# اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی باگاس نیشکر

حسین رضا شهبازی*[۱]، علی اصغر صادقی[۲]، حسن فضائلی[۳]، غلام رضا رئیس علی[۴] و محمد چمنی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۷/۲۱)

## چکیده

**در این تحقیق، نمونه‌های باگاس نیشکر با مقادیر مختلف (صفر ،۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری) توسط یک شتاب‌دهنده الکترونی مدل $TT_{200}$، جهت ارزیابی آثار پرتو الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی، پرتوتابی شدند. نمونه‌ها جهت تجزیه شیمیایی ابتدا خشک و سپس آسیاب شدند. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نمونه‌ها با روش کیسه‌های نایلونی در ۳ رأس گاو فیستولاگذاری شده با وزن ۴۰۰ کیلوگرم در زمان‌های صفر، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل با مدل غیرخطی ارسکوف و مکدونالد جهت محاسبه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی برازش گردید. تجزیه آماری داده‌های مربوط به فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. پس از تجزیه واریانس با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی، میانگین‌ها با آزمون جدید چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. با افزایش دز پرتوتابی الکترونی، بخش سریع تجزیه (a) ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی به صورت خطی افزایش یافت. در حالی که بخش کند تجزیه (b) الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی و ثابت نرخ تجزیه‌پذیری (c) ماده خشک ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی با افزایش دز پرتوتابی به طور خطی افزایش یافت. پرتو الکترونی با دزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری، تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی را به ترتیب به مقدار ۷، ۱۱ و ۱۶ ; ۲، ۵ و ۷ ; ۳، ۷ و ۱۰ درصد در نرخ عبور ۵ درصد در ساعت (r) افزایش داد.**

**واژه‌های کلیدی: پرتوتابی الکترونی، باگاس نیشکر، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی**

۱. دانشجوی سابق دکتری علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران و در حال حاضر استادیار علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه

۲. استادیاران علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۳. دانشیار مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج

۴. دانشیار سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hossein_shahbazi39@yahoo.com



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

## مقدمه

باگاس نیشکر، یکی از پسماندهای ساقه نیشکر می‌باشد که پس از عصاره‌گیری از ساقه گیاه بر جا می‌ماند. این پسماند، ماهیت فیبری داشته و از آن برای مصارف سوخت، کاغذسازی، مصالح ساختمانی و تهیه کود آلی استفاده می‌شود. هم‌چنین به عنوان بستر برای تولید قارچ‌های خوراکی، تولید پروتئین تک سلولی و نیز در تغذیه نشخوارکنندگان مورد مصرف دارد (۱۵). در ایران نیز، سالیانه حجم انبوهی از باگاس نیشکر تولید می‌شود که عمدتاً به استان خوزستان اختصاص دارد. هر چند که مصرف باگاس، به عنوان بخشی از مواد فیبری جیره غذایی دام‌ها مرسوم شده، ولی به دلیل ماهیت فیزیکوشیمیایی، قابلیت تجزیه‌پذیری و ضریب هضم آن بسیار پایین است. مانند سایر مواد خشبی، در مورد بهبود ارزش تغذیه‌ای باگاس نیشکر نیز تا کنون پژوهش‌هایی انجام گرفته است و چندین روش عمل‌آوری به منظور بالا بردن قابلیت هضم و افزایش خوش خوراکی آن مورد بررسی قرار گرفته است.

روش‌های عمل‌آوری مختلفی برای افزایش تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه‌ها و مواد فیبری وجود دارد. از جمله می‌توان به عمل‌آوری‌های شیمیایی (استفاده از سود (۱۳)، اوره و آمونیاک (۳۱)، اکسیدکلسیم، پراکسید هیدروژن (۱۸ و ۳۱)، عمل‌آوری فیزیکی ( بخار آب همراه با فشار (۵)، پرتو گاما به تنهایی (۳) و یا توأم با عمل‌آوری شیمیایی (۲)، و هم‌چنین عمل‌آوری آنزیمی (با استفاده از قارچ‌ها، عوامل میکروبی و آنزیم‌های تجاری) اشاره کرد (۱۰). هر کدام از این عمل‌آوری‌ها دارای مزایا و معایب هستند. بالا بودن هزینه‌ها، آلودگی محیط زیست، عدم سهولت کاربرد در سطح وسیع و عدم صنعتی شدن از جمله محدودیت‌های بازدارنده در توسعه روش‌های عمل‌آوری مواد خشبی محسوب می‌شوند (۶ و ۸). کاربرد روش‌های بیوفن‌آوری نیز مفید بوده که امروزه در بعضی کشورها استفاده می‌شود، لیکن هزینه زیادی را در بردارد. طی سال‌های اخیر، روش پرتوتابی مورد توجه و بررسی قرار گرفته است و امید می‌رود بتوان از آن جهت عمل‌آوری پسماندهای کشاورزی به منظور تغذیه دام استفاده نمود (۱۱).

