



تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۲۴۸-۲۳۵

تأثیرات عمل‌آوری با پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری کاه سویا

آیناز اصلانیان^{۱*}، فرزاد قنبری^۲، جواد بیات‌کوهسار^۳، بهروز کریمی‌شهرکی^۳

۱. کارشناس ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
۲. استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
۳. کارشناس، مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۱۷

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری)، هیدروکسید سدیم (۵۰ گرم در کیلوگرم) و اکسید کلسیم (۱۶۰ گرم در کیلوگرم) بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری کاه سویا در شرایط برون‌تنی انجام شد. تمامی تیمارها، به جز پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری)، تا چهار ساعت بعد از انکوباسیون تولید گاز نداشتند و دارای فاز تأخیر بودند. از زمان هشت ساعت انکوباسیون تا ۹۶ ساعت، بیش‌ترین تولید گاز در تیمارهای هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) مشاهده شد ($P < 0/05$). عمل‌آوری تأثیری بر نرخ تولد گاز نداشت، اما پتانسیل تولید گاز (**b**) را افزایش داد ($P < 0/05$). بیشترین مقدار بخش **b** مربوط به تیمارهای هیدروکسید سدیم + پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) بود. گوارش‌پذیری ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص و اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر تحت تأثیر عمل‌آوری افزایش یافتند ($P < 0/05$). بیشترین افزایش در تیمارهای هیدروکسید سدیم + پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) مشاهده شد. گوارش‌پذیری برون‌تنی ماده خشک و ماده آلی توسط پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و استفاده توأم از آن‌ها افزایش یافت ($P < 0/05$), اما اکسید کلسیم بر این صفات معنی‌دار نبود. به‌جز سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری پرتو گاما، سایر تیمارها باعث کاهش نیتروژن آمونیاکی شدند ($P < 0/05$). تولید توده میکروبی در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون، توسط تیمارهای اکسید کلسیم و اکسید کلسیم + پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) کاهش یافت ($P < 0/05$). براساس نتایج پژوهش حاضر، ارزش تغذیه‌ای کاه سویا با تیمارهای پرتو گاما و هیدروکسید سدیم افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: اکسید کلسیم، پرتو گاما، تولید گاز، کاه سویا، گوارش‌پذیری، هیدروکسید سدیم.

مقدمه

امروزه تأمین احتیاجات غذایی دام باتوجه به فقر کمی و کیفی مراتع و تأمین نبودن علوفه کافی و نیز بالا رفتن هزینه تولید، از چالش های اساسی در دامپروری است. در این زمینه، استفاده از محصولات فرعی زراعی، باتوجه به حجم وسیع تولید آن ها، بر کاهش آلودگی محیط زیست کمک کرده است و در برطرف کردن بخشی از نیازهای غذایی دام ها نیز می تواند راهگشا باشد [۲].

کاه ها به عنوان محصولات فرعی زراعت غلات، حبوبات، و ضایعات حاصل از صنایع چوب، مهم ترین ترکیبات لیگنوسلولزی اند که در دسته مواد خوراکی غیرمعمول در جیره غذایی دام ها قرار دارند. با گوارش پذیری محصولات فرعی زراعی توسط بلورهای سلولز، پیوند بین کربوهیدرات های ساختمانی و لیگنین و همچنین وجود گروه استیل در همی سلولز محدود شده است [۷]. ارزش انرژی زایی کاه ها را می توان با انجام عمل آوری مناسب بهبود بخشید [۱۴].

گیاه سویا در بیشتر مناطق دنیا و ایران برای به دست آوردن روغن آن کشت می شود. کاه سویا پس مانده زراعی با کربوهیدرات های ساختمانی و لیگنین بالاست که الیاف نامحلول در شوینده خنثی در آن بین ۵۸ تا ۷۰ درصد گزارش شده است [۱۹]. این ترکیبات باعث کاهش میزان مصرف و گوارش پذیری خوراک می شوند. عمل آوری شیمیایی مواد لیگنوسلولزی، با بازکردن ساختار توده زیستی و افزایش تخلخل آن و همچنین کاهش ساختار بلوری سلولز از طریق حذف مواد استخراجی، موجب افزایش میزان ترکیبات ساختاری و به دنبال آن افزایش قابلیت دسترسی به سلولز در مواد لیگنوسلولزی می شود. این فرایندها میکروارگانیزم های شکمبه را قادر به حمله آسان تر به کربوهیدرات های ساختاری می سازند و فرایند تجزیه آنزیمی تسریع می یابد [۲۶]. هیدروکسید سدیم

