادیر ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک در مقدار ۵۰ کیلوگری به لحاظ عددی نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود و از نظر قابلیت هضم کل دستگاه گوارشی نیز همانطور که گفته شد نسبت به مقدار ۱۵۰ کیلوگری تفاوت معنی‌داری داشت. این بدین معنی است که کنجاله سویا در مقدار پایین پرتوتابی رفتار متفاوتی نشان داده است. شورنگ و همکاران (۲۹)، گزارش کردند که مقادیر پرتوتابی کمتر از ۲۵ کیلوگری با اشعه گاما باعث کاهش تراکم باندهای اصلی و شکسته شدن زنجیره‌های پلی‌پپتید می‌شود در حالی که در مقادیر بالاتر باعث تشکیل اتصالات عرضی می‌شود.

قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام در اثر پرتوتابی با مقادیر

۱- دانه موکونا (Mucuna seed) از خانواده بقولات بوده و حدوداً ۲۳ درصد پروتئین خام دارد.

جدول ۳- قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و پروتئین خام کنگاله سویای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

سطح معنی داری	اشتباه معیار	مقدار پرتوتابی (کیلوگرم)				قابلیت هضم
		۱۵۰	۱۰۰	۵۰	صفر	
غیرمعنی دار	۱/۵۱	۴۹/۴	۵۰/۹	۵۵/۳	۵۲/۹	قابلیت هضم شکمبه‌ای <sup>۱</sup> (درصد)
غیرمعنی دار	۱/۷۳	۵۵/۵	۵۷/۴	۵۹/۷	۵۷/۴	قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای ماده خشک هضم نشده در شکمبه (درصد)
<۰/۰۵	۰/۸۷	۷۷/۵ <sup>b</sup>	۷۹/۱ <sup>ab</sup>	۸۲/۰ <sup>a</sup>	۷۹/۹ <sup>ab</sup>	قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (درصد)
غیرمعنی دار	۱/۸۸	۳۱/۷ <sup>c</sup>	۳۴/۵ <sup>bc</sup>	۴۰/۲ <sup>ab</sup>	۴۳/۶ <sup>a</sup>	قابلیت هضم شکمبه‌ای <sup>۱</sup> (درصد)
غیرمعنی دار	۱/۹۰	۶۵/۴	۶۷/۶	۷۱/۲	۷۱/۴	قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام هضم نشده در شکمبه (درصد)
<۰/۰۵	۱/۲۷	۷۶/۴ <sup>b</sup>	۷۸/۸ <sup>ab</sup>	۸۲/۸ <sup>a</sup>	۸۳/۹ <sup>a</sup>	قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (درصد)

۱- برای تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای، نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت شکمبه گذاری شدند. میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند.

جدول ۴- ترکیب شیمیایی کنگاله کلزای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

سطح معنی داری	اشتباه معیار	مقدار پرتوتابی (کیلوگرم)				ترکیب شیمیایی
		۱۵۰	۱۰۰	۵۰	صفر	
-	-	۹۴/۱	۹۳/۷	۹۳/۷	۹۴/۲	ماده خشک (درصد)
غیرمعنی دار	۰/۴۴	۴۰/۹	۴۰/۷	۴۰/۲	۳۹/۸	پروتئین خام (درصد ماده خشک)
غیرمعنی دار	۰/۲۲	۸/۸	۸/۷	۸/۵۰	۹/۶	چربی خام (درصد ماده خشک)
<۰/۰۵	۰/۲۲	۲۰/۹ <sup>c</sup>	۲۲/۸ <sup>b</sup>	۲۳/۲ <sup>b</sup>	۲۷/۳ <sup>a</sup>	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)
<۰/۰۱	۰/۰۹	۱۸/۱ <sup>c</sup>	۱۹/۷ <sup>a</sup>	۱۹/۱ <sup>b</sup>	۱۹/۴ <sup>ab</sup>	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)
غیرمعنی دار	۰/۲۶	۶/۴	۶/۴	۶/۱	۶/۲	خاکستر (درصد ماده خشک)
<۰/۰۵	۰/۱۶	۱/۲ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۰/۱ <sup>b</sup>	ND <sup>۱</sup>	بخش های نیتروژن دار
<۰/۰۵	۰/۱۶	۱۸/۳ <sup>a</sup>	۱۲/۶ <sup>b</sup>	۱۱/۱ <sup>c</sup>	۱۷/۳ <sup>a</sup>	نیتروژن غیر پروتئینی (۶/۲۵x) (درصد پروتئین خام)
غیرمعنی دار	۰/۵۱	۱۰/۷	۱۲/۱	۱۲/۳	۱۲/۸	پروتئین محلول در بافر فسفات- بورات (درصد پروتئین خام)
غیرمعنی دار	۰/۳۷	۸/۸	۱۰/۲	۱۰/۴	۸/۵	پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی (درصد پروتئین خام)

۱- ND: غیر قابل اندازه گیری

میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند.