پرتوتابی، یک روش عمل‌آوری مواد خوراکی می‌باشد که اثر حفاظتی روی مواد خوراکی دارد (۲۱). اما تا کنون تحقیقات بسیار محدودی در ارتباط با اثر پرتو تابی الکترونی بر مواد خوراکی دام و طیور به‌ویژه ترکیبات سلولزی انجام شده است. در آزمایشی که اثر پرتوتابی الکترونی بر ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری باگاس نیشکر بررسی شد، از دزهای ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگری استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که مقادیر تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی افزایش پیدا کرده است (۳۲). با توجه به این‌که در این زمینه اطلاعات بسیار محدود می‌باشد، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر سه سطح پرتوتابی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری باگاس نیشکر انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

### تهیه و پرتوتابی نمونه‌ها

از یک توده باگاس نیشکر شرکت کشت و صنعت هفت تپه واقع در استان خوزستان نمونه‌های مورد نیاز تهیه شدند. برای نمونه‌برداری از یک توده از جوانب مختلف آن به عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر به تعداد ۱۰ نقطه نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس نمونه‌ها با هم مخلوط و در داخل کیسه‌های نایلونی نگه‌داری شدند. نمونه‌ها به مرکز پرتو فرآیند یزد انتقال داده شدند و عمل پرتوتابی روی آنها با دستگاه رودوترون مدل $TT_{200}$ انجام گرفت. نمونه‌های خوراک در معرض پرتو الکترونی با سه دز ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرمی قرار داده شدند. انرژی باریکه الکترونی ۱۰ مگا الکترون ولت بود و جریان باریکه الکترونی روی ۶ میلی‌آمپر تنظیم (۹ و ۱۷) و روش پرتودهی به صورت یک طرفه انجام شد. برای تأمین دز مورد نیاز، نمونه‌ها در چند مرحله پرتودهی شدند.

ابتدا ترکیبات شیمیایی نمونه‌های عمل‌آوری شده و هم‌چنین نمونه‌های شاهد به روش تجزیه شیمیایی تعیین گردید. ترکیبات



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

شیمیایی مورد نیاز در این آزمایش شامل تعیین درصد رطوبت و ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، بر اساس روش AOAC (۴) با ۳ تکرار، اندازه‌گیری شد.

برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری نمونه‌ها از سه رأس گاو نر بالغ تالشی با میانگین وزن زنده ۴۰۰ کیلوگرم دارای فیستولای شکمبه‌ای به قطر ۲۱ ×۹ استفاده شد. گاوها در سطح نگه‌داری و با استفاده از خوراک‌های رایج (کاه، جو و یونجه) تغذیه شدند. جیره مصرفی بر اساس ۷۰ درصد ماده خشک علوفه و ۳۰ درصد کنسانتره (بر حسب ماده خشک) تهیه و در اختیار دام‌ها قرار گرفت. بخش کنسانتره از جو خرد شده، کنجاله سویا، کنجاله پنبه دانه، سبوس گندم، نمک، مخلوط ویتامین‌ها و مواد معدنی و بخش علوفه با استفاده از یونجه خشک تأمین شد.

بعد از یک هفته عادت‌دهی، جیره‌ها در دو وعده مساوی در ساعت ۸ و بعد از ظهر ساعت ۱۵ در اختیار دام‌ها قرار داده می‌شد. آب و سنگ نمک به طور دائم در اختیار دام قرار داشت.

مقدار ۴/۵ گرم نمونه درکیسه‌هایی از جنس پلی استر که به ابعاد ۲۱×۹ سانتی‌متر با قطر منافذ ۴۵ میکرومتر بود در هرکیسه ریخته شد. کیسه‌های حاوی نمونه به لوله‌های لاستیکی نرم و قابل انعطافی بسته و از طریق فیستولای شکمبه‌ای شکمبه‌گذاری گردیدند. برای زمان‌ها شامل صفر، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت برای هر نمونه، شش تکرار (سه راس گاو × ۲ کیسه در هر گاو) در نظر گرفته شد (۱۲و۱۶). همه کیسه‌های مربوط به یک دوره زمانی معین به طور هم زمان و دقیقاً قبل از این که حیوانات اولین وعده خوراک روزانه خود را دریافت کنند (۸ صبح)، کیسه‌گذاری شدند. پس از خارج کردن کیسه‌ها و شستشو با آب، کیسه‌ها در آون (۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) خشک و ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی آن اندازه‌گیری شد. تفاوت وزن ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در نمونه اولیه و باقی‌مانده کیسه‌ها پس از انکوباسیون به عنوان مقدار ناپدید شدن در طی زمان انکوباسیون محاسبه گردید (۳۳). ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی به روش AOAC اندازه‌گیری و مقدار ناپدید شدن آن در ساعات مختلف انکوباسیون محاسبه شد (۴).