باعث شکسته شدن پیوندهای بین لیگنین و کربوهیدرات های دیواره سلولی می شود و قابلیت استفاده از آن ها را برای باکتری های هضم کننده بالا می برد، در نتیجه گوارش پذیری افزایش می یابد [۴]. پتانسیل تولید گاز و ثابت نرخ تولید گاز در کاه های عمل آوری شده با آهک، در طول ۴۸ ساعت انکوباسیون برون تنی افزایش یافت [۲۹].

پرتوتابی به عنوان روشی ایمن و معتبر برای بهبود ارزش تغذیه ای خوراک شناخته شده است و می تواند باعث لیگنین زدایی، فروپاشی، و دپلمریزه شدن ساختارهای کریستالی سلولز شود [۱۶]. پرتوهای یون ساز با تولید یون ها و رادیکال های آزاد، سبب تجزیه ترکیبات پیچیده به ویژه جداسازی پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات و شکستن پیوندهای کووالانسی می شوند [۵]. پرتوتابی گاما در سطح های متفاوت، محتوای ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی کاه گندم را به طور شایان توجهی کاهش داد، بدین ترتیب سبب افزایش گوارش پذیری ماده آلی در شرایط برون تنی می شود [۲۸]. سطح ۲۰۰ کیلوگری پرتو گاما باعث افزایش تولید گاز در کاه گندم و تفرقه گوجه فرنگی شد [۲]. تحقیقات بر اجزای سازنده دیواره سلولی نشان داد استفاده توأم از روش های فیزیکی و شیمیایی به منظور تجزیه مواد لیگنوسلولزی و بهبود ارزش تغذیه ای بقایای کشاورزی کارایی بیشتری دارد، زیرا به کمک پرتوتابی ساختارهای لیگنوسلولزی می شکنند و تیمارهای شیمیایی این عمل را تسریع می کنند [۶]. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تیمارهای پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، اکسید کلسیم، و ترکیب آن ها بر گوارش پذیری برون تنی و فراسنجه های تولید گاز کاه سویا بود.

مواد و روش ها

کاه سویای لازم در فصل پاییز از مزارع استان گلستان

تولیدات دامی

تأثیرات عمل‌آوری با پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری کاه سویا

صاف و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال یافت. سپس مایع شکمبه و بزاق مصنوعی تهیه شده به نسبت دو به یک (دو حجم بزاق مصنوعی و یک حجم مایع شکمبه) با هم مخلوط شدند. به مخلوط حاصل گاز دی‌اکسیدکربن تزریق شد و در حمام آب‌گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. حدود ۲۰۰ میلی‌گرم از ماده خشک هر نمونه خوراک، که قبلاً با الک یک میلی‌متر آسیاب شده بود، داخل بطری‌های شیشه‌ای ریخته شد. سپس مخلوط تهیه شده از مایع شکمبه و بزاق مصنوعی به بطری‌های حاوی نمونه اضافه شد. بلافاصله داخل هر بطری به‌مدت ۱۰ ثانیه گاز دی‌اکسیدکربن دمیده شد و درب آن به‌کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. برای هر نمونه سه تکرار در نظر گرفته شد. همچنین به‌منظور تصحیح گاز تولیدشده ناشی از ذرات باقی‌مانده در مایع شکمبه، سه بطری به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بطری‌ها درون حمام آب‌گرم در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس از تکنیک فشار گاز برای اندازه‌گیری گاز تولیدی استفاده شد. در فواصل زمانی دو، چهار، هشت، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون، با استفاده از فشارسنج و پس از آن با سرنگ، حجم گاز اندازه‌گیری شد. فراسنجه‌های تولید گاز با نرم‌افزار Fit curve و رابطه ۱ برآورد شد [۲۳]:

$$y = b(1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

در این رابطه، y گاز تولیدشده در زمان t ، b تولید گاز از بخش نامحلول قابل تخمیر، c عدد نپر، t ثابت نرخ تولید گاز برای بخش b و t زمان کشت هستند.