از نظر بخش‌های نیتروژن دار، میزان نیتروژن غیر پروتئینی کنگاله کلزا در اثر پرتوتابی با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی نسبت به مقدار ۵۰ کیلوگرمی افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). یکی از علل افزایش نیتروژن غیر پروتئینی ممکن است تجزیه زنجیره‌های پلی پپتیدی باشد (۱۹). پروتئین محلول در بافر در اثر پرتوتابی با مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرمی نسبت به کنگاله کلزای پرتوتابی نشده و کنگاله کلزای پرتوتابی شده با مقدار ۱۵۰ کیلوگرمی کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). کاهش پروتئین محلول در بافر در اثر پرتوتابی با این مقادیر احتمالاً به دلیل تشکیل اتصالات عرضی، واسرشتی و ژلاتینه شدن ساختار پروتئین است و عدم تغییر پروتئین محلول در اثر پرتوتابی با مقدار ۱۵۰ کیلوگرمی، احتمالاً به دلیل برگشت واسرشتی پروتئین در محلول بافر

در آزمایش تقی‌نژاد و همکاران (۳۲)، پرتوتابی کنگاله کانولا با اشعه گاما با مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگرمی اثری بر ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، عصاره اتری و فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی نداشت. ابراهیمی و همکاران (۱۵)، نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. در آزمایش تقی‌نژاد و همکاران (۳۳)، نیز پرتوتابی با بیم الکترونی با مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگرمی اثری بر ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، عصاره اتری و فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی کنگاله کانولا نداشت. علت اختلافات بین نتایج این محققین و نتایج مطالعه حاضر در مورد فیبر نامحلول در شوینده‌ها، احتمالاً مربوط به مقادیر پرتوتابی و شرایط آزمایشگاهی (نظیر روش تعیین فیبر نامحلول در شوینده‌ها) است.

احتمالاً کاهش حلالیت پروتئین در این مقادیر پرتوتابی است. نرخ تجزیه پذیری بخش کند تجزیه پروتئین خام در مقادیر پرتوتابی ۱۰۰ و ۱۵۰ نسبت به مقدار ۵۰ کیلوگری و کنجاله کلزای پرتوتابی نشده کم شد و تجزیه پذیری مؤثر شکمبه‌ای پروتئین خام در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). علت این کاهش احتمالاً به خاطر واسرشتی و ژلاتینه شدن پروتئین بوده است.

نتایج آزمایش شورنگ و همکاران (۲۷)، نشان داد که پرتوتابی با اشعه گاما با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری باعث کاهش تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک کنجاله کانولا و نیز کاهش بخش سریع تجزیه‌ی پروتئین خام و افزایش بخش کند تجزیه‌ی پروتئین خام کنجاله کانولا گردید. صادقی و شورنگ (۲۲)، نیز کاهش در بخش سریع تجزیه و تجزیه پذیری مؤثر و افزایش در بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام کنجاله کانولا را در اثر پرتوتابی با میکروویو به مدت ۲، ۴ و ۶ دقیقه گزارش کردند که در توضیح، حرارت حاصله از پرتوتابی را عامل این نتایج ذکر نمودند.

است. پروتئین نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی تحت تأثیر پرتوتابی قرار نگرفت. در مورد اثرات پرتوتابی بر بخش‌های نیتروژن-دار کنجاله کلزا گزارشی در منابع علمی یافت نشد.

**فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای:** از نظر فراسنجه‌های تجزیه پذیری و تجزیه پذیری مؤثر شکمبه‌ای ماده خشک فقط بخش سریع تجزیه در اثر پرتوتابی با مقدار ۱۵۰ کیلوگری نسبت به بقیه تیمارها افزایش یافت ( $p < 0.05$ ) (جدول ۵). کاهش فیبر نامحلول در شوینده‌ها در اثر پرتوتابی با مقدار ۱۵۰ کیلوگری می‌تواند یکی از علل افزایش بخش سریع تجزیه باشد. بخش سریع تجزیه شونده‌ی پروتئین خام کنجاله کلزای پرتوتابی شده با مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگری نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با مقدار ۱۵۰ کیلوگری کاهش یافت و بخش کند تجزیه شونده‌ی پروتئین خام در مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگری نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده افزایش یافت ولی از این نظر بین کنجاله کلزای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با مقدار ۱۵۰ کیلوگری تفاوتی وجود نداشت ( $p < 0.05$ ). دلیل کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه پروتئین خام در مقادیر پرتوتابی ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگری

جدول ۵- فراسنجه‌های تجزیه پذیری شکمبه‌ای و تجزیه پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک و پروتئین خام کنجاله کلزای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

تجزیه پذیر مؤثر (درصد)	فراسنجه‌های تجزیه پذیری <sup>۱</sup>		
	ثابت نرخ عبور (درصد در ساعت)		
	۸	۶	۴
	c	b	a
	(درصد در ساعت)	(درصد)	(درصد)
	<b>ماده خشک</b>		
۴۷/۷	۴/۲	۶۰/۷	۲۷/۳ <sup>b</sup>
۴۶/۶	۳/۶	۶۲/۴	۲۷/۴ <sup>b</sup>
۴۵/۱	۲/۷	۶۲/۰	۲۹/۵ <sup>b</sup>
۴۸/۷	۳/۵	۵۶/۰	۳۲/۴ <sup>a</sup>
۰/۸۰	۰/۵۳	۴/۵۲	۰/۶۰
غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	< ۰/۰۵
	<b>پروتئین خام</b>		
۵۱/۷ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>a</sup>	۶۹/۴ <sup>b</sup>	۳۰/۴ <sup>a</sup>
۴۷/۴ <sup>b</sup>	۳/۳ <sup>a</sup>	۷۴/۷ <sup>a</sup>	۲۵/۳ <sup>b</sup>
۴۴/۳ <sup>c</sup>	۲/۷ <sup>b</sup>	۷۴/۶ <sup>a</sup>	۲۵/۴ <sup>b</sup>
۴۸/۱ <sup>b</sup>	۲/۷ <sup>b</sup>	۶۹/۶ <sup>ab</sup>	۳۰/۴ <sup>a</sup>
۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۸۹	۰/۸۳
< ۰/۰۵	< ۰/۰۵	< ۰/۰۵	< ۰/۰۵

۱- a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه و c ثابت نرخ تجزیه. میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.



پس از شکمبه‌ای پروتئین خام بوده است.

در آزمایش تقی‌نژاد و همکاران (۳۲)، پرتوتابی با اشعه گاما با مقادیر ۳۰ و ۴۵ کیلوگری، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین خام کنجاله کانولا را افزایش داد که علت آن را افزایش حساسیت پیوندهای پپتیدی به آنزیم‌های پروتئولیتیک در اثر تغییر در ساختار دوم و سوم پروتئین بیان داشتند. در آزمایشی دیگر از تقی‌نژاد (۳۰)، نیز پرتوتابی با بیم الکترونی با مقادیر ۳۰ و ۴۵ کیلوگری، قابلیت هضم روده‌ای کنجاله کانولا را بهبود بخشید. همچنین تقی‌نژاد و همکاران (۳۳)، گزارش کردند که پرتوتابی کنجاله کانولا با بیم الکترونی به مقدار ۱۵ و ۳۰ کیلوگری، به مقدار ناچیزی قابلیت هضم روده‌ای را افزایش داد در حالی که در مقدار ۴۵ کیلوگری تغییری مشاهده نشد. در توضیح این نتایج بیان شد که در مقادیر پرتوتابی ۱۵ و ۳۰ کیلوگری، احتمالاً پرتوتابی باعث شکسته شدن پیوندهای دی سولفیدی و باز شدن ساختار پروتئین گردیده است در حالی که در پرتوتابی با ۴۵ کیلوگری، تشکیل اتصالات عرضی و ژلاتینه شدن پروتئین از هیدرولیز آنزیمی آن جلوگیری کرده است. شورنگ و همکاران (۲۷)، بیان داشتند که پرتوتابی کنجاله کلزا با اشعه گاما (در مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری) قابلیت هضم روده‌ای پروتئین خام را افزایش داد. علت تفاوت نتایج این محققین با نتایج تحقیق حاضر احتمالاً به خاطر تفاوت در مقادیر پرتوتابی و یا نوع پرتوتابی بوده است. با توجه به نتایج بدست آمده و صرف نظر از کاهش قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش، به نظر می‌رسد که پرتوتابی با بیم الکترونی روش مناسبی برای بهبود ارزش تغذیه‌ای کنجاله کلزا باشد.

تقی‌نژاد و همکاران (۳۲)، گزارش کردند که پرتوتابی کنجاله کانولا با اشعه گاما به مقدار ۴۵ کیلوگری بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک را کاهش داد. همچنین در مقادیر ۳۰ و ۴۵ کیلوگری، بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه‌ی پروتئین خام کاهش و در پرتوتابی با ۴۵ کیلوگری بخش کند تجزیه‌ی پروتئین خام افزایش یافت. علت برخی اختلافات بین نتایج این محققین با نتایج مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل اختلاف در مقادیر پرتوتابی و نوع پرتوتابی بوده است.

**قابلیت هضم:** قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۶). قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده کاهش یافت. احتمالاً واسرشتی و ژلاتینه شدن پروتئین از عوامل کاهش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام بوده است. قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام نمونه‌های پرتوتابی شده نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده تفاوت معنی‌داری نشان نداد اما در مقدار پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری بطور معنی‌داری نسبت به مقدار پرتوتابی ۱۰۰ کیلوگری افزایش یافت که این افزایش احتمالاً به خاطر تشکیل اتصالات عرضی و ژلاتینه شدن پروتئین بوده است. قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به کنجاله کلزای پرتوتابی نشده کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). کاهش قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش به دلیل کاهش قابلیت هضم شکمبه‌ای و عدم تغییر قابلیت هضم

جدول ۶- قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و پروتئین خام کنجاله کلزای پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

قابلیت هضم	مقدار پرتوتابی (کیلوگری)				اشتباه معیار	سطح معنی‌داری
	صفر	۵۰	۱۰۰	۱۵۰		
<b>ماده خشک</b>						
قابلیت هضم شکمبه‌ای <sup>۱</sup> (درصد)	۵۲/۱	۵۱/۰	۵۰/۷	۴۸/۷	۱/۰۱	غیرمعنی‌دار
قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای ماده خشک هضم نشده در شکمبه (درصد)	۲۷/۶	۲۹/۷	۲۸/۷	۲۹/۳	۱/۲۴	غیرمعنی‌دار
قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (درصد)	۶۵/۳	۶۵/۶	۶۴/۹	۶۳/۸	۰/۶۱	غیرمعنی‌دار
<b>پروتئین خام</b>						
قابلیت هضم شکمبه‌ای <sup>۱</sup> (درصد)	۵۹/۳ <sup>a</sup>	۵۲/۷ <sup>b</sup>	۵۳/۷ <sup>b</sup>	۴۸/۸ <sup>b</sup>	۱/۲۷	< ۰/۰۵
قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام هضم نشده در شکمبه (درصد)	۴۱	۴۰	۳۵/۱ <sup>b</sup>	۴۵/۱ <sup>a</sup>	۱/۸۱	< ۰/۰۵
قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (درصد)	۷۶/۳ <sup>a</sup>	۷۲/۱ <sup>b</sup>	۶۹/۹ <sup>b</sup>	۷۱/۹ <sup>b</sup>	۰/۸۴	< ۰/۰۵

۱- برای تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای، نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در شکمبه گذاری شدند. میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند.

جدول ۷- ترکیب شیمیایی دانه خلر پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

ترکیب شیمیایی	مقدار پرتوتابی (کیلوگری)					اشتباه معنی‌داری
	صفر	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	معیار	
ماده خشک (درصد)	۹۲/۲	۹۱/۹	۹۲/۳	۹۲/۴	-	-
پروتئین خام (درصد ماده خشک)	۳۱/۹	۳۱/۹	۳۲/۲	۳۲/۱	۰/۲۵	غیرمعنی‌دار
چربی خام (درصد ماده خشک)	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۰/۹	۰/۱۴	غیرمعنی‌دار
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	۳۰/۹ <sup>a</sup>	۱۵/۹ <sup>b</sup>	۱۲/۹ <sup>c</sup>	۱۱/۳ <sup>d</sup>	۰/۲۷	<۰/۰۵
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	۱۲/۴ <sup>a</sup>	۱۱/۳ <sup>b</sup>	۱۰/۹ <sup>bc</sup>	۱۰/۰ <sup>c</sup>	۰/۲۱	<۰/۰۵
خاکستر (درصد ماده خشک)	۴/۳	۴/۵	۳/۸	۳/۷	۰/۱۷	غیرمعنی‌دار
بخش‌های نیتروژن‌دار						
نیتروژن غیر پروتئینی (۶/۲۵x) (درصد پروتئین خام)	۴/۷	۵/۰	۵/۰	۳/۵	۰/۸۳	غیرمعنی‌دار
پروتئین محلول در بافر فسفات- بورات (درصد پروتئین خام)	۵۶/۰ <sup>a</sup>	۵۱/۷ <sup>ab</sup>	۵۲/۵ <sup>a</sup>	۴۸/۹ <sup>b</sup>	۰/۶۶	<۰/۰۵
پروتئین نامحلول در شوینده خنثی (درصد پروتئین خام)	۱۳/۵ <sup>a</sup>	۵/۵ <sup>b</sup>	۴/۶ <sup>b</sup>	۴/۲ <sup>b</sup>	۰/۶۷	<۰/۰۰۵
پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی (درصد پروتئین خام)	۵/۰	۴/۱	۴/۷	۴/۰	۰/۴۲	غیرمعنی‌دار

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

### دانه خلر

#### ترکیب شیمیایی و بخش‌های نیتروژن‌دار: ترکیب شیمیایی و

بخش‌های نیتروژن‌دار دانه خلر خام و پرتوتابی شده در جدول ۷ نشان داده شده است. ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر نمونه‌های پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده تفاوت معنی‌داری نداشت.

فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). بت و همکاران (۱۳)، بیان داشتند که پرتوتابی دانه موکونا با بیم الکترونی با مقادیر ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ کیلوگری، فیبر خام را کاهش داد و این کاهش ممکن است با لیگنین‌زدایی و تجزیه پلیمرهای بخش فیبری در ارتباط باشد. در مورد اثر پرتوتابی با بیم الکترونی بر ترکیب شیمیایی دانه خلر گزارشی در منابع علمی یافت نشد.

از نظر بخش‌های نیتروژن‌دار، مقدار نیتروژن غیر پروتئینی تحت تأثیر پرتوتابی با بیم الکترونی قرار نگرفت. پروتئین محلول در بافر در پرتوتابی با ۱۵۰ کیلوگری نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با ۱۰۰ کیلوگری کاهش یافت ولی بین مقدار ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگری تفاوتی وجود نداشت ( $p < 0.05$ ). علت کاهش پروتئین محلول در بافر احتمالاً واسرشتی یا ژلاتینه شدن پروتئین است (۱۲)، ولی با این حال علت رفتار متفاوت پروتئین محلول در بافر در مقادیر مختلف پرتوتابی روشن نیست. بت و همکاران (۱۳)، گزارش نمودند که پرتوتابی دانه موکونا با بیم الکترونی به مقدار ۱۵ و ۳۰ کیلوگری، پروتئین محلول در بافر را کاهش داد که علت تفاوت با نتایج تحقیق حاضر احتمالاً به خاطر تفاوت در مقدار پرتوتابی، نوع پروتئین و شرایط و روش اندازه‌گیری پروتئین محلول می‌باشد. پروتئین نامحلول در شوینده خنثی در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده کاهش

چشمگیری یافت ( $p < 0.05$ ). علت این کاهش احتمالاً به خاطر کاهش قابل ملاحظه‌ای فیبر نامحلول در شوینده خنثی بوده است. پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی گرچه در نمونه‌های پرتوتابی شده نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده به لحاظ عددی کاهش یافت ولی این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود که احتمالاً با کاهش ناچیز در فیبر نامحلول در شوینده اسیدی نمونه‌های پرتوتابی شده در ارتباط است. در مورد اثرات پرتوتابی بر بخش‌های نیتروژن‌دار دانه خلر گزارشی در منابع علمی یافت نشد.

#### فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای: فراسنجه‌های تجزیه

پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه خلر پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده در جدول ۸ نشان داده شده است. بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک و پروتئین خام در اثر پرتوتابی با مقدار ۱۵۰ کیلوگری نسبت به بقیه تیمارها کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). این کاهش احتمالاً به خاطر کاهش بیشتر فیبر نامحلول در شوینده‌ها در مقدار پرتوتابی ۱۵۰ کیلوگری و کاهش در پروتئین نامحلول در شوینده خنثی است. ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه خلر تحت تأثیر پرتوتابی قرار نگرفت.

#### قابلیت هضم: قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک و قابلیت

هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش در اثر پرتوتابی با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده با مقدار ۵۰ کیلوگری افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای ماده خشک نیز در مقدار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت ( $p < 0.05$ ).

جدول ۸- فراسنجه‌های تجزیه پذیری شکمبه‌ای و تجزیه پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه خلر پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

تجزیه پذیری مؤثر (درصد)			فراسنجه‌های تجزیه پذیری <sup>۱</sup>		
ثابت نرخ عبور (درصد در ساعت)			a	b	c
۸	۶	۴	(درصد)	(درصد)	(درصد در ساعت)
<b>ماده خشک</b>					
۶۰/۴	۶۴/۲	۷۰/۰	۳/۸	۵۸/۴ <sup>a</sup>	۴۱/۵
۶۲/۲	۶۵/۷	۷۰/۹	۴/۰	۵۳/۹ <sup>a</sup>	۴۴/۷
۶۱/۶	۶۵/۷	۷۱/۵	۵/۶	۵۹/۵ <sup>a</sup>	۳۷/۷
۶۷/۵	۷۰/۸	۷۵/۵	۶/۳	۴۷/۰ <sup>b</sup>	۴۶/۸
۱/۶۶	۱/۸۹	۲/۰۲	۱/۳۱	۱/۰۵	۲/۵۴
غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	<۰/۰۵	غیرمعنی‌دار
<b>پروتئین خام</b>					
۶۹/۴	۷۲/۵	۷۷/۲	۴/۲	۴۶/۶ <sup>ab</sup>	۵۳/۴
۷۱/۳	۷۴/۲	۷۸/۶	۴/۲	۴۳/۸ <sup>b</sup>	۵۶/۲
۷۱/۵	۷۴/۹	۷۹/۷	۵/۸	۴۷/۷ <sup>a</sup>	۵۱/۵
۷۵/۵	۷۸/۲	۸۲/۰	۵/۹	۳۸/۱ <sup>c</sup>	۵۹/۴
۱/۸۱	۱/۸۷	۱/۸۷	۰/۵۹	۰/۳۳	۰/۸۷
غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	<۰/۰۵	غیرمعنی‌دار

۱- a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه و c ثابت نرخ تجزیه. میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

پروتئین خام در سه مقدار پرتوتابی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و در مقادیر پرتوتابی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی بیشترین مقدار بود ( $P < 0.05$ ). یکی از عوامل این افزایش احتمالاً اثرات پرتوتابی بر میزان تانن دانه خلر بوده است که به عنوان یک ماده ضد تغذیه‌ای و محافظتی عمل می‌نماید.

علت افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک دانه خلر با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی احتمالاً به خاطر کاهش فیبر نامحلول در شوینده‌ها است. قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام دانه خلر تحت تأثیر پرتوتابی قرار نگرفت. قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی

جدول ۹- قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و پروتئین خام دانه خلر پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده

سطح معنی‌داری	اشتباه معیار	مقدار پرتوتابی (کیلوگرمی)				قابلیت هضم
		۱۵۰	۱۰۰	۵۰	صفر	
<b>ماده خشک</b>						
<۰/۰۵	۱/۸۴	۶۸/۳ <sup>a</sup>	۶۶/۳ <sup>a</sup>	۵۶/۸ <sup>b</sup>	۵۷/۸ <sup>b</sup>	قابلیت هضم شکمبه‌ای <sup>۱</sup> (درصد)
<۰/۰۵	۱/۴۰	۴۰/۰ <sup>a</sup>	۳۳/۴ <sup>b</sup>	۱/۳ <sup>bc</sup>	۲۳/۳ <sup>c</sup>	قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای ماده خشک هضم نشده در شکمبه (درصد)
<۰/۰۰۵	۰/۴۸	۸۰/۹ <sup>a</sup>	۷۷/۵ <sup>b</sup>	۶۹/۴ <sup>c</sup>	۶۷/۶ <sup>c</sup>	قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (درصد)
<b>پروتئین خام</b>						
غیرمعنی‌دار	۲/۰۶	۷۲/۶	۷۴/۴	۷۳/۱	۶۹/۱	قابلیت هضم شکمبه‌ای <sup>۱</sup> (درصد)
<۰/۰۵	۱/۱۹	۶۹/۱ <sup>a</sup>	۶۸/۶ <sup>a</sup>	۶۱/۷ <sup>b</sup>	۵۴/۱ <sup>c</sup>	قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین خام هضم نشده در شکمبه (درصد)
<۰/۰۵	۰/۳۲	۹۱/۵ <sup>a</sup>	۹۲/۰ <sup>a</sup>	۸۹/۷ <sup>b</sup>	۸۵/۸ <sup>c</sup>	قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (درصد)

۱- برای تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای، نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در شکمبه گذاری شدند. میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

در گزارش شورنگ و صادقی (۲۶)، پرتوتابی نخود فرنگی با اشعه گاما (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری) قابلیت هضم روده‌ای پروتئین خام را تحت تأثیر قرار نداد در حالی که در گزارش بت و همکاران (۱۳)، پرتوتابی با بیم الکترونی به مقدار ۱۵ کیلوگری باعث افزایش قابلیت هضم روده‌ای دانه موکونا شد و دلیل این افزایش، تخریب مهارکننده‌های تریپسین و کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای بیان گردید. در این گزارش همچنین بیان شد که بیم الکترونی به مقدار ۳۰ کیلوگری، قابلیت هضم روده‌ای را کاهش داد و در توضیح، افزایش ترکیبات پلی فنولیک عامل این کاهش عنوان شد. تفاوت این نتایج با نتایج تحقیق حاضر احتمالاً به خاطر طبیعت پروتئین و شرایط عمل‌آوری بوده است. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر به نظر می‌رسد که بیم الکترونی موجب بهبود کیفیت پروتئین دانه خلر شده است.

### نتیجه‌گیری

تأثیر پرتوتابی بر ویژگی‌های تغذیه‌ای مکمل‌های پروتئینی به ساختار شیمیایی پروتئین، حالت فیزیکی و شرایط پرتوتابی بستگی دارد. غلظت پروتئین، حضور اکسیژن و ساختارهای چهارگانه پروتئین

### منابع

نیز از فاکتورهای مؤثر می‌باشند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پرتوتابی با کاهش ثابت نرخ تجزیه‌ی پروتئین خام باعث کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام در کنجاله سویا و کلزا شد. پرتوتابی در مقادیر کمتر از ۱۵۰ کیلوگری باعث کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه‌ی پروتئین خام کنجاله کلزا شد. قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای و قابلیت هضم کل دستگاه گوارشی پروتئین خام دانه خلر نیز در هر سه مقدار پرتوتابی نسبت به دانه خلر پرتوتابی نشده افزایش یافت. بر اساس نتایج، مناسب‌ترین مقدار پرتوتابی برای بهبود کیفیت پروتئین در کنجاله سویا، کنجاله کلزا و دانه خلر ۱۰۰ کیلوگری بود و در مجموع پرتوتابی با بیم الکترونی در دانه خلر با توجه به افزایش قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی پروتئین خام، مفیدتر واقع شد. در ادامه پیشنهاد می‌شود که اثرات بیم الکترونی به طور گسترده‌تری با مقادیر متفاوت و به روش‌های مختلف درون‌تنی، آزمایشگاهی، درون کیسه‌ای و تولید گاز بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، قابلیت‌های هضم و ترکیبات شیمیایی خوراکی‌ها و همچنین اثرات بیم الکترونی بر ساختارهای پروتئینی و عوامل ضد تغذیه‌ای خوراکی‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

- ۱- تیموری یانسری، ا.، ص. کریم زاده، و ح. میرزایی. ۱۳۸۴. تغذیه کاربردی گاو شیری. چاپ اول. انتشارات آوای مسیح ساری.
- ۲- فرهومند، پ. ۱۳۸۱. غذاهای دام و طیور: روش‌های فرآوری و نگهداری آنها (تغذیه ۲). چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی استان آذربایجان غربی.
- ۳- نیکخواه، ع. و ح. امانلو. ۱۳۷۰. اهمیت پروتئین مواد خوراکی برای نشخوارکنندگان (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی زنجان.
- ۴- نیکخواه، ع. و ع. محرری. ۱۳۷۵. تغذیه پروتئین در نشخوارکنندگان (ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- 5- Adesogan, A. T. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in Ankom DaisyII incubators. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119, 333-344.
- 6- Akbarian, A., G. Ghorbani, M. Khorvash, P. Showrang, M. Dehghan-Banadaky, and M. Jafari. 2010. Production response of Holstein lactating cows to roasted or electron beam irradiated whole soybean. *J. Anim. Sci.* 88, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* 93, E-Suppl. 1/*Poult. Sci.* 89, E-Suppl. 1. pp. 441.
- 7- Al-Masri, M. R., and M. Zarkawi. 1999. Changes in digestible energy values of some agricultural residues treated with gamma irradiation. *Appl. Radiat. Isot.* 50: 883-885.
- 8- Al-Masri, M. R. 1999. In vitro digestible energy of some agricultural residues, as influenced by gamma irradiation and sodium hydroxide. *Appl. Radiat. Isot.* 50: 295-301.
- 9- Al-Masri, M. R., and K. D. Guenther. 1999. Changes in digestibility and cell-wall constituents of some agricultural by-products due to gamma irradiation and urea treatments. *Radiat. Phys. Chem.* 55: 323-329.
- 10- Al-Masri, M. R., and M. Zarkawi. 1994. Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues. *Radiat. Phys. Chem.* 44(6): 661-663.
- 11- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- 12- Arvanitoyannis, I. S. 2010. Irradiation of food commodities: techniques, applications, detection, legislation, safety and consumer opinion. Elsevier's Science and Technology Rights Department in Oxford, UK. [On-line]. [www.elsevierdirect.com](http://www.elsevierdirect.com). [2010].
- 13- Bhat, R., K. R. Sridhar, C. C. Young, A. A. Bhagwath, and S. Ganesh. 2008. Composition and functional properties of raw and electron beam-irradiated *Mucuna pruriens* seeds. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43: 1338-1351.
- 14- De Souza, G. B., A. R. A. Nogueira, V. R. Del-Santo, C. M. C. Picchi, E. S. Guimaraes, and W. B. Jr. 2009. Proficiency testing of animal nutrition laboratories. *Accred. Qual. Assur.* 14: 455-460.
- 15- Ebrahimi, S. R., A. Nikkhah, A. A. Sadeghi, and G. Raisali. 2009. Chemical composition, secondary compounds,

- ruminal degradation and in vitro crude protein digestibility of gamma irradiated canola seed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151: 184-193.
- 16- Gonzalez, J., S. Andres, C. A. Rodriguez, and M. R. Alvir. 2002. In situ evaluation of the protein value of soybean meal and processed full fat soybeans for ruminants. *Anim. Res.* 51: 455-464.
  - 17- Licitra, G., T. M. Hernandez, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57: 347-358.
  - 18- Muscato, T. V., C. J. Sniffen, U. Krishnamoorthy, and P. J. Van Soest. 1983. Amino acid content of non-cell and cell wall fractions in feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 66: 2198-2207.
  - 19- Nunoo, P. 2009. Pasting of g-irradiated proteins from vigna subterranean in native starch models and the surface functional properties of the proteins. Thesis of the master of science (MSc.), College of Science, University of Science and Technology, Kumasi.
  - 20- Ørskov, E. R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503.
  - 21- Sadeghi, A. A., and P. Shawrang. 2007. Effect of electron beam irradiation on ruminal DM and NDF degradation characteristics of wheat and barley straws. *J. Anim. Sci.* 85, Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* 90, Suppl. 1/*Poult. Sci.* 86, Suppl. 1. pp. 120.
  - 22- Sadeghi, A. A., and Shawrang, P. 2006. Effects of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of canola meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 127: 45-54.
  - 23- Sadeghi, A. A., A. Nikkhah, and P. Shawrang. 2005. Effects of microwave irradiation on ruminal degradation and in vitro digestibility of soya-bean meal. *J. Anim. Sci.* 80: 369-375.
  - 24- SAS Institute Inc. 2003. Statistical Analysis System (SAS) User's Guide, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
  - 25- Shahbazi, H. R., A. A. Sadeghi, H. Fazaeli, G. Raisali, M. Chamani, and P. Shawrang. 2008. Effects of electron beam irradiation on ruminal NDF and ADF degradation characteristics of barley straw. *J. Anim. Vet. Adv.* 7(4): 464-468.
  - 26- Shawrang, P., and A. A. Sadeghi. 2008. Effects of gamma irradiation on protein degradation characteristics of pea. Proceedings, the British Society of Animal Science. 31 March-2 April, 2008, Scarborough. pp. 217.
  - 27- Shawrang, P., A. Nikkhah, A. A. Sadeghi, A. Zareh, and G. Raisali. 2006. Monitoring the fate of gamma irradiated canola meal proteins in the rumen. *J. Anim. Sci.* 84, Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* 89, Suppl. 1. pp. 368.
  - 28- Shawrang, P., A. Nikkhah, A. Zare-Shahneh, A. A. Sadeghi, G. Raisali, and M. Moradi-Shahrehabak. 2008. Effects of gamma irradiation on chemical composition and ruminal protein degradation of canola meal. *Radiat. Phys. Chem.* 77: 918-922.
  - 29- Shawrang, P., A. Nikkhah, A. Zare-Shahneh, A. A. Sadeghi, G. Raisali, and M. Moradi-Shahrehabak. 2007. Effects of gamma irradiation on protein degradation of soybean meal in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 134: 140-151.
  - 30- Taghinejad, M. 2009. Nutritional quality of gamma and electron beam-irradiated canola meal. EAAP-60th Annual Meeting, August 24-27, 2009, Barcelona, Spain. pp. 570.
  - 31- Taghinejad, M., A. Nikkhah, A. A. Sadeghi, G. Raisali, and M. Chamani. 2009. Effects of gamma irradiation on chemical composition, antinutritional factors, ruminal degradation and in vitro protein digestibility of full-fat soybean. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* [On-line]. <http://www.thefreelibrary.com>. [2010].
  - 32- Taghinejad, M., P. Shawrang, A. Rezapour, A. A. Sadeghi, and S. R. Ebrahimi. 2009. Changes in anti-nutritional factors, ruminal degradability and in vitro protein digestibility of gamma irradiated canola meal. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(7): 1298-1304.
  - 33- Taghinejad, M., S. R. Ebrahimi, S. Azizi, and P. Shawrang. 2010. Effects of electron beam irradiation on chemical composition, antinutritional factors, ruminal degradation and in vitro protein digestibility of canola meal. *Radiat. Phys. Chem.* 79: 1264-1269.
  - 34- Xin, L. Z., and M. Kumakura. 1993. Effect of radiation pretreatment on enzymatic hydrolysis of rice straw with low concentrations of alkali solution. *Bioresour. Technol.* 43: 13-17.