با استفاده از رابطه غیر خطی ارسکوف و مکدونالد (۲۲) و نرم افزار SAS، فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، برازش گردید.

رابطه۱ $p = a + b(1- e^{-ct})$

رابطه۲ $ED= a + bc/(c+r)$

p: تجزیه‌پذیری بالقوه

a: بخش سریع تجزیه

b: بخش کند تجزیه

c: ثابت نرخ تجزیه‌پذیری در واحد زمان

ED: تجزیه‌پذیری مؤثر

r: سرعت عبور مواد از شکمبه می‌باشد.

در این دو رابطه به ترتیب تجزیه‌پذیری بالقوه و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در نرخ‌های عبور فرضی ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت (r) محاسبه شد (۱). تجزیه آماری داده‌های مربوط به فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر با استفاده از نرم افزار Proc GLM, SAS (۲۶) انجام شد. پس از تجزیه واریانس با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند (۲۸). هم‌چنین با استفاده از تجزیه عینی مشاهدات و ضرایب مقایسات مستقل، وجود یا عدم وجود روابط خطی، درجه یک، درجه دو و درجه سه مورد آزمون قرار گرفت.

## نتایج

### اثر پرتوتابی الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک

فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک مواد خوراکی شاهد و پرتوتابی شده در جدول ۱ نشان



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

**جدول ۱. اثر پرتوتابی بر تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک باگاس نیشکر**

| فراسنجه‌های تجزیه پذیری | شاهد | پرتو تابی شده (کیلوگری) | | | خطای معیار | ارتوگونال کنتراست | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۳۰۰ | | خطی | درجه دو | درجه ۳ |
| بخش سریع تجزیه (درصد) | ۱۹/۰۸ | ۲۴/۵۹ | ۳۰/۴۷ | ۳۳/۸۴ | ۰/۷۴۸ | * | NS | NS |
| بخش کند تجزیه (درصد) | ۲۵/۹۳ | ۳۱/۳۹ | ۲۵/۴۴ | ۳۰/۴۵ | ۰/۷۴۵ | * | * | NS |
| ثابت نرخ تجزیه پذیری (در ساعت) | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۰۱۵ | * | * | NS |
| تجزیه‌پذیری موثر | | | | | | | | |
| نرخ عبور ۲ درصد در ساعت | ۳۴/۳۹ | ۴۲/۰۳ | ۴۵/۳۲ | ۵۱/۴ | ۰/۱۶۶ | * | NS | NS |
| نرخ عبور ۵ درصد در ساعت | ۲۸/۵۶ | ۳۵/۰۶ | ۳۹/۶۲ | ۴۴/۵۸ | ۰/۲۹۱ | * | NS | NS |
| نرخ عبور ۸ درصد در ساعت | ۲۵/۹۵ | ۳۲/۰۷ | ۳۷/۰۹ | ۴۱/۵۸ | ۰/۳۸۵ | * | NS | NS |

داده شده است.

با افزایش دز پرتو الکترونی، بخش سریع تجزیه ماده خشک به طور خطی افزایش یافت (P<۰/۰۲۲۱). هم‌چنین این بخش در خوراک پرتوتابی شده بیش از خوراک شاهد بود. بخش کند تجزیه در دز ۲۰۰ کیلوگری کاهش وسپس در دز ۳۰۰ کیلوگری افزایش یافت.

ثابت نرخ تجزیه‌پذیری بخش کند تجزیه (c) ماده خشک باگاس نیشکر پرتوتابی شده کمتر از خوراک شاهد بود. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در نرخ‌های عبور مواد از شکمبه (۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت) به طور خطی با افزایش دز پرتوتابی افزایش یافت (P <۰/۰۳۷۹).

**اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر ناپدیدشدن ماده خشک**

اطلاعات ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که بین میانگین‌های درصد ناپدیدی ماده خشک تیمارها در تمام زمان‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P <۰/۰۳۳۳). با افزایش زمان انکوباسیون نمونه‌ها در شکمبه، درصد ناپدیدشدن ماده خشک برای هر تیمار افزایش یافت.

**اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده خنثی**

بخش سریع تجزیه با افزایش دز پرتوتابی افزایش یافت. بخش کند تجزیه در دز ۲۰۰ کیلوگری کاهش و سپس در دز ۳۰۰ کیلوگری افزایش یافت. بیشترین ثابت نرخ تجزیه‌پذیری بخش کند تجزیه به دزهای ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرمی (تیمارهای ۳ و۴) اختصاص داشت (جدول ۳). تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ های عبور مواد از شکمبه (۲، ۵، و ۸ درصد در ساعت) به طور خطی با افزایش دز پرتوتابی افزایش یافت (P <۰/۰۱۷۸).



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

**جدول ۲. ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک نمونه‌های باگاس نیشکر در ساعت‌های مختلف**

| دزهای پرتوتابی | ۰ | ۶ | ۱۲ | ۲۴ | ۴۸ | ۷۲ | ۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عمل آوری نشده | ۱۹/۹[d] | ۲۲/۱۲[d] | ۲۵/۸۷[d] | ۳۳/۵۸[d] | ۳۷/۹۸[d] | ۴۱/۶۷[d] | ۴۳/۴۸[d] |
| ۱۰۰ کیلوگری | ۲۵/۳۵[c] | ۲۷/۵۷[c] | ۳۲/۸۲[c] | ۳۹/۶۳[c] | ۴۶/۲۶[c] | ۵۰/۵۹[c] | ۵۳/۲۹[c] |
| ۲۰۰ کیلوگری | ۳۰/۵۵[b] | ۳۳/۹۲[b] | ۳۷/۸۲[b] | ۴۴/۰۴[b] | ۴۸/۲[b] | ۵۲/۵۱[b] | ۵۴/۵۵[b] |
| ۳۰۰ کیلوگری | ۳۴/۱۲[a] | ۳۷/۵۳[a] | ۴۲/۶۳[a] | ۴۹/۴۱[a] | ۵۵/۴[a] | ۵۹/۵۴[a] | ۶۲/۵۹[a] |
| خطای معیار | ۰/۷۹۴ | ۰/۷۵ | ۰/۳۱۴ | ۰/۲۴۶ | ۰/۵۳۸ | ۰/۲۹۱ | ۰/۴۳۵ |

درج حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری برابر ۵ ٪ است.

**جدول ۳. اثر پرتوتابی بر تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده خنثی باگاس نیشکر**

| فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری | شاهد | پرتو تابی شده (کیلوگری) | | | خطای معیار | اارتوگونال کنتراست | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۳۰۰ | | خطی | درجه دو | درجه ۳ |
| بخش سریع تجزیه (درصد) | ۱/۵۱ | ۲/۶۳ | ۴/۸ | ۵/۱۷ | ۰/۲ | * | NS | NS |
| بخش کند تجزیه (درصد) | ۲۶/۵۳ | ۲۹/۵۱ | ۲۸/۸۱ | ۲۹/۵۷ | ۰/۱۷۶ | * | * | NS |
| ثابت نرخ تجزیه پذیری (در ساعت) | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۰۰۶ | * | * | * |
| تجزیه پذیری مؤثر | | | | | | | | |
| نرخ عبور ۲ درصد در ساعت | ۱۶/۹ | ۱۹/۷۲ | ۲۲/۱ | ۲۳/۹۴ | ۰/۱۷۵ | * | NS | NS |
| نرخ عبور ۵ درصد در ساعت | ۱۰/۹۶ | ۱۳/۱ | ۱۵/۶ | ۱۷/۳ | ۰/۱۸۷ | * | NS | NS |
| نرخ عبور ۸ درصد در ساعت | ۸/۳۳ | ۱۰/۱۸ | ۱۲/۶۷ | ۱۴/۱۳ | ۰/۱۹۲ | * | NS | NS |

**اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر ناپدیدشدن الیاف نامحلول در شوینده خنثی**

نتایج مقایسه میانگین‌های درصد ناپدیدشدن الیاف نامحلول در شوینده خنثی نشان داد که در همه زمان‌ها به‌جز زمان صفر، بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). با افزایش زمان انکوباسیون نمونه‌ها در شکمبه، درصد ناپدیدشدن برای هر تیمار افزایش یافت.

**اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثرالیاف نامحلول در شوینده خنثی باگاس نیشکر**

بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه‌پذیری بخش کند تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده خنثی، با افزایش



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

**جدول ۴. ناپدید شدن شکمبه‌ای الیاف نامحلول در شوینده خنثی نمونه‌های باگاس نیشکر در ساعت‌های مختلف**

| دزهای پرتوتابی | ۰ | ۶ | ۱۲ | ۲۴ | ۴۸ | ۷۲ | ۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عمل آوری نشده | ۲/۴۸[c] | ۴/۷۳[d] | ۷/۸۵[d] | ۱۵/۳۹[d] | ۲۱/۲۱[d] | ۲۴/۵۸[d] | ۲۵/۸۳[d] |
| ۱۰۰ کیلوگری | ۳/۴۹[b] | ۶/۵۵[c] | ۹/۷۲[c] | ۱۷/۶۱[c] | ۲۴/۶۷[c] | ۲۸/۲۷[c] | ۲۹/۶۱[c] |
| ۲۰۰ کیلوگری | ۵/۸۷[a] | ۸/۵۶[b] | ۱۲/۴۸[b] | ۲۰/۳۵[b] | ۲۷/۳۶[b] | ۳۰/۵۲[b] | ۳۱/۴۶[b] |
| ۳۰۰ کیلوگری | ۵/۵۱[a] | ۹/۶۶[a] | ۱۶/۲۹[a] | ۲۱/۵[a] | ۲۹/۲۸[a] | ۳۲/۴۱[a] | ۳۳/۵۸[a] |
| خطای معیار | ۰/۲۸۷ | ۰/۱۷۳ | ۰/۲۱۱ | ۰/۲۷۷ | ۰/۱۸۳ | ۰/۳۱۳ | ۰/۱۲۳ |

درج حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری برابر ۵ ٪ است.

دز پرتوتابی افزایش یافت (جدول ۵). بخش کند تجزیه در دز ۱۰۰ کیلوگری بیشتر از دزهای دیگر بود.

### اثر پرتوتابی بیم الکترونی بر ناپدیدشدن الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

با افزایش دز پرتوتابی، درصد ناپدید شدن الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در زمان‌های مختلف انکوباسیون افزایش یافت. بیشترین مقدار ناپدیدی در دز ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری پرتو الکترونی بود ($P < ۰/۰۲۳۵$). بین درصد ناپدیدشدن تیمارها در تمام زمان‌ها به‌جز زمان ۹۶ ساعت انکوباسیون، تفاوت معنی‌داری($P < ۰/۰۱۸$) دیده شد (جدول ۶). در زمان ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه، دزهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند.

## بحث

پرتوتابی، یک روش فیزیکی جهت بهبود ارزش تغذیه‌ای و قابلیت هضم مواد خوراکی، به دلیل اثراتش بر پیوندهای لیگنوسلولزی می‌باشد. اثر پرتوتابی گاما بر قابلیت هضم مواد آلی و قابلیت هضم انرژی کاه گندم، چوب پنبه، تفاله زیتون و تفاله سیب مثبت ارزیابی شده است (۲). پرتوتابی سلولز با پرتوهای کاتدی با ولتاژ بالا سبب دپلیمریزاسیون، کاهش ساختار کریستالی و تجزیه زیاد خمیر چوب و سلولز پنبه می‌شود (۱۹). پرتوتابی الکترونی با باریکه انرژی ۴ مگا الکترون ولت باعث تجزیه زنجیره‌ها، گروه‌های اسیدی و کربونیل سلولز پنبه شد (۱۹). پرتوتابی الکترونی در دزهای ۸۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگری، سبب تغییر معنی‌داری در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و قابلیت هضم پسماندهای فیبری باگاس نیشکر شد (۳۲). تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک باگاس نیشکر به مقدار ۲۴ درصد افزایش یافت. پرتوهای گاما با دز بیشتر از ۱۰۰ کیلوگری موجب افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر کاه برنج، یونجه و پوسته پنبه دانه شد (۲۰).

پرتوتابی یونی موجب تجزیه سلولز به دو روش مستقیم و غیر مستقیم می‌شود. روش مستقیم، اثرات متقابل پرتو یونی با سلولز می‌باشد، که باعث شکاف مولکولی و در نتیجه تجزیه سلولز می‌شود. برای این واکنش به اکسیژن نیازی نیست. روش غیر مستقیم از طریق پرتوتابی آب اتفاق می‌افتد. به طوری که پرتوها سبب تولید رادیکال هیدروکسیل(•OH) شده و این رادیکال خود موجب عمل آبکافت اتصالات هیدرولیزی می‌شود، به نحوی که شرایط برای تجزیه میکروبی فراهم می‌شود. یکی از دلایل عمده افزایش تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی مواد خوراکی آزمایشی پرتوتابی شده، تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل در اثر برخورد پرتوهای الکترونی به آب موجود در خوراک‌ها می‌باشد. به طوری که این رادیکال‌ها شرایط را برای آبکافت اتصالات گلیکوزیدی و تجزیه میکروبی فراهم می‌کنند (۲۴و۲۵).