مقادیر انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص، و گوارش‌پذیری ماده آلی نمونه‌ها به‌ترتیب با روابط ۲، ۳ و ۴ و نیز مقدار اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر به‌کمک رابطه ۵ محاسبه شدند [۲۱]:

جمع‌آوری شد. پرتوتابی گامای کاه سویا در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی کرج، وابسته به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران انجام گرفت. قبل از پرتوتابی، رطوبت نمونه ماده‌های خوراکی به ۲۵ درصد رسانده شد و سپس در دمای اتاق و اتمسفر هوا با سطح‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم پرتوتابی شدند. پرتوتابی با نرخ متوسط ۰/۳۴ گری در ثانیه، با استفاده از سیستم پرتوتابی آزمایشگاهی مدل PX-30 انجام شد. در این سیستم پرتوتابی از کبالت ۶۰ به‌عنوان چشمه پرتوزای گاما استفاده می‌شود. کنترل کیفی پرتوتابی با به‌کارگیری سیستم دزی‌متر شیمیایی مرجع فریک، براساس استاندارد ASTM E1026-95 انجام شد [۸]. به‌منظور عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم، ۵۰ گرم از این ماده در یک لیتر آب مقطر حل شد و روی یک کیلوگرم ماده خشک کاه عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با سطح‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم پرتو گاما اسپری شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۷۲ ساعت در کیسه‌های پلاستیکی و در شرایط بی‌هوای نگهداری شد. پس از این مدت، کیسه‌ها باز و نمونه‌ها در معرض هوا خشک شدند. به‌منظور عمل‌آوری با اکسید کلسیم، ابتدا هر کیلوگرم کاه عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با سطح‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم پرتو گاما، با دو لیتر آب مقطر کاملاً مخلوط شد. سپس ۱۶۰ گرم اکسید کلسیم به‌صورت پودر روی آن پاشیده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۱۴ روز در کیسه‌های پلاستیکی و در شرایط بی‌هوای نگهداری شدند. پس از این مدت، کیسه‌ها باز و نمونه‌های عمل‌آوری شده در معرض هوا، خشک شدند [۱۴].

تولید گاز تیمارهای آزمایشی براساس روش استاندارد اندازه‌گیری شد [۲۲]. مایع شکمبه قبل از خوراک‌دهی صبح از سه رأس گوسفند نر نژاد دالاق (۴۵±۲) دارای فیستولای شکمبه‌ای به‌دست آمد و با پارچه متقال چهارلایه

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از صاف‌کردن محتویات کشت ۲۴ ساعته، نمونه‌های حاصل به مدت ۴۸ ساعت در آن ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس گوارش‌پذیری ظاهری محاسبه شد.

میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها از روش فنل‌هیپوکلریت و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۱]. توده میکروبی تولیدشده با رابطه ۶ محاسبه شد [۱۰]:

$$MB = GP \times (PF - 2/2) \quad (6)$$

در این رابطه، MB تولید توده میکروبی، GP میزان تولید گاز خالص بعد از ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر)، و PF عامل تفکیک (میلی‌گرم در میلی‌لیتر) هستند. عامل تفکیک برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده به میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی است. بازده مقدار توده میکروبی با تقسیم توده میکروبی تولیدشده بر مقدار ماده آلی حقیقی تخمیرپذیر در پایان زمان انکوباسیون (۲۴ ساعت) محاسبه شد. داده‌های مربوط به تولید گاز و گوارش‌پذیری با نرم‌افزار آماری SAS و رویه مدل خطی عمومی برای مدل ۷ تجزیه و میانگین‌ها به کمک آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار مقایسه شدند [۲۵]:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (7)$$

در این رابطه، Y_{ij} مقدار هر مشاهده، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار، و e_{ij} خطای آزمایشی هستند.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین حجم گاز تولیدی تیمارهای گوناگون در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲، و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون در جدول ۱ ارائه شده است. کلیه تیمارها به جز گاه فراوری‌شده با پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) تا چهار ساعت بعد از انکوباسیون تولید گاز نداشتند.

(۲)

$$ME = 2/20 + 0/136 \quad (\text{مگازول در کیلوگرم ماده خشک})$$

$$GP + 0/057 \quad CP + 0/029 \quad CF$$

(۳)

$$NE = \text{---} (\text{مگازول در کیلوگرم ماده خشک})$$

$$0/36 + 0/1149 \quad GP + 0/054 \quad CP + 0/0139 \quad EE - 0/054 \quad XA$$

(۴)

$$OMD (\text{درصد}) = 14/88 + 0/889 \quad GP + 0/45 \quad CP + 0/065 \quad XA$$

$$SCFA (\text{میلی‌مول}) = 0/222 \quad GP - \quad (5) \quad 0/0425$$

در این رابطه‌ها؛ GP میزان تولید گاز خالص بعد از ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP پروتئین خام (درصد)، CF الیاف خام (درصد)، EE چربی خام (درصد) و XA میزان خاکستر (درصد) هستند.

گوارش‌پذیری تیمارهای گوناگون به کمک روش کشت بسته اندازه‌گیری شد [۲۲]. بدین منظور، ابتدا نمونه‌ها به اندازه یک میلی‌متر آسیاب و سپس خشک شدند. روش تهیه براق مصنوعی و جمع‌آوری مایع شکمبه مطابق آنچه در آزمون تولید گاز شرح داده شد، صورت گرفت. با این تفاوت که در اندازه‌گیری گوارش‌پذیری، داخل هر یک از بطری‌های شیشه‌ای ۵۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه ریخته شد و ۵۰ میلی‌لیتر از مخلوط براق مصنوعی و مایع شکمبه به نسبت دو به یک به هر بطری اضافه شد [۲۲]. سپس به هر بطری به مدت ۱۰ ثانیه گاز دی‌اکسیدکربن دمیده شد و درب آن به کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. بطری‌ها درون حمام آب گرم در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، تمامی ویال‌ها از حمام آب گرم خارج و به ظرف حاوی یخ منتقل شدند. نمونه‌های موجود در هر ویال، با پارچه مخصوص از جنس داکرون صاف و محتویات هضم‌نشده از فاز مایع جدا شدند. سپس pH فاز مایع

تولیدات دامی

تأثیرات عمل آوری با پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش پذیری کاه سویا

جدول ۱. اثر پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر حجم تولید گاز کاه سویا در زمان‌های گوناگون انکوباسیون (میلی لیتر در گرم ماده خشک)

تیمارها	زمان انکوباسیون (ساعت)											
	۰	۲	۴	۶	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	
شاهد		۰/۰۰	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^f	۰/۰۰ ^g	۰/۰۰ ^h	۰/۰۰ ^h	۰/۰۰ ^h	۰/۰۰ ^h	۰/۰۰ ^h	۰/۰۰ ^h	۰/۰۰ ^h
پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری)		۰/۰۰	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a
پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری)		۰/۰۰	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a	۰/۰۰ ^a
هیدروکسید سدیم		۰/۰۰	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b
اکسید کلسیم		۰/۰۰	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b
هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری)		۰/۰۰	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b
هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری)		۰/۰۰	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b
اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری)		۰/۰۰	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b
اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری)		۰/۰۰	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b
اشتباه معیار میانگین ها		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
P-value			۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱
مقایسه گروهی												
شاهد در برابر عمل آوری		۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
شاهد در برابر پرتو گاما		۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی		۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
شاهد در برابر پرتو گاما+ترکیبات شیمیایی		۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
پرتو گاما در برابر ترکیبات شیمیایی		۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

df: تفاوت اعداد در هر ستون، با حروف غیرشبه معنی دار است (P<۰/۰۵).

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

آیناز اصلاتیان، فرزاد قنبری، جواد بیات کوهسار، بهروز کریمی شهرکی

جدول ۲. تأثیرات پروتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فراسادهای تولید گاز کاه سویا

شماره	پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر)	ثابت نرخ تولید گاز (میلی لیتر در ساعت)	گوارش پذیری ماده آلی (درصد)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم)	انرژی خالص (مگاژول در کیلوگرم)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی مول)
شاهد	۱۴۲/۷۸ ^e	۰/۰۲۸ ^{ab}	۲۹/۰۴ ^f	۶/۳۱ ^f	۱/۳۳ ^e	۰/۲۹۷ ^g
پروتو گاما (۱۰۰ کیلوگرمی)	۲۰۰/۱۴ ^b	۰/۰۳۱ ^a	۳۵/۳۳ ^{bc}	۵/۱۶ ^{ab}	۲/۰۲ ^{ab}	۰/۴۴۷ ^{bc}
پروتو گاما (۱۵۰ کیلوگرمی)	۱۹۰/۵۷ ^{bc}	۰/۰۳۰ ^{ab}	۳۳/۳۳ ^{de}	۴/۸۶ ^{cd}	۱/۸۰ ^e	۰/۴۰۳ ^{de}
هیدروکسید سدیم	۱۸۵/۴۷ ^{cd}	۰/۰۳۱ ^a	۳۴/۲۵ ^{cd}	۵/۰۳ ^{bc}	۱/۸۵ ^{bc}	۰/۴۱۷ ^{cd}
اکسید کلسیم	۱۷۶/۷۸ ^{cd}	۰/۰۲۶ ^b	۳۳/۲۶ ^{de}	۴/۷۶ ^{de}	۱/۴۸ ^d	۰/۳۷۰ ^{ef}
هیدروکسید سدیم+پروتو گاما (۱۰۰ کیلوگرمی)	۲۲۵/۸۹ ^a	۰/۰۲۷ ^{ab}	۳۶/۱۸ ^{ab}	۵/۳۳ ^{ab}	۲/۰۵ ^a	۰/۴۶۳ ^{ab}
هیدروکسید سدیم+پروتو گاما (۱۵۰ کیلوگرمی)	۲۲۵/۳۰ ^a	۰/۰۲۸ ^{ab}	۳۷/۱۷ ^a	۵/۴۸ ^a	۲/۱۶ ^a	۰/۴۸۷ ^a
اکسید کلسیم+پروتو گاما (۱۰۰ کیلوگرمی)	۱۷۵/۶۷ ^d	۰/۰۲۵ ^b	۳۲/۰۸ ^c	۴/۵۷ ^c	۱/۴۱ ^{de}	۰/۳۵۷ ^f
اکسید کلسیم+پروتو گاما (۱۵۰ کیلوگرمی)	۱۷۹/۰۶ ^{cd}	۰/۰۲۸ ^{ab}	۳۳/۱۵ ^{de}	۴/۷۴ ^{de}	۱/۵۲ ^d	۰/۳۸۰ ^{def}
اشتباه معیار میانگین ها	۴/۸۰۰۰	۰/۰۰۱۵	۰/۵۱۳	۰/۰۷۸	۰/۰۶۵	۰/۰۱۳
P-value	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۵۸۹	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

مقایسه گروهی	مقایسه گروهی
شاهد در برابر عمل آوری	<۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر پروتو گاما	<۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی	<۰/۰۰۰۱
شاهد در برابر پروتوگاما+ترکیبات شیمیایی	<۰/۰۰۰۱
پروتو گاما در برابر ترکیبات شیمیایی	۰/۰۰۸۲

ns: تفاوت اعداد در هر ستون، با حروف غیرمشابه معنی دار است (P<۰/۰۵).

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

تأثیرات عمل‌آوری با پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری کاه سویا

عمل‌آوری کاه سویا بر تولید گاز در زمان‌های گوناگون انکوباسیون تأثیر گذاشت ($P < 0/05$). از زمان هشت تا ۹۶ ساعت انکوباسیون، در مجموع بیشترین تولید گاز در تیمارهای هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) مشاهده شد ($P < 0/05$). نتایج حاصل از تأثیر پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر مقادیر فراسنجه‌های تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی کاه سویا در جدول ۲ نشان داده شده است.

روش‌های گوناگون عمل‌آوری، پتانسیل تولید گاز را افزایش دادند ($P < 0/01$). در این خصوص، تأثیر پرتو گاما بیشتر از ترکیبات شیمیایی بود ($P < 0/01$). در پایان مدت انکوباسیون، بیشترین پتانسیل تولید گاز مربوط به تیمارهای هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود. طبق نتایج مقایسات گروهی، عمل‌آوری کاه سویا با تیمارهای متفاوت سبب افزایش گوارش‌پذیری ماده‌آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص، و اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر شد ($P < 0/01$). در این خصوص، تأثیر پرتو گاما بیشتر از ترکیبات شیمیایی بود ($P < 0/01$). عمل‌آوری توأم ترکیبات شیمیایی و پرتو گاما نیز افزایش معنی‌دار فراسنجه‌های اشاره‌شده را در پی داشت ($P < 0/01$).

نتایج مقایسه‌میانگین نشان داد که عمل‌آوری با تیمارهای متفاوت باعث افزایش این فراسنجه‌ها شد ($P < 0/05$). بیشترین مقدار گوارش‌پذیری ماده‌آلی و اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر در تیمارهای هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) مشاهده شد. بیشترین مقدار انرژی قابل متابولیسم و انرژی خالص در تیمارهای پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری) و هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) به دست آمد. عمل‌آوری با پرتو گاما باعث لیگنین‌زدایی، دپلمریزه شدن، و شکستن پیوندهای کووالانسی و تغییر در

ساختار بلوری سلولز می‌شود [۱۶]. عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی با ترکیبات شیمیایی، منجر به دفع لیگنین و همی‌سلولز، کاهش بلورینگی سلولز، و افزایش تخلخل سطح ماده و در نتیجه تسهیل تجزیه میکربی سلولز می‌شود [۲۶]. نتیجه تمامی تغییرات حاصل از عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی، افزایش قابلیت حل ترکیبات دیواره سلولی است. در پژوهش حاضر نیز روش‌های گوناگون عمل‌آوری بر تولید گاز کاه سویا تأثیرگذار بودند.

به دلیل وجود همبستگی منفی بین الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و نرخ و حجم گاز تولیدی، کاهش در میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی باعث افزایش گاز تولیدی شد [۱۷]. این امر ممکن است در نتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به دلیل دریافت منابع کربوهیدرات محلول باشد [۲۷]. همچنین بین منبع کربوهیدرات و منبع نیتروژن برای کیتیک تولید گاز اثر متقابل وجود دارد. هرچه همزمانی بین تجزیه‌پذیری کربوهیدرات و نیتروژن بهتر و نسبت نیتروژن به کربوهیدرات متناسب‌تر با نیاز میکروب‌ها باشد، بهبود در فرایند تخمیر در محیط تولید گاز قابل انتظار است [۱۵].

گزارش‌های بسیاری در زمینه بهبود فرایند تخمیر و تولید گاز در اثر استفاده از ترکیبات شیمیایی [۳۶] و پرتوتابی [۲، ۲۸] ارائه شده است. کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی در اثر تیمار هیدروکسید سدیم، نقش مهمی در افزایش گوارش‌پذیری و تولید گاز دارد. درحقیقت آزاد شدن همی‌سلولز با این ترکیب شیمیایی باعث دسترس پذیرتر شدن آن برای آنزیم‌ها و در نتیجه افزایش راندمان بهره‌وری انرژی آن می‌شود [۱۳]. مقدار تولید گاز اولیه، پتانسیل تولید گاز، و ثابت نرخ تولید گاز در کاه‌های عمل‌آوری شده با آهک در طول ۴۸ ساعت انکوباسیون افزایش می‌یابد [۲۹]. محققان در بررسی تأثیر سطح‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، و ۲۰۰۰ کیلوگری پرتو گاما بر ترکیب

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

افزایش در تجزیه پذیری دیواره سلولی، گوارش پذیری ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم شده است [۱۲]. افزایش انرژی قابل متابولیسم و گوارش پذیری ماده آلی در برخی محصولات فرعی زراعی عمل آوری شده با پرتو گاما و هیدروکسید سدیم گزارش شده است [۶].

در پژوهش حاضر، همبستگی بین حجم گاز تولیدی و انرژی قابل متابولیسم معنی دار بود ($r=0/9946$) و ($P=0/0001$). حجم گاز تولیدی در 24 ساعت پس از انکوباسیون، با انرژی قابل متابولیسم خوراک در ارتباط است [۲۱]. بالابودن میزان گاز تولیدی بیانگر بالابودن انرژی متابولیسمی و همچنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسمها است (۳). در پژوهش حاضر، همبستگی مثبت و معنی داری بین تولید گاز و اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر مشاهده شد ($r=0/9999$ و $P=0/0001$) که با نتایج دیگران هم خوانی دارد [۱۰، ۲۱]. افزایش مقدار اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر، منجر به افزایش تولید گاز شده که برآمدی از افزایش در گوارش پذیری و ارزش انرژی است. حجم گاز تولیدی، منعکس کننده تخمیر مواد خوراکی به اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر است. این صفت به طور دقیقی با مقدار و نسبت استات و بوتیرات مرتبط است، زیرا فقط تخمیر ماده خوراکی به استات و بوتیرات است که تولید گاز دی اکسید کربن و گاز متان می کند [۹].

نتایج حاصل از تأثیر پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی، نیتروژن آمونیاکی، pH، و فراسنجه های تخمینی کاه سویا در جدول ۳ نشان داده شده است. کاه عمل آوری شده با دزهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری، هیدروکسید سدیم، و هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) باعث افزایش گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه سویا در مقایسه با شاهد شدند ($P<0/05$). در پژوهش حاضر،

شیمیایی و فراسنجه های تخمیری کاه برنج بیان کردند که تولید گاز تجمعی ناشی از تخمیر کاه با سطح های ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگری پرتو گاما افزایش یافت. اما سطح های پایین تر از ۱۵۰۰ کیلوگری، تأثیری بر فراسنجه های تولید گاز نداشت [۲۸]. تیمار کاه گندم با هیدروکسید سدیم و پرتو گاما (۲۰۰ کیلوگری)، مقدار تولید گاز تجمعی و پتانسیل تولید گاز را افزایش می دهد. همچنین عمل آوری با هیدروکسید سدیم سبب افزایش نرخ تولید گاز شد ولی عمل آوری با پرتو گاما (۵۰، ۱۰۰، و ۲۰۰ کیلوگری) تأثیری در افزایش نرخ تولید گاز نداشت که با نتایج پژوهش حاضر توافق دارد [۲].

در پژوهش حاضر، فراسنجه های تخمینی شامل گوارش پذیری ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص، و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تحت تأثیر عمل آوری با تیمارهای پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری)، هیدروکسید سدیم، اکسید کلسیم، و ترکیب آنها افزایش یافتند. تأثیر عمل آوری شیمیایی بر گوارش پذیری الیاف، ناشی از افزایش قابلیت تخمیر این مواد است. باتوجه به این که میزان کربوهیدرات محلول موجود در کاه بسیار کم است (۱/۰ تا ۲ درصد)، حمله میکروارگانیسمها و تشکیل کلنی های باکتریایی در سطح کاه با تأخیر انجام می شود و شروع فرایند هضم به طول می انجامد. بنابراین عمل آوری شیمیایی با فراهم آوردن کربوهیدرات های محلول بیشتر، موجب افزایش اتصال میکروبها شده و تجزیه پذیری پلی ساکاریدهای دیواره سلولی بهبود یافته است [۲۹].

پرتوهای یون ساز با تولید یونها و رادیکال های آزاد، سبب دپلمریزه شدن ترکیبات پیچیده به ویژه جداسازی پیوندهای بین سلولز و سایر ترکیبات و شکستن پیوندهای کووالانسی می شوند. بدین ترتیب باعث افزایش تجزیه شکمبه ای ترکیبات لیگنوسلولزی می شوند [۵]. عمل آوری تفاله نیشکر با بخاردهی و هیدروکسید سدیم، باعث

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

تأثیرات عمل آوری با پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فرآورده‌های تولید گاز و گوارش پذیری کاه سویا

بهبودی در گوارش پذیری ماده آلی در اثر افزودن هیدروکسید سدیم حاصل نشد [۱۲]. در رابطه با تأثیر اکسید کلسیم بر مواد الیافی، شرایط عمل آوری (حرارت، رطوبت، زمان، و مانند اینها) بسیار مهم است [۲۹]. