دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

تأثیر عمل‌آوری با پرتو الکترون و پراکسید هیدروژن قلیایی بر ارزش تغذیه‌ای پودر هسته خرما در نشخوارکنندگان

مرتضی چاجی[۱] و حسن خنیفر[۲]

۱- استاد گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (نویسنده مسوول: chaji@asnrukh.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد تغذیه دام گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵
صفحه: ۶۰ تا ۶۸

چکیده

آزمایش حاضر با هدف استفاده از پرتو الکترون (پرتو) و پراکسید هیدروژن قلیایی (پراکسید هیدروژن) برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پودر هسته خرما برای دام‌های نشخوار کننده انجام شد. پودر هسته خرما با امواج الکترون با دزهای صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگری پرتودهی شدند. سپس هسته‌های خرمای پرتودهی شده در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۳×۶ با پراکسید هیدروژن قلیایی ۱ و ۲ درصد عمل‌آوری شدند. فرآسنجه‌های هضمی و تخمیری پودر هسته خرما با استفاده از روش‌های هضم دو مرحله‌ای و تولید گاز اندازه‌گیری شدند. در مقایسه با شاهد، اثر اصلی پرتودهی با الکترون منجر به کاهش درصد NDF و ADF، افزایش معنی‌دار پتانسیل تولید گاز، عامل تفکیک، ماده آلی واقعا تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی و نیز افزایش قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF هسته خرما شد (p<۰/۰۵) و تیمار ۱۰۰ کیلوگری بهترین نتایج را داشت (p<۰/۰۵). اثر اصلی پراکسید هیدروژن شامل کاهش معنی‌دار درصد ماده خشک، ماده آلی و افزایش پتانسیل تولید گاز، قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF پودر هسته خرما بود (p<۰/۰۵). در مقایسه با تیمار شاهد، عمل‌آوری پودر هسته خرمای پرتودهی شده با پراکسید هیدروژن (اثر متقابل) باعث کاهش درصد مواد مغذی (به‌جز خاکستر)، افزایش فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم مواد مغذی شد. این کاهش یا افزایش در مورد برخی از تیمارها معنی‌دار و در مورد برخی دیگر از تیمارها بدون تغییر بود. اما در مورد اغلب فراسنجه‌ها، در حین عمل‌آوری پودر هسته خرما پرتودهی شده در دزهای بالا (۱۰۰ یا گاهی ۱۲۵ کیلوگری) با سطوح مختلف پراکسید هیدروژن برترین نتایج حاصل شد. در مجموع، عمل‌آوری با پرتو الکترون به‌تنهایی باعث بهبود ارزش تغذیه‌ای پودر هسته خرما شد، اما هنگام عمل‌آوری پودر هسته خرمای پرتودهی شده با پراکسید هیدروژن (اثر متقابل) تأثیر افزایشی قابل توجه نبود. بنابراین، طبق نتایج آزمایش حاضر، بهترین دز برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پودر هسته خرما ۱۰۰ کیلوگری با و بدون پراکسید هیدروژن ۲ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل تولید گاز، پرتوی الکترون، ترکیب شیمیایی، تولید توده زنده میکروبی، قابلیت هضم

مقدمه

با توجه به اقلیم بسیاری از مناطق دنیا از جمله ایران، اغلب فصل بارندگی با فصل رویش گیاهان متفاوت است، بنابراین کشت محصولات کشاورزی باید با مصرف منابع آبی زیرزمینی یا روزمینی مورد استفاده برای انسان انجام شود. این موضوع در کنار ایجاد رقابت با انسان، منجر به کمبود منابع علوفه‌ای و قیمت بالای آن خواهد شد؛ فقر مراتع نیز از دیگر عوامل است. از این‌رو، افزایش بهره‌وری استفاده از منابع موجود نظیر پودر هسته خرما و انواع فرآورده‌های جانبی کشاورزی بخش قابل توجهی از این نیاز را مرتفع خواهد کرد. اما به‌دلیل ساختار لیگنوسلولزی، بازده دام در استفاده از این خوراک‌ها محدود است. در صورت فرآوری مؤثر، پتانسیل استفاده از آنها به‌عنوان خوراک دام افزایش خواهد یافت (۱).

هسته خرما محصول جانبی کارگاه‌ها و کارخانجات صنایع غذایی نظیر تهیه شهد و شیره، قند، اسیدسیتریک و الکل از خرما می‌باشد که در برخی کشورها استفاده از آن در خوراک دام‌های اهلی نظیر گاومیش، گوسفند و مرغان تخم‌گذار نیز رواج دارد. ماده خشک، پروتئین خام، ADF، NDF، خاکستر هسته خرما به‌ترتیب در حدود ۹۳/۳۹، ۸/۱۶، ۵۹، ۸۰، ۳/۹ درصد می‌باشد (۱۳). با توجه با بالا بودن بخش لیگنوسلولزی در هسته خرما، عمل‌آوری مناسب آن منجر به بهبود بازده دام‌های مصرف کننده خواهد شد. ارزش تغذیه‌ای هسته خرما را می‌توان به‌کمک تغییر در ساختمان دیواره سلولی یا فیبر آن بهبود داد. این عمل به‌کمک یک عمل‌آوری مناسب قابل انجام است. هدف از عمل‌آوری، لیگنین‌زدایی و شکستن پیوندهای لیگنوسلولزی اجزای دیواره سلولی است. بدین ترتیب، سلولز و همی‌سلولز به‌راحتی در دسترس میکروب‌های شکمبه قرار گرفته و میزان مصرف اختیاری و نیز قابلیت هضم افزایش می‌یابد (۱۱). از عمل‌آوری‌های فیزیکی (خُرد کردن، پلت کردن، آسیاب کردن، خیساندن، بخار آب تحت فشار پایین یا بالا و پرتوتابی)، شیمیایی (هیدروکسید سدیم، اوره، آمونیاک، اکسید کلسیم و پراکسید هیدروژن) و بیولوژیکی (استفاده از قارچ‌ها، عوامل میکروبی و آنزیم‌های تجاری و یا ترکیب آنها) به‌منظور بهبود ارزش تغذیه‌ای بقایای محصولات زراعی استفاده شده است (۱۶).

پرتوتابی مواد خوراکی، یک روش عمل‌آوری فیزیکی شامل استفاده کنترل شده از انرژی پرتوهای یون‌ساز مانند اشعه گاما و یا الکترون است (۱،۴). به‌طور کلی عمل‌آوری پرتوتابی نسبت به سایر روش‌های عمل‌آوری دارای مزایایی از جمله عدم تغییر طعم و رنگ خوراک، کاهش قابل توجه عوامل بیماری‌زا و غیره می‌باشد (۳۱). همچنین در این فرآیند، کاهش کیفیت مواد مغذی بسیار کمتر از سایر روش‌ها می‌باشد. پرتوتابی قادر به لیگنین‌زدایی، تجزیه پلیمرها و تخریب ساختارهای بلوری سلولز است که این موارد سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی می‌شود

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

(۱۵). پرتوهای ایکس و الکترون‌های با انرژی زیاد، قادر به شکستن پیوندهای موجود، در سلولز (بدون نیاز به حضور اکسیژن)، می‌باشند؛ پرتوها علاوه بر تجزیه سلولز، موجب تورم چوب و الیاف سلولزی شده به‌نحوی که خاصیت جذب آب، حل شدن در محلول‌های قلیایی و حساسیت به هیدرولیز اسیدی را، در آن‌ها افزایش می‌دهند (۲۶،۲۳). از پرتو الکترون برای بهبود قابلیت هضم سلولز، واکنش‌پذیری، هیدرولیز یا تغییرات شیمیایی آن استفاده می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که دپلیمریزاسیون سلولز سبب کاهش استحکام الیاف می‌شود. بین کاهش درجه دپلیمریزاسیون و دز پرتوتابی همبستگی وجود دارد. همچنین گزارش شده است که بین غلظت رادیکال‌های آزاد تولیدی حاصل از پرتوتابی، همبستگی وجود دارد. در دزهای کمتر، شکستن اتصالات عرضی و در دزهای بیشتر، تجزیه زنجیره سلولز، مؤثرتر بوده است (۲۳). با تغییر ساختار فیزیکی و شیمیایی یک زیست‌توده از هم پاشیده و فیبرزدایی می‌شود. این تغییرات قابلیت آبکافت آنزیمی را افزایش می‌دهد (۲۲).

تحقیقات نشان داده مواد شیمیایی از جمله آب اکسیژنه می‌توانند هیدرولیز توده آلی را افزایش داده و حدود نیمی از لیگنین و بیشتر همی‌سلولز در توده آلی می‌تواند با آب اکسیژنه محلول شود. لیگنین موجود در دیواره سلولی گیاه قابلیت دسترسی سلولز را محدود می‌کند، به‌علاوه، مقادیر زیاد لیگنین بعد از فرآوری اولیه می‌تواند تأثیر منفی روی آبکافت آنزیمی از طریق محدودیت فیزیکی داشته باشد (۱). استفاده از آب اکسیژنه قلیایی در فرآوری مواد خشبی کاهش بیش از ۵۰ درصد غلظت ADL را نشان داده است (۱۷). این اثرات قابلیت دسترسی سلولز برای آنزیم‌های سلولیتیک را افزایش داده و باعث افزایش هضم می‌شوند (۶،۱). پس فرآوری پراکسید قلیایی یکی از روش‌های مؤثر مورد استفاده در زیست‌توده است که خصوصاً بخش لیگنین را خارج و آبکافت آنزیمی را مؤثرتر می‌کند.

با توجه به فراوانی هسته خرما در کشور به‌ویژه استان خوزستان و اینکه در زمینه بهبود ارزش تغذیه‌ای آن با روش پرتودهی الکترونی (بیم الکترون) یا پر اکسید هیدروژن قلیایی اطلاعاتی در دسترس نیست، آزمایش حاضر طراحی شد تا به این سوال پاسخ دهد که استفاده از پرتو الکترون به‌تنهایی و یا همراه با پر اکسید هیدروژن قلیایی چه تأثیراتی بر ارزش تغذیه‌ای هسته خرما دارد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر، در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. هسته‌های خرما از رقم کبکاب و استعمران از شهرستان شادگان تهیه و پس از جمع‌آوری در شرکت خوراک دام اهواز با آسیاب چکشی پودر شدند.

برای عمل‌آوری پودر هسته‌ی خرما با پراکسید هیدروژن قلیایی، آب با نسبت مساوی (حجمی به وزنی) با پودر هسته خرما مخلوط شد، سپس تا رسیدن pH مخلوط به ۱۱/۵ به آن سود اضافه شد. پس از آن، به‌ترتیب برای تهیه تیمار پر اکسید هیدروژن ۱ و ۲ درصد، مقدار ۲۸/۶ و ۵۷/۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به‌ازای کیلوگرم ماده خشک به آن اضافه شد. پودر هسته خرمای عمل‌آوری شده به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری و سپس هوا خشک شدند (۱۷).

پرتوتابی الکترونی نمونه‌ها در مرکز پرتو فرآیند یزد، وابسته به پژوهشکده کاربرد پرتوهای سازمان انرژی اتمی ایران با استفاده از شتاب دهنده الکترونی رودوترون (Rhodotron, Model TT-2200, IBA Co., Belgium) انجام شد. نمونه‌ها با پرتو الکترونی ۱۰ مگا الکترون ولت و جریان باریکه الکترونی شش میلی‌آمپر، در ۶ سطح با دزهای صفر (فرآوری‌نشده)، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگری و با خطای کمتر از پنج درصد پرتوتابی شدند. روش پرتوتابی به‌صورت یک طرفه بود. برای تأمین دزهای مورد نیاز، نمونه‌های هسته خرما چند بار در معرض پرتوهای الکترونی قرار گرفت. به‌منظور دقت در دز داده شده به نمونه‌ها، اندازه‌گیری دز با استفاده از کالری‌متر پلی‌استراین (دزیمتر مرجع) صورت گرفت.

به‌منظور تعیین تخمیر و هضم نمونه‌های عمل‌آوری شده پودر هسته خرما، از تکنیک تولید گاز استفاده شد (۲۰). مایع شکمبه از سه رأس گوسفند عربی (قبل از خوراک‌دهی صبح) که با جیره علوفه‌ای تغذیه شده بودند، جمع‌آوری شد و پس از اختلاط به‌وسیله ۴ لایه پارچه نخی صاف شد و در دمای ۳۹ درجه سلسیوس برای آزمایش نگهداری شد. مقدار ۰/۲ گرم نمونه در ویال‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری با محلول حاوی ۲۰ میلی‌لیتر بافر و ۱۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه (نسبت ۲ به ۱) مخلوط شد و گاز تولیدی در زمان ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ ساعت اندازه‌گیری شد (۲۰). داده‌های حاصل از تولید گاز با استفاده از مدل نمایی تغییر یافته برازش شد و ضرایب تولید گاز بدست آمد (۲۴). ($P = b (1 - e^{-ct})$؛ در این معادله، P = تولید گاز، b = پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)، c = ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)، t = مدت زمان انکوباسیون (ساعت)، e = عدد نپری بود. فراسنجه‌های تخمیری شامل عامل جداکننده، ماده آلی واقعاً تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی محاسبه شدند (۹).

تهیه مایع شکمبه مانند آزمایش تولید گاز بود. مقدار ۰/۵ گرم نمونه درون لوله‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و با ۵۰ میلی‌لیتر محلول شامل ۱۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه و ۴۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی مخلوط شدند و در بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شدند (۳۲). پس از گذشت ۴۸ ساعت، محیط کشت اسیدی شده با اسید کلریدیک ۲۰ درصد آنزیم پپسین اضافه شد (۰/۵ گرم آنزیم پپسین ۳۳۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال) و لوله‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت دیگر در حمام آب گرم انکوبه شدند. در پایان از اختلاف وزن نمونه اولیه و باقیمانده، قابلیت هضم ماده خشک و NDF اندازه‌گیری شد.

ترکیب شیمیایی هسته خرما شامل پروتئین خام (سیستم کجدال، مدل V50 صنایع بخشی، ساخت ایران)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF، ۳۴)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، ماده‌ی خشک و خاکستر طبق روش‌های استاندارد (۳) تعیین شدند.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS (ویرایش ۹/۲) با آزمایش فاکتوریل ۶×۳ شامل شش دز پرتو الکترون (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵) و سه سطح پراکسید هیدروژن قلیایی (صفر، ۱ و ۲ درصد) در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM آنالیز شدند. میانگین‌های معنی‌دار با روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای ۵ درصد مقایسه شدند ($p<۰/۰۵$).

نتایج و بحث

اثر اصلی پرتو الکترون و پراکسید هیدروژن قلیایی بر ترکیبات شیمیایی پودر هسته خرما در جدول ۱ نشان داده شده است. عمل‌آوری با پرتو الکترون تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک، ماده آلی و خاکستر پودر هسته‌ی خرما نداشت، اما تأثیر آن بر درصد NDF و ADF معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). درصد NDF و ADF تا دز ۷۵ کیلوگری با شاهد تفاوتی نداشت؛ اما دزهای ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگری باعث کاهش معنی‌دار آنها نسبت به شاهد شد و درصد NDF و ADF در تیمار۱۰۰ کیلوگری کمترین مقدار بود ($p<۰/۰۵$). عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن قلیایی باعث کاهش معنی‌دار درصد ماده خشک، ماده آلی و افزایش معنی‌دار خاکستر پودر هسته‌ی خرما شد ($p<۰/۰۵$). درصد NDF و ADF تحت تأثیر پراکسید هیدروژن قلیایی قرار نگرفت.

اثر متقابل پرتو الکترون و پراکسید هیدروژن قلیایی بر درصد ماده خشک، ماده آلی، NDF، ADF و خاکستر هسته خرما معنی‌دار بود (جدول ۲). برای تمام دزهای پرتودهی، عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن قلیایی باعث کاهش معنی‌دار درصد ماده خشک و ماده آلی و افزایش خاکستر شد ($p<۰/۰۵$). درصد NDF و ADF در تمام تیمارها (جدول ۲) کمتر از شاهد (تیمار فاقد پرتودهی یا پراکسید هیدروژن قلیایی) بود. به‌طوری‌که، این درصدها در تیمار پرتودهی شده با دز ۱۰۰ کیلوگری (بدون عمل آوری با پراکسید هیدروژن قلیایی) کمترین مقدار بود ($p<۰/۰۵$).

مطابق با پژوهش حاضر، با عمل‌آوری کاه کلزا با پراکسید هیدروژن قلیایی نیز درصد ماده آلی کاهش و درصد خاکستر افزایش یافت (۱۴). عمل‌آوری کاه گندم با پراکسید هیدروژن قلیایی باعث کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی، همی‌سلولز، سلولز و لیگنین شد (۱،۱۲،۱۷). عمل‌آوری کاه خردل با ۱/۵ درصد پر اکسید هیدروژن باعث افزایش درصد NDF و ADF شد، اما در تیمار حاوی ۲ درصد هیدروکسید سدیم یا تیمار حاوی ۲ درصد هیدروکسید سدیم + ۱/۵ درصد پراکسید هیدروژن کاهش یافتند. تغییرات درصد NDF و ADF در تیمار بدون عمل‌آوری، یا عمل‌آوری شده با یک درصد هیدروکسید سدیم و یا یک درصد هیدروکسید سدیم + ۱/۵ درصد پراکسید هیدروژن تغییری نکردند (۲۱). افزودن ۲ درصد پراکسیدهیدروژن قلیایی به کاه گندم، منجر به انحلال ۸۷/۵ درصد لیگنین و ۷۷/۹ درصد همی‌سلولز شد (۲۷). با توجه به ماهیت شیمیایی هیدروکسید سدیم، افزایش میزان خاکستر در تیمارهای عمل‌آوری شده با این ترکیب دور از انتظار نیست. از آن‌جایی‌که عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن نیاز به مقدار زیادی آب و هیدروکسید سدیم به‌منظور حفظ pH در محدوده‌ی ۱۱/۵دارد، در نتیجه افزودن هیدروکسید سدیم به کاه به‌علت اثرات باقیمانده سدیم حاصل از هیدروکسید سدیم، منجر به افزایش درصد خاکستر خام آن می‌شود (۱،۱۴،۱۷).

در گزارشات مختلف درصد ماده خشک مواد فیبری نظیر کاه گندم (۲۶)، بقایای ماش (۵)، باگاس نیشکر (۲۸) ساقه‌ی آترپیلکس (۲۹) و کاه جو (۳۰) تحت‌تأثیر پرتوالکترونی قرار نگرفت. پرتوتابی با الکترون تأثیری بر خاکستر و ماده آلی بقایای ماش (۵)، یا پروتئین خام و خاکستر کاه گندم (۲۶) نداشت. پرتوتابی گاما و بیم الکترون (۵۰ تا۲۰۰ کیلوگری) با تجزیه همی‌سلولز و لیگنین‌زدایی و تغییر ساختار لیگنین مواد الیافی، منجر به کاهش مقدار الیاف می‌شوند (۲). پرتوتابی الکترونی باعث کاهش سلولز بلورین، حذف کامل همی‌سلولز و کاهش مقاومت لیگنین می‌شود (۲۶،۶). از آنجایی‌که الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی شامل پکتین، کوتین، همی‌سلولز و سلولز است، بنابراین علت کم‌شدن این بخش در اثر پرتوتابی با بیم الکترون، احتمالاً حل شدن سلولز و حل شدن بیشتر همی‌سلولز بوده است (۲۳،۲۶،۶).

جدول ۱- اثر اصلی عمل‌آوری با پرتو الکترونی و پر اکسید هیدروژن قلیایی بر ترکیب شیمیایی پودر هسته خرما (درصد)

Table 1. The main effect of beam electron and alkaline hydrogen peroxide treatment on chemical composition of date kernel powder (%)

تیمار	پرتو الکترونی (کیلوگری)	پراکسید هیدروژن (درصد)	DM	NDF	ADF	OM	Ash
۱	۰	–	۹۳/۷۵	۶۴/۱۱^{D}	۴۵/۷۹^{a}	۹۵/۴۲	۴/۵۷
۲	۲۵	–	۹۳/۹۲	۶۵/۱۹^{ad}	۴۴/۷۲^{ab}	۹۶/۲۱	۳/۸۶
۳	۵۰	–	۹۳/۷۴	۶۵/۴۴^{ad}	۴۵/۴۲^{ad}	۹۴/۹۳	۴/۴۰
۴	۷۵	–	۹۳/۷۴	۶۴/۲۵^{D}	۴۵/۱۹ ^{ad}	۹۵/۶۳	۴/۷۰
۵	۱۰۰	–	۹۳/۸۰	۵۶/۰۸^{d}	۴۰/۷۴^{c}	۹۶/۰۶	۳/۹۴
۶	۱۲۵	–	۹۵/۰۰	۵۹/۳۹^{c}	۴۳/۹۸^{D}	۹۶/۱۹	۳/۸۰
SEM			۰/۲۲۲	۰/۷۰۰	۰/۷۸۵	۰/۲۲۴	۰/۲۲۵
P-Value			۰/۳۲۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۷۱۱	۰/۷۱۳
۱	–	۰	۹۵/۳۹^{a}	۶۲/۳۷	۴۴/۲۹	۹۷/۳۳^{a}	۲/۸۷^{C}
۲	–	۱	۹۳/۳۱^{D}	۶۲/۹۶	۴۴/۶۰	۹۵/۲۴ ^{D}	۴/۴۸^{D}
۳	–	۲	۹۲/۷۷^{c}	۶۱/۸۹	۴۴/۰۳	۹۴/۶۵^{c}	۵/۳۶^{a}
SEM			۰/۱۳۵	۰/۷۶	۰/۸۵۵	۰/۲۸۹	۰/۲۹۵
P-Value			۰/۰۰۷	۰/۰۸۰	۰/۵۲۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۳۲۴

DM: ماده خشک، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، OM: ماده آلی.

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه نیستند، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

جدول ۲- اثر متقابل عمل آوری با پرتو الکترونی و پراکسید هیدروژن قلیایی بر ترکیب شیمیایی پودر هسته خرما (درصد)

Table 2. The intraction effect of beam electron and alkaline hydrogen peroxide treatment on chemical composition of date kernel powder (%)

تیمار	پرتو الکترونی (کیلوگری)	پراکسید هیدروژن (درصد)	DM	NDF	ADF	OM	Ash
۱	۰	۰	۹۵/۴۵^{a}	۶۷/۴۲^{a}	۴۷/۱۳^{a}	۹۷/۱۱^{a}	۲/۸۹^{d}
۲	۰	۱	۹۳/۵۱^{b}	۶۳/۹۹^{bcd}	۴۵/۹۵^{ab}	۹۵/۵۲^{bc}	۴/۴۸^{c}
۳	۰	۲	۹۲/۲۹^{d}	۶۰/۹۲^{cd}	۴۴/۲۹^{c}	۹۳/۶۴^{d}	۶/۳۶^{a}
۴	۲۵	۰	۹۵/۷۶^{a}	۶۵/۵۲^{ac}	۴۴/۴۰^{c}	۹۷/۵۴^{a}	۲/۴۶^{d}
۵	۲۵	۱	۹۳/۲۹^{b}	۶۶/۰۹^{ab}	۴۵/۲۳^{bc}	۹۵/۵۸^{b}	۴/۴۲^{c}
۶	۲۵	۲	۹۲/۷۲^{cd}	۶۳/۹۷^{bc}	۴۴/۵۴^{cd}	۹۵/۵۲^{b}	۴/۴۸^{c}
۷	۵۰	۰	۹۵/۴۳^{a}	۶۴/۸۰^{bc}	۴۵/۸۲^{b}	۹۷/۳۱^{a}	۲/۶۹^{d}
۸	۵۰	۱	۹۳/۱۰^{bc}	۶۶/۱۳^{ab}	۴۵/۵۲^{bc}	۹۳/۵۱^{d}	۶/۴۹^{a}
۹	۵۰	۲	۹۲/۷۰^{cd}	۶۵/۳۸^{bc}	۴۴/۹۳^{bc}	۹۳/۹۷^{d}	۶/۰۳^{a}
۱۰	۷۵	۰	۹۵/۱۳^{a}	۶۴/۰۲^{cd}	۴۵/۲۳^{bc}	۹۷/۱۷^{a}	۲/۸۳^{d}
۱۱	۷۵	۱	۹۳/۳۳^{bc}	۶۵/۵۲^{abc}	۴۵/۷۲^{bc}	۹۵/۴۸^{bc}	۴/۵۲^{c}
۱۲	۷۵	۲	۹۲/۷۵^{bcd}	۶۳/۲۰^{bcd}	۴۴/۶۲^{bc}	۹۴/۲۵^{cd}	۵/۷۵^{b}
۱۳	۱۰۰	۰	۹۵/۰۴^{a}	۵۴/۴۸^{g}	۳۹/۲۸^{f}	۹۷/۳۸^{a}	۲/۶۲^{d}
۱۴	۱۰۰	۱	۹۳/۱۶^{bc}	۵۶/۷۴^{f}	۴۱/۱۴^{e}	۹۵/۸۰^{b}	۴/۲۰^{c}
۱۵	۱۰۰	۲	۹۳/۲۰^{bc}	۵۷/۰۱^{f}	۴۱/۷۹^{e}	۹۴/۹۹^{c}	۵/۰۱^{bc}
۱۶	۱۲۵	۰	۹۵/۵۶^{a}	۵۸/۰۱^{ef}	۴۳/۸۸^{d}	۹۷/۵۰^{a}	۲/۵۰^{d}
۱۷	۱۲۵	۱	۹۳/۴۹^{bc}	۵۹/۳۱^{de}	۴۴/۰۷^{d}	۹۵/۵۳^{bc}	۴/۴۷^{c}
۱۸	۱۲۵	۲	۹۲/۹۵^{bcd}	۶۰/۸۵^{d}	۴۴/۰۰^{d}	۹۵/۵۵^{bc}	۴/۴۵^{c}
SEM			۰/۳۹۰	۱/۰۰	۰/۶۰۳	۰/۳۸۰	۰/۳۸۹
P value			<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷

DM: ماده خشک، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، OM : ماده آلی.

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه نیستند، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

اثر اصلی عمل‌آوری با پرتو الکترونی بر فرآسنجه‌های تولید گاز پودر هسته خرما معنی‌دار بود (جدول ۳). در مقایسه با تیمار شاهد، دزهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگری تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل و نرخ تولید گاز، عامل تفکیک، تولید توده میکروبی و ماده آلی واقعاً تجزیه شده نداشتند. اما تأثیر دز ۱۰۰ کیلوگری برای همه فراسنجه‌ها و ۱۲۵ کیلوگری بر پتانسیل تولیدگاز و تولید توده میکروبی معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار برای تمام این فراسنجه‌ها مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگری بود (p<۰/۰۵). بین سطوح مختلف پرتو الکترونی نیز تیمار ۱۰۰ کیلوگری بیشترین مقادیر را داشت (p<۰/۰۵). اثر اصلی عمل‌آوری پودر هسته خرما با پراکسید هیدروژن قلیایی بر پتانسیل تولید گاز معنی‌دار بود و بیشترین پتانسیل تولید گاز مربوط به پودر هسته خرمای عمل‌آوری شده با ۲ درصد پراکسید هیدروژن قلیایی بود. ازطرفی، عمل‌آوری پودر هسته خرما با پراکسید هیدروژن قلیایی تأثیری بر نرخ تولید گاز، عامل تفکیک، ماده آلی واقعا تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی نداشت (جدول ۳).

طبق جدول ۴، اثر استفاده هم‌زمان پرتوی الکترون و پراکسید هیدروژن قلیایی (اثر متقابل) بر همه فراسنجه‌های تولید گاز معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). بیشترین پتانسیل، نرخ تولیدگاز، عامل تفکیک، ماده آلی واقعاً تجزیه شده، تولید توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگری بدون پراکسید هیدروژن قلیایی بود. عمل‌آوری پودر هسته خرمای پرتودهی شده با پراکسید هیدروژن قلیایی نسبت به پرتودهی به تنهایی (تیمار عمل‌آوری نشده یا شاهد)، تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های تولید گاز مورد بررسی نداشت؛ حتی در مواردی مانند تیمار پرتو + ۲ درصد پراکسید هیدروژن قلیایی در مقایسه با تیمار پرتو بدون پراکسید هیدروژن قلیایی، باعث کاهش معنی‌دار فراسنجه‌های تولید گاز نیز شد (p<۰/۰۵).

تولید گاز پایین در هسته و تفاله خرما می‌تواند ناشی از محتوای دیواره سلولی بالا در آنها باشد و مدت زمان زیادی طول می‌کشد تا میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌های سلولولایتیک) به دیواره سلولی اتصال پیدا کرده و آنها را مورد تجزیه قرار دهند (۱۹). لذا، احتمالاً دلیل افزایش پتانسیل و نرخ تولید گاز در هسته خرمای عمل‌آوری شده با پراکسید هیدوژن (جدول ۳ و ۴) به‌دلیل کاهش مقدار NDF و ADF آن باشد (جدول ۱ و ۲). حجم گاز تولیدی وابسته به ترکیب شیمیایی ماده‌ی خوراکی می‌باشد، با کاهش NDF، ADF و لیگنین، تخمیر بیشتر شده و تولید گاز افزایش می‌یابد (۱۰،۱۸،۱۹)؛ که این ممکن است در نتیجه افزایش فعالیت میکروارگانسیم‌ها به‌دلیل دریافت منابع کربوهیدرات محلول باشد. بنابراین افزایش تولید گاز در هسته خرمای عمل‌آوری شده با پرتو و بخار آب به کاهش محتوی فیبر (جدول ۱ و ۲) آن نسبت داده می‌شود (۱۹).

ترکیب پرتوتابی و هیدروکسید سدیم بر کاهش اجزاء دیواره سلولی برخی از بقایای زراعی توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (۲). آنها در بررسی ارزش تغذیه‌ای برخی از بقایای محصولات زراعی (کاه گندم، پوسته بادام زمینی، پوسته دانه آفتابگردان و چوب زیتون) تحت تأثیر دزهای پایین پرتوی گاما (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگری) و مقادیر متفاوتی از اسید هیدروبرمیک (۰، ۳ و ۶ میلی‌لیتر) و هیدروکسید سدیم (۳ و ۶ گرم) به‌عنوان تیمارهای شیمیایی،

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

نشان دادند که عمل‌آوری با تیمارهای شیمیایی، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم را افزایش داد اما عمل‌آوری با پرتو گاما و ترکیب پرتو گاما و تیمارهای شیمیایی، در افزایش صفات مورد اشاره بی‌اثر بود که علت آن پایین بودن دزهای پرتوتابی بیان شد (۲).

جدول ۳- اثرات اصلی عمل‌آوری با پرتو الکترونی و پر اکسید هیدروژن قلیایی بر فراسنجه‌های هضم و تخمیر هسته خرما با روش تولید گاز
Table 3. The main effect of beam electron and alkaline hydrogen peroxide treatment on digestion and fermentation parameters of date kernel by *in vitro* gas production technique

تیمار	پرتو الکترونی	پراکسید هیدروژن	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)	نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر)	Pf (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	تولید توده میکروبی (میلی‌گرم)	بازده تولید توده میکروبی	ماده آلی واقعاً تجزیه شده (میلی‌گرم)
۱	۰	–	۱۴۶/۴۰^{c}	۰/۰۱۷^{b}	۱۰/۱۶^{b}	۴۲/۰۲^{b}	۷۸	۵۷/۲۱^{bc}
۲	۲۵	–	۱۳۳/۹۵^{c}	۰/۰۲^{b}	۹/۹۳^{b}	۴۳/۵۷^{b}	۷۸	۵۶/۱۳^{c}
۳	۵۰	–	۱۳۵/۹۰^{c}	۰/۰۲^{b}	۱۰/۱۱^{b}	۴۲/۹۲^{b}	۷۸	۵۵/۲۷^{c}
۴	۷۵	–	۱۳۸/۴۷^{c}	۰/۰۲^{b}	۱۰/۲۷^{b}	۴۲/۶۹^{b}	۷۷	۵۵/۲۰^{c}
۵	۱۰۰	–	۲۰۷/۹۱^{a}	۰/۰۳^{a}	۱۱/۴۴^{a}	۵۱/۹۰^{a}	۸۰	۶۷/۹۲^{a}
۶	۱۲۵	–	۱۸۸/۸۵^{b}	۰/۰۲^{b}	۱۰/۷۰^{ab}	۵۲/۸۳^{a}	۷۹	۶۱/۵۲^{b}
SEM			۶/۵۰	۰/۰۰۴۵	۰/۵۷۸	۲/۹۵	۲/۲۴	۲/۲۵
P-Value			۰/۰۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۴۲	۰/۷۱۱	۰/۰۴۱
۱	–	۰	۱۵۸/۳۶^{b}	۰/۰۲۳	۱۱/۱۱	۴۶/۳۴	۰/۷۹	۵/۳۳
۲	–	۱	۱۵۶/۰۴^{b}	۰/۰۲۰	۱۰/۴۳	۴۵/۷۷	۰/۷۹	۵۸/۱۲
۳	–	۲	۱۶۲/۰۰^{a}	۰/۰۲۰	۹/۷۷	۴۳/۷۷	۰/۷۷	۵۶/۸۵
SEM			۱/۱۵	۰/۰۰۳۶	۰/۸۵۵	۲/۵۲	۰/۵۸۹	۰/۹۵
P-Value			۰/۰۰۷	۰/۴۰	۰/۱۲۵۲	۰/۰۹	۰/۶۷	۰/۳۲۴

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه نیستند، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵).
SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

پرتودهی با لیگنین‌زدایی، به دلیل فروپاشی و دپلیمریزه کردن ساختارهای بلوری سلولز (۶،۲۳،۲۶) به‌عنوان روشی برای بهبود ارزش تغذیه‌ای خوراک شناخته شده است. پرتوتابی با تولید یون‌ها و رادیکال‌های آزاد سبب دپلیمریزه شدن ترکیبات پیچیده به‌ویژه جداسازی پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات دیواره سلولی می‌شود (۱،۶). پرتودهی کاه پوسته پسته (۸) با اشعه گاما (دزهای صفر تا ۱۵۰ کیلوگری)، فراسنجه‌های تولید گاز را افزایش داد و بیش‌ترین حجم گاز تولیدی، قابلیت هضم ماده‌آلی و انرژی قابل متابولیسم در بالاترین دز مشاهده شد. از طرفی، در آزمایشی پرتوتابی با سطوح پایین اشعه گاما (۲۰ تا ۶۰ کیلوگری) هیچ تأثیر معنی‌داری بر گوارش پذیری مواد آلی و انرژی قابل متابولیسم کاه گندم، پوسته تخم آفتابگردان، هسته خرما و پوسته بادام زمینی نداشت که این می‌تواند به‌خاطر سطوح کم پرتوتابی باشد که قدرت کافی برای شکستن مواد لیگنوسلولزی را نداشته است. بنابراین، احتمالاً افزایش در حجم و نرخ گاز تولیدی هسته خرما عمل‌آوری شده با پرتوتابی با الکترون (۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگری) در آزمایش حاضر را می‌توان ناشی از کاهش دیواره سلولی، افزایش قابلیت هضم و غیرفعال شدن ترکیبات فنولی و دسترسی بیشتر جمعیت میکروبی شکمبه به مواد مغذی و نیز کاهش آثار منفی تانن‌های متراکم بر جمعیت میکروبی دانست (۸).

جدول ۴- اثر متقابل عمل‌آوری با پرتو الکترونی و پراکسید هیدروژن قلیایی بر فراسنجه‌های هضم و تخمیر هسته خرما با روش تولید گاز
Table 4. The intraction effect of beam electron and alkaline hydrogen peroxide treatment on digestion and fermentation parameters of date kernel by *in vitro* gas production technique

تیمار	پرتو الکترونی	پراکسید هیدروژن	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)	نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر)	Pf (میلی‌گرم برمیلی‌لیتر)	تولید توده میکروبی (میلی‌گرم)	بازده تولید توده میکروبی	ماده آلی واقعاً تجزیه شده (میلی‌گرم)
۱	۰	۰	۱۲۵/۱۶^{f}	۰/۰۱^{d}	۹/۹۲^{cde}	۴۰/۶۷^{c}	۷۷^{bc}	۵۲/۸۲^{g}
۲	۰	۱	۱۳۳/۲۳^{ef}	۰/۰۲^{c}	۱۰/۱۳^{cde}	۴۳/۰۶^{bc}	۷۸^{bc}	۵۵/۲۰^{f}
۳	۰	۲	۱۸۰/۸۰^{a}	۰/۰۲^{c}	۱۰/۴۴^{cd}	۴۲/۳۴^{bc}	۷۹^{b}	۵۳/۶۰^{f}
۴	۲۵	۰	۱۳۷/۸۸^{ef}	۰/۰۲^{c}	۱۰/۸۵^{bcd}	۴۳/۵۲^{bc}	۸۰^{ab}	۵۴/۴۰^{f}
۵	۲۵	۱	۱۳۴/۲۰^{ef}	۰/۰۲^{c}	۹/۷۸^{cde}	۴۳/۲۴^{bc}	۷۷^{bc}	۵۶/۱۶^{e}
۶	۲۵	۲	۱۳۵/۶۲^{ef}	۰/۰۲^{c}	۹/۱۶^{e}	۴۳/۹۶^{bc}	۷۶^{c}	۵۷/۸۴^{e}
۷	۵۰	۰	۱۳۶/۵۴^{ef}	۰/۰۲^{c}	۱۰/۷۶^{bcd}	۴۳/۰۱^{bc}	۷۹^{b}	۵۴/۴۵^{f}
۸	۵۰	۱	۱۳۳/۸۵^{ef}	۰/۰۲^{c}	۹/۶۳^{de}	۴۳/۶۱^{bc}	۷۷^{bc}	۵۶/۶۴^{e}
۹	۵۰	۲	۱۳۵/۴۷^{ef}	۰/۰۲^{c}	۹/۹۳^{de}	۴۲/۱۳^{bc}	۷۷^{bc}	۵۴/۷۲^{f}
۱۰	۷۵	۰	۱۳۰/۴۸^{ef}	۰/۰۲^{c}	۱۱/۰۳^{bc}	۴۲/۴۹^{bc}	۷۸^{bc}	۵۴/۴۸^{f}
۱۱	۷۵	۱	۱۴۲/۳۸^{e}	۰/۰۲^{c}	۱۰/۳۳^{cd}	۴۳/۸۰^{bc}	۷۸^{bc}	۵۶/۱۵^{e}
۱۲	۷۵	۲	۱۴۲/۵۴^{e}	۰/۰۲^{c}	۹/۴۵^{cde}	۴۱/۷۷^{bc}	۷۶^{c}	۵۴/۹۶^{f}
۱۳	۱۰۰	۰	۲۲۱/۳۱^{a}	۰/۰۴^{a}	۱۲/۳۱^{a}	۵۵/۰۸^{a}	۸۱^{ab}	۶۸/۰۰^{a}
۱۴	۱۰۰	۱	۲۰۹/۱۴^{ab}	۰/۰۲^{b}	۱۱/۸۳^{ab}	۵۱/۹۵^{a}	۸۲^{a}	۶۳/۳۶^{c}
۱۵	۱۰۰	۲	۱۹۳/۲۹^{bc}	۰/۰۲^{c}	۱۰/۱۸^{cde}	۴۸/۶۴^{ab}	۷۸^{bc}	۶۲/۴۰^{c}
۱۶	۱۲۵	۰	۱۹۸/۸۰^{bc}	۰/۰۳^{b}	۱۱/۷۷^{ab}	۵۳/۲۶^{a}	۸۱^{ab}	۶۵/۷۶^{b}
۱۷	۱۲۵	۱	۱۸۳/۴۷^{cd}	۰/۰۲^{c}	۱۰/۸۸^{bc}	۴۸/۹۶^{ab}	۸۰^{ab}	۶۱/۲۰^{d}
۱۸	۱۲۵	۲	۱۸۴/۲۸^{cd}	۰/۰۲^{c}	۹/۴۴^{cde}	۴۳/۷۸^{bc}	۷۶^{c}	۵۷/۶۰^{e}
SEM			۸/۰۶	۰/۰۰۲۵	۰/۵۳۹	۳/۵۲	۱/۱۰	۰/۸۷۸
P value			<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۳۷	۰/۰۳۴	<۰/۰۰۰۱

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه نیستند، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

اثر اصلی عمل‌آوری پودر هسته خرما با پرتو الکترون بر قابلیت هضم مواد مغذی معنی‌دار شد (p<۰/۰۵). در مقایسه با تیمار شاهد، پرتودهی پودر هسته خرما با دزهای ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگری منجر به افزایش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF شد (p<۰/۰۵). اما اثر دزهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگری بر قابلیت هضم مواد مغذی معنی‌دار نشد. بیشترین درصد قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF پودر هسته خرما مربوط به دز ۱۰۰ کیلوگری بود (p<۰/۰۵). مشابه با نتایج آزمایش تولید گاز، اثر اصلی و متقابل (به‌ترتیب جدول ۵ و ۶) عمل‌آوری با پرتو الکترونی و پراکسید هیدروژن قلیایی بر قابلیت هضم مواد مغذی پودر هسته خرما معنی‌دار شد (p<۰/۰۵). عمل‌آوری هسته خرما با پراکسید هیدروژن قلیایی باعث افزایش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک، NDF و ADF نداشت و پودر هسته خرمای عمل‌آوری شده با ۲ درصد پراکسید هیدروژن قلیایی بیشترین قابلیت هضم را داشت.

عمل‌آوری پودر هسته خرمای پرتوی شده با الکترون با پراکسید هیدروژن قلیایی (اثر متقابل) در مقایسه با شاهد، فقط در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگری فاقد پراکسید هیدروژن قلیایی، منجر به افزایش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک شد. بقیه تیمارها تنها از نظر عددی با تیمار شاهد تفاوت داشتند. درصد قابلیت هضم NDF و ADF پودر هسته خرما در تیمارهای عمل‌آوری شده با ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگری به‌همراه درصدهای مختلف پراکسید هیدروژن قلیایی در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار بود. بیشترین قابلیت هضم مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگری + ۲ درصد پراکسید هیدروژن قلیایی بود (p<۰/۰۵)؛ تفاوت این تیمار با دزهای ۱۰۰ کیلوگری + صفر و دو درصد پراکسید هیدروژن قلیایی معنی‌دار نبود. به‌عبارت دیگر برای هر کدام از دزهای پرتودهی، عمل‌آوری با درصدهای مختلف پراکسید هیدروژن قلیایی تفاوتی در قابلیت هضم مواد مغذی ایجاد نکرد.

جدول ۵- اثرات اصلی عمل‌آوری با پرتو الکترونی و پراکسید هیدروژن قلیایی بر قابلیت هضم آزمایشگاهی مواد مغذی هسته خرما (درصد)
Table 5. The main effect of beam electron and low steam treatment on nutrients digestion of date kernel (%)

تیمار	پرتو الکترونی (کیلوگری)	پراکسید هیدروژن (درصد)	هضم پذیری		
			DM	NDF	ADF
۱	۰	–	۵۵/۲۵^{c}	۳۶/۹۹^{c}	۳۳/۸۰^{bc}
۲	۲۵	–	۵۵/۴۰^{c}	۳۶/۲۲^{c}	۳۲/۷۶^{c}
۳	۵۰	–	۵۵/۸۵^{c}	۳۶/۷۹^{c}	۳۲/۳۶^{c}
۴	۷۵	–	۵۷/۹۵^{b}	۳۹/۵۶^{b}	۳۵/۲۲^{b}
۵	۱۰۰	–	۶۲/۸۸^{a}	۴۶/۳۵^{a}	۳۹/۶۲^{a}
۶	۱۲۵	–	۵۸/۱۳^{b}	۴۴/۴۵^{a}	۳۶/۹۸^{b}
SEM			۰/۸۰۷	۱/۰۹۴	۱/۰۹
p-value			<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸
۱	–	۰	۵۶/۹۲^{b}	۳۹/۰۳^{b}	۳۴/۸۴^{a}
۲	–	۱	۵۷/۱۸^{a}	۳۹/۸۱^{b}	۳۴/۴۷^{b}
۳	–	۲	۵۸/۶۳^{a}	۴۱/۳۵^{a}	۳۶/۰۵^{b}
SEM			۰/۸۳۲	۰/۸۴۳	۰/۵۳
p-value			۰/۰۰۴۸	۰/۳۴۲	۰/۰۰۴

DM: ماده خشک، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی.
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه نیستند، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

افزایش گوارش‌پذیری ماده‌خشک در شرایط درون آزمایشگاهی بقایای چوبی در اثر پرتوتابی الکترونی یا عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن قلیایی را به لیگنین‌زدایی و تبدیل بخش‌های سلولزی و همی‌سلولزی به قند ارتباط داده‌اند (۶،۲۳،۲۶). کاهش NDF و ADF و لیگنین و افزایش گوارش پذیری ماده خشک کاه برنج در اثر پرتوتابی الکترونی گزارش شده است (۷). پرتوتابی سلولز با بیم الکترونی منجر به تغییراتی در ساختمان آن می‌شوند، این بهبود ممکن است ناشی از چندین عامل از جمله شکستن پیوند (بتا ۱ به ۴) گلیکوزیدی شود (۶). پرتوتابی یونی در دزهای پایین‌تر از ۱۰۰۰ کیلوگری، طول زنجیره سلولز را به اندازه‌ای کوتاه می‌کند که باعث افزایش تجزیه میکروبی می‌شود (۶،۷،۲۳،۲۶). پرتوی الکترونی با دز ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگری باعث افزایش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی شد که با افزایش پتانسیل تولید گاز همبستگی مثبتی داشت (۱). عمل‌آوری باگاس نیشکر با دزهای مختلف (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگری)، تجزیه پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی را به‌طور خطی افزایش داد (۲۵).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

جدول ۶- اثرات متقابل عمل‌آوری با پرتو الکترونی و پر اکسید هیدروژن قلیایی بر قابلیت هضم آزمایشگاهی مواد مغذی هسته خرما (درصد)
Table 6. The intraction effect of beam electron and low steam treatment on nutrients digestion of date kernel (%)

تیمار	پرتو الکترونی (کیلوگری)	پراکسید هیدروژن (درصد)	هضم پذیری		
			DM	NDF	ADF
۱	۰	۰	۵۱/۷۶^{ed}	۳۴/۰۸^{f}	۳۱/۱۰^{f}
۲	۰	۱	۵۵/۷۱^{bcd}	۳۶/۴۸^{ef}	۳۳/۰۱^{ef}
۳	۰	۲	۵۸/۲۸^{bcd}	۴۰/۴۱^{bc}	۳۷/۲۹^{bc}
۴	۲۵	۰	۵۵/۶۰^{bcd}	۳۵/۴۷^{ef}	۳۳/۳۵^{ef}
۵	۲۵	۱	۵۴/۷۸^{d}	۳۵/۸۸^{ef}	۳۲/۳۳^{ef}
۶	۲۵	۲	۵۵/۸۲^{bcd}	۳۷/۳۲^{de}	۳۲/۶۰^{ef}
۷	۵۰	۰	۵۵/۹۹^{bcd}	۳۶/۱۵^{ef}	۳۳/۰۱^{ef}
۸	۵۰	۱	۵۵/۲۹^{bcde}	۳۶/۸۲^{e}	۳۱/۹۹^{ef}
۹	۵۰	۲	۵۶/۲۶^{bcd}	۳۷/۴۱^{de}	۳۲/۰۸^{ef}
۱۰	۷۵	۰	۵۷/۳۸^{bcd}	۳۹/۷۵^{cd}	۳۳/۷۶^{e}
۱۱	۷۵	۱	۵۷/۵۸^{bcd}	۳۸/۸۶^{cd}	۳۴/۲۵^{de}
۱۲	۷۵	۲	۵۸/۸۹^{bc}	۴۰/۰۶^{bc}	۳۷/۶۴^{b}
۱۳	۱۰۰	۰	۶۲/۳۰^{ab}	۴۶/۲۵^{a}	۴۰/۳۸^{a}
۱۴	۱۰۰	۱	۶۲/۴۶^{ab}	۴۵/۳۱^{a}	۳۸/۷۴^{ab}
۱۵	۱۰۰	۲	۶۳/۸۹^{a}	۴۷/۴۸^{a}	۳۹/۷۴^{ab}
۱۶	۱۲۵	۰	۵۸/۵۰^{bc}	۴۲/۴۸^{b}	۳۷/۴۷^{bc}
۱۷	۱۲۵	۱	۵۷/۲۶^{bcd}	۴۵/۵۴^{a}	۳۶/۵۳^{bcd}
۱۸	۱۲۵	۲	۵۸/۶۳^{c}	۴۵/۳۴^{a}	۳۶/۹۳^{bc}
SEM			۱/۸	۱/۲۹	۱/۲۶
P value			<۰۰۰۱/	<۰۰۰۱/	۰/۰۱۸

DM: ماده خشک، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی.
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه نیستند، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

در مجموع، عمل‌آوری هسته خرما با پرتو الکترون به‌تنهایی باعث بهبود ارزش تغذیه‌ای پودر هسته خرما شد، اما هنگام عمل‌آوری پودر هسته خرمای پرتودهی شده با پراکسید هیدروژن (اثر متقابل) اثر افزایشی حاصل شد که قابل توجه نبود. طبق نتایج به‌دست آمده، بهترین دز برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پودر هسته خرما ۱۰۰ کیلوگری با و بدون پراکسید هیدروژن ۲ درصد بود. در آزمایش حاضر ابتدا هسته‌های خرما پرتودهی و سپس با پراکسید هیدروژن عمل‌آوری شده بودند؛ از این‌رو، نتایج نشان داد که عمل‌آوری پودر هسته خرما با پرتو الکترونی به‌تنهایی بخش زیادی از امکان موجود برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پودر هسته خرما را فراهم کرد و لذا استفاده از پراکسید هیدروژن بعد از پرتودهی نتوانسته‌است تأثیر قابل ملاحظه‌ای ایجاد کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در آزمایشی دیگر با تغییر ترتیب عمل‌آوری، بهبود فراسنجه‌های هضمی مورد مطالعه و آزمایش قرار گیرد. به‌این صورت که پودر هسته خرما پس از عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن قلیایی پرتودهی شود.

تشکر و قدردانی

از مسوولین محترم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان برای فراهم‌آوردن زمینه انجام پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

1. Adesogan, A.T., K.G. Arriola, Y. Jiang, A. Oyebade, E.M. Paula, A.A. Pech-Cervantes, J.J. Romero, L.F. Ferraretto and D. Vyas. 2019. Symposium review: Technologies for improving fiber utilization. Journal of Dairy Science, 102: 5726-5755.
2. Al-Masri, M.R. 2005. Nutritive value of some agricultural waste, as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatment. Journal of Bioresearch Technology, 96: 1737-1741.
3. AOAC. 2005. Official methods of analysis (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
4. Asadnejad, B., R. Pirmohammadi and H. Khalilvandi-Behroozyar. 2018. Effects of electron irradiation on nutritional value of red grape pomace using *in vitro* and *in situ* nylon bags techniques. Journal of Ruminant research, 6(1): 31-48 (In Persian).
5. Babayi, M., F. Ghanbari, A.M. Gharehbash and J. Bayat Kouhsar. 2016. Effects of processing with electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid on the nutritional value of vetch wastes. Iranian Journal of Animal Science Research, 8(3): 441-454 (In Persian).
6. Bak, J.S. 2014. Electron beam irradiation enhances the digestibility and fermentation yield of water-soaked lignocellulosic biomass. Biotechnology Reports, 4: 30-33.
7. Bak, J.S., J.K. Ko, Y.H. Han, B.C. Lee, I.G. Choi and K.H. Kim. 2009. Improved enzymatic hydrolysis yield of rice straw using electron beam irradiation pretreatment. Bioresource Technology, 100: 1285-1290.
8. Behgar, M., S. Ghasemi, A.A. Naserian, A. Borzoie and H. Fatollahi. 2011. Gamma radiation effects on phenolics antioxidants activity and *in vitro* digestion of pistachio (*Pistachio vera*) hull. Radiation Physics and Chemistry, 80(9): 963-967.
9. Blummel, M., H. Steinggab and K. Becker. 1997. The relationship between in vitro gas production, *in vitro* microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for prediction of voluntary feed intake of roughages. British Journal of Nutrition, 77: 911-921.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

10. Chaji, M., A.A. Naserian, R. Valizadeh, T. Mohammadabadi and Kh Mirzadeh. 2010. Potential use of high-temperature and low temperature steam treatment, sodium hydroxide and an enzyme mixture for improving the nutritional value of sugarcane pith. South African Journal of Animal Sciences, 40: 22-31.
11. Chaji, M., T. Mohammadabadi and A. Aghaei. 2011. Fermenting cell walls of processed sugarcane pith by ruminal bacteria, protozoa and fungi. International Journal of Agriculture & Biology, 13: 283-286.
12. Chaudhry, A.S. 2000. Rumen degradation *in sacco* in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. Animal Feed Science and Technology, 83: 313-323.
13. Devshony, S., E. Eteshola and A. Shani. 1992. Characterisation and some potential application of dates palm seeds and oil. Journal of The American Oil Chemists Society, 69: 595-597.
14. Ghiasvand, M., K. Rezayazdi and M. Dehghan Banadaki. 2012. The effects of different processing methods on chemical composition and ruminal degradability of canola stra, 22: 93-104 (In Persian).
15. Ibrahim, M.N.M., G.R. Pearce. 2003. Effects of gamma irradiation on the composition and *in vitro* digestibility of crop by-products. Journal of Agricultural Wast, 24: 253-259.
16. Karp, S.G., A.L. Adenise Lorenci Woiciechowski, V.T. Soccol and C.R. Soccol. 2013. Pretreatment strategies for delignification of sugarcane bagasse: A Review. Brazilian Archives of Biology and Technology, 56: 679-689.
17. Lewis, S.M., L. Montgomery, K.A. Garleb, L.L. Berger and G.C.JR. Fahey. 1988. Effects of alkaline hydrogen peroxide treatment on *in vitro* degradation of cellulosic substrates by mixed ruminal microorganisms and *bacteroides succinogenes* S85. Applied and Environmental Microbiology, 54: 1163-1169.
18. Maccarana, L., M. Mirko Cattani, F. Tagliapietra, L. Bailoni and S. Schiavon. 2016. Influence of main dietary chemical constituents on the *in vitro* gas and methane production in diets for dairy cows. Journal of Animal Science and Biotechnology, 7: 54,1-8.
19. Melaku, S., K.J. Peters and A. Tegegne. 2003. *In vitro* and *in situ* evaluation of selected multipurpose trees, wheat bran and Lablab purpureus as potential feed supplements of tef (Eragrostistef) straw. Animal Feed Science Technology, 108: 159-179.
20. Menke, K.H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Journal Animal Research and Development, 28: 7-55.
21. Mishra, O.H., A. Chaturvedi, R. Khali, A. Prasad, A.K. Santra, S. Misra and R.C. Parthasarathy. 2000. Effect of sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide treatment on physical and chemical characteristics and IVOMD of mustard straw. Animal Feed Science and Technology, 84: 257-264.
22. Muzamal, M., K. Jedvert, H. Theliander and A. Rasmuson. 2015. Structural changes in spruce wood during different steps of steam explosion pretreatment. Holzforschung, 69: 61-66.
23. Nursel, P. 2004. Radiation crosslinking of biodegradable hydroxypropylmethylcellulose. Carbohydrate Polymers, 55: 139-147.
24. Orskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degrade ability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal Food Engineering, 80: 1-10.
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. Journal of Animal and Veterinary Advances, 7: 464-468.
26. Shawrang, P. 2008. Effects of electron beam irradiation on dry matter degradation of wheat straw in the rumen. Pakistan Journal of Biological Science, 11: 676-679.
27. Sun, R.C., J. Tomkinson, Y.X. Wang and B. Xiao. 2000. Physico-chemical and structural characterization of hemicellulose from wheat straw by alkaline proxide extraction. Polymer, 41: 47-57.
28. Tabatabaie, N., M.H. Fathi Nasri, H. Farhangfar and A. Riasi. 2013. Nutritional value determination of beam irradiated barley straw. Journal of livestock research, 1: 53-62 (In Persian).
29. Tabatabaie, N., M.H. Fathi Nasri, H. Farhangfar and A. Riasi. 2014. Nutritional value determination of beam irradiated barley straw. Journal of livestock research, 2: 19-28 (In Persian).
30. Tabatabaie, N., M.H. Fathi Nasri, H. Farhangfar and A. Riasi. 2016. Nutritional value determination of beam irradiated barley straw. Journal of livestock research, 4: 9-17 (In Persian).
31. Tahan, G., M.H. Fathi nasri, A. Reyasi, M. Behgar and H. Farhangfar. 2012. Effect of electron beam irradiation on degradability coefficients and ruminalpostruminal digestibility of dry matter and crude protein of some plant protein sources. Iranian Journal of Animal Science Research, 3(4): 422-434 (In Persian).
32. Taghinejad, M., P. Shawrang, A. Rezapour, A. Sadeghi and E. Ebrahimi. 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.
33. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society, 18: 104-111.
34. Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]

Effects of Treatment by Beam Electron and Alkaline Hydrogen Peroxide on the Nutritional Value of Date Kernel Powder in Ruminants

Morteza Chaji[1] and Hassan Khenifer[2]

1- Professor, Department of Animal Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran (Corresponding author: chaji@asnrukh.ac.ir)
2- Graduated M.Sc. Student, of of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran
Received: 21 January, 2020 Accepted: 13 February, 2021

Abstract

The aim of the present experiment was to use the electron beam (beam) and alkaline hydrogen peroxide (AHP) to improve the nutritional value of date kernel powder for ruminant livestock. The date kernel powders were irradiated with the beam at doses of 0, 25, 50, 75, 100, and 125 KGy. The irradiated date kernels were then treated with 1% and 2% AHP as a 3×6 factorial experiment. Digestion and fermentation parameters of date kernel powder were measured using two-step digestion techniques and gas production methods. In comparison to the control, beam electron resulted in a decrease in NDF and ADF percentages, a significant increase in the potential of gas production, partitioning factor, truly degradable organic matter, microbial biomass production and digestibility of dry matter, NDF and ADF of date kernel ($P<0.05$) and the 100 KGy had the best results ($P<0.05$). The AHP decreased the percentage of dry matter, organic matter, and increased potential of gas production, digestibility of dry matter, NDF, and ADF of date kernel powder ($P<0.05$). Compared to the control treatment, the irradiated date kernel with AHP (interaction effect) caused to reduce the percentage of nutrients (except ash), increased gas production parameters, and nutrient digestibility. This decrease or increase was significant in some treatments and in some numerical or unchanged. However, for most of the parameters, the highest results were obtained during the treatment of high-dose irradiated date kernel powder (100 KGy or some cases 125 KGy) with different levels of hydrogen peroxide. Generally, the treatment by electron beam alone improved the nutritional value of date kernel powder, but the additive effect of the beam with hydrogen peroxide (interaction effect) was not considerable. Therefore, based on the results of this experiment, the best dose to improve the nutritional value of date kernel powder was 100 KGy with and without 2% hydrogen peroxide.

Keywords: Beam electron, Chemical composition, Digestibility, Microbial biomass production, Potential of gas production

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.5.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.60]