پرتو گاما موجب افزایش قابلیت هضم ماده آلی کاه گندم



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

**جدول ۵. اثر پرتوتابی بر تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی باگاس نیشکر**

| فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری | شاهد | پرتو تابی شده (کیلوگری) | | | خطای معیار | ارتوگونال کنتراست | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۳۰۰ | | خطی | درجه دو | درجه سه |
| بخش سریع تجزیه ( درصد ) | ۵/۴۹ | ۸/۲۸ | ۱۰/۸۳ | ۱۱/۷۴ | ۰/۲۶ | * | NS | NS |
| بخش کند تجزیه (درصد) | ۴۰/۷۹ | ۴۹/۳۵ | ۴۳/۳۱ | ۴۵/۲۷ | ۰/۵۶۹ | * | * | NS |
| ثابت نرخ تجزیه پذیری ( در ساعت ) | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۰۰۶ | * | * | NS |
| تجزیه پذیری مؤثر | | | | | | | | |
| نرخ عبور ۲ درصد در ساعت | ۲۸/۵۲ | ۳۳/۲۹ | ۳۶/۱ | ۳۹/۳۸ | ۰/۱۰۵ | * | NS | NS |
| نرخ عبور ۵ درصد در ساعت | ۱۹/۴۱ | ۲۲/۶۶ | ۲۶/۳۷ | ۲۹/۱۹ | ۰/۱۳۴ | * | NS | NS |
| نرخ عبور ۸ درصد در ساعت | ۱۵/۴۵ | ۱۸/۳۷ | ۲۲/۰۵ | ۲۴/۴۹ | ۰/۱۴۵ | * | NS | NS |

**جدول ۶. ناپدید شدن شکمبه‌ای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نمونه‌های باگاس نیشکر در ساعت‌های مختلف**

| دزهای پرتوتابی | ۰ | ۶ | ۱۲ | ۲۴ | ۴۸ | ۷۲ | ۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عمل‌آوری نشده | ۶/۷۵[d] | ۱۰/۴[d] | ۱۴/۵۷[d] | ۲۵/۸۵[d] | ۳۵/۵[d] | ۳۹/۶۴[d] | ۴۲/۶۱[c] |
| ۱۰۰ کیلوگری | ۹/۵۱[c] | ۱۳/۰۹[c] | ۱۷/۶[c] | ۲۸/۵۱[c] | ۳۹/۵۸[c] | ۴۶/۴۹[c] | ۵۰/۴۵[b] |
| ۲۰۰ کیلوگری | ۱۲/۵۹[b] | ۱۷/۱۹[b] | ۱۹/۴۵[b] | ۳۳/۲۴[b] | ۴۵/۳۵[b] | ۴۷/۶۳[b] | ۵۰/۴۹[b] |
| ۳۰۰ کیلوگری | ۱۳/۳۷[a] | ۱۸/۴۸[a] | ۲۳/۳۷[a] | ۳۷/۲۷[a] | ۴۸/۵۶[a] | ۵۱/۲۴[a] | ۵۴/۶[a] |
| خطای معیار | ۰/۲ | ۰/۱۸۳ | ۰/۳۴۸ | ۰/۴۵۵ | ۰/۳۸۲ | ۰/۳۰۷ | ۰/۲۲۸ |

درج حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری برابر ۵ ٪ است.

همراه با کاهش معنی‌داری در مقدار فیبر خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی گردید (۳۰). در یک آزمایش تغذیه‌ای، بره‌های نر با کاه جو عمل‌آوری شده با دز ۳۷۰ کیلوگری پرتو گاما، مورد تغذیه قرار گرفتند، مشاهده شد که ناپدیدشدن الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ماده خشک به طور معنی‌داری به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد (۱). گزارش شده است که حلالیت و قابلیت هضم کاه گندم با پرتو گاما افزایش می‌یابد (۲۳). محققان، نشان دادند که حلالیت و قابلیت هضم ماده خشک باگاس نیشکر با دز ۵۰۰ کیلوگری پرتوگاما افزایش یافته است (۱۴). پرتوتابی گاما با دزهای بالاتر از ۵۰ کیلوگری در افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک توسط دیگران نیز گزارش شده است (۲۷).

پرتوتابی سلولز با بیم الکترونی منجر به تغییراتی در ساختمان آن می‌شود. این بهبود ممکن است ناشی از چندین عامل از جمله واکنش رادیکال‌های یک یا دو مولکول گلوکز در ساختمان آن باشد. شکستن پیوند ( بتا- ۱،۴) رادیکال می‌تواند



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

منجر به شکستن پیوند گلیکوزیدی شود. در هر دو حالت، از این عمل شکافت گروه کربونیل حاصل می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که عمل تجزیه یک مولکول حاصل از رادیکال اولیه به طور مؤثر قابل رقابت با تجزیه توسط اکسیژن است. احتمالاً تشکیل رادیکال مرکزی کربن عامل دیگری در تخریب اولیه مولکول سلولز حاصل از پرتوفرآوری می‌باشد (در هر دو حالت مایع و جامد)، به این صورت که با حذف اتم هیدروژن از پیوند کربوهیدرات‌ها رادیکال‌ها تولید می‌شوند (۲۵).

بحث مهم این است که آیا پرتوتابی سلولز، تجزیه میکروبی آن را کاهش می‌دهد یا خیر؟ دلایلی مبنی بر شاخه دار شدن سلولز در اثر پرتوتابی وجود دارد. تشکیل گروه‌های احیاءکننده از جمله گلوکز با افزایش دز پرتوتابی، نشان دهنده دپلیمریزاسیون زنجیره اصلی سلولز است. در دز ۲۹۰۰ کیلوگری پرتو الکترونی، سلولز به طور کامل حل شده و تولیدات تخمیری کاهش می‌یابند به طوری که طول زنجیره بسیار کوتاه می‌شود. این بحث مطرح است که پرتوتابی چوب در دز بالا، اگرچه سلولز را به طور کامل نسبت به حمله باکتری‌ها آسیب‌پذیر می‌کند، اما طول زنجیره بسیار کوتاه می‌شود، به طوری که عمل تخمیر به آسانی روی نخواهد داد. زیرا در دز بالا، اندازه ذرات (ابعاد سلولی) بسیار کوچک می‌شود (تا ۶ میکرون)، وثابت شده است که ابعاد سلولز بایستی در حدی باشد که در معرض تخمیر باکتریایی قرار گیرد. مطالعات بعدی نشان داد که اثرات پرتوتابی در محدود کردن تجزیه میکروبی سلولز، منحصر به استفاده از دزهای بسیار بالا است (بالاتر از ۱۵۰۰ کیلوگری)، به شکلی که سلولز را به طور کامل حل کرده و طول زنجیره به قدری کوتاه می‌شود که تخمیر باکتریایی را کاهش می‌دهد. اما به طور کلی، پرتوتابی یونی در دزهای پایین‌تر از ۱۰۰۰ کیلوگری، طول زنجیره سلولز را به اندازه‌ای کوتاه می‌کند که باعث افزایش تجزیه میکروبی شود (۷).

## سپاسگزاری

بدین وسیله از مرکز پرتو فرآیند یزد و هم‌چنین موسسه تحقیقات علوم دامی کشور به ترتیب به دلیل استفاده از سیستم شتاب دهنده رودوترون و امکانات آزمایشگاهی تشکر می‌گردد. این مقاله به طور کامل از رساله دکتری تخصصی آقای حسین رضا شهبازی استخراج شده است.

## منابع مورد استفاده

1. Agricultural and Food Research Council (AFRC). 1993. Energy and protein requirements of ruminants. *In*: AFRC Technical Committee on Responces to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.
2. Al-Masri, M. R. 1999. *In vitro* digestible energy of some agricultural residues, as influenced by gamma irradiation and sodium hydroxide. Appl. Radiat. Isotop. 50: 295-301.
3. Al-Masri, M. R. and K. D. Guenther. 1993. Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues. Radiat. Phys. Chem. 44: 661-663.
4. AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. (16th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. USA.
5. Brownell, J. and N. Saddler. 1987. Steam pretreatment of lignocellulosic material for enhanced enzymatic hydrolysis. Biotechnol. Bioeng. 29: 228-235.
6. Caneque, V., S. Velasco, J. Sancha, C. Man Zanares and O. Souza. 1998. Effect of moisture and temperature on the degradability of fiber and on nitrogen fractions in barley straw treated with urea. Anim. Feed Sci. Technol. 74: 241-258.
7. Charles, O. 2006. Preliminary review of the degradation of cellulosic materials in the waste isolation pilot plant, and possible effects on magnesium oxide safety factor calculations. U.S. Enviromental Protection Agency Office of Radiation and Indoor Air 1310 Street N.W. Washington, DC.
8. Chaudbry, A.S. 2000. Rumen degradation in succo in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen. Peroxide. Anim. Feed Sci. Technol. 83: 313-323.
9. Edward, I. and A. Kukielka. 2002. Electron-beam stimulation of the reactivity of cellulose pulps for production of



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]

derivatives. Radiat. Phys. Chem. 63: 253-257.
10. Fazaeli, H. and A. Kiani. 2000. The chemical composition and digestibility of wheat straw treated with urea and white rot fungi. Proceedings of the British Society of Animal Science.
11. Fernamdo, B. 1994. The use of steam treatment to upgrade lignocellulosic materials for animal feed. University of Aberdeen.
12. Graham, H. and P. Aman. 1984. A comparison between degradation in vitro and in sacco of constituents of untoated and ammoniatreated barley straw. Anim. Feed Sci. Technol. 10: 199-211.
13. Hadad, S. G. and R. J. Grant. 1998. Effects of wheat straw treated with alkali on ruminal function and lactational performance of dairy cow. J. Dairy Sci. 81: 1956-1965.
14. Han, Y. W., J. Timpa, A. Ciegler, J. Courtney, W. F. Curry, and E.N. Lambremont. 1981. Gamma ray-induced degradation of lignocellulosic materials. Biotechnol. Bioeng. 23: 2525.
15. Han, Y. W., A. Edwin and A. Ciegler. 1983. Chemical and physical properties of sugarcane bagasse irradiated with gamma rays. J. Agric. Food Chem. 31: 34-38.
16. Kabuga, J. D. and C. A. Darko. 1993. In sacco degradation of dry matter and nitrogen in dried and fresh tropical grasses and some relationships to in vitro dry matter digestibility. Anim. Feed Sci. Technol. 40: 191-205.
17. Kuczumow, A., B. Vekemans, and W. Dorrine. 1999. Analyses of petrified wood by electron, X-ray and optical microprobes. J. Analyt. Atom. Spect. 14: 435-446.
18. Laurent, F., G. Blanchart, and B. Vignon. 1985. Effets of ethanolamine and ethylenediamine treatments on the composition and degradability of wheat straw. Anim. Feed Sci.Technol. 13: 131-140.
19. Lowton, J. E. 1952. Effect of high-energy cathode rays on cellulose. Ind. Chem. 44: 2848.
20. McManus, W. R. and L. Manta. 1972. The effect of diet supplements and gamma irradiation on dissimilation quality roughages by ruminants. 1. Studies on the terylene-bag technique effects of supplementation of base ration. J. Agric. Sci. 79: 27-40.
21. Melissa, W. 2006. Food irradiation. Kansas State University, Department of Animal Science and Industry.
22. Orskov, 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. (Camb.) 92:499.
23. Pritchard, G. I. and W. J. Pigden. 1962. Effect of gamma radiation on the utilization of wheat straw by rumen microorganisms. J. Anim. Sci. 42: 215- 217.
24. Nursel, P. 2004. Radiation crosslinking of biodegradable hydroxypropylmethylcellulose. Carbohydrate Polymers. 55: 139-147.
25. Radoslaw. A. and H. Mitomo. 2003. Radiation crosslinking of carboxymethylcellulose of various degree of substitution at high concentration in aqueous solutions of natural pH. Radiat. Phys. and Chem. 68: 771-779.
26. SAS, 1996. Statistical Analysis System Users, guide, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
27. Shawrang, P., A. Nikkhah, A. Zare-Shahneh, A.A. Sadeghi, G. Raisali, and M. Moradi-Shahrebabak. 2007. Effects of gamma irradiation on protein degradation of soybean meal in the rumen. Anim. Feed Sci. Technol. 134: 140-151.
28. Steel, R .G .D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach, 2nd ed., McGraw Hill, New York.
29. Takacs, E. and L. Wojnarouits. 1999. Effect of gamma irradiation on cotton cellulose. Radiat. Phys. Chem. 55: 663-666.
30. Yu, Y., J. W. Thomas and R. S. Eemery. 1975. Estimated nutritive value of treated forages for ruminants. J. Anim. Sci. 41: 1742.
31. Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminants. 2nd ed., Cornell Univ. Oress., NY. USA.
32. Vitti, D. M. S. S. and N. L. Mastro. 1998. Electron irradiation of high fiber by-products: effects on chemical composition and degradability. Sci Agricol. 55(2): 159-171.
33. Weakley, D.C., M.D. Stem and L.D. Satter. 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. J. Anim. Sci. 56: 493.

[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.7.0 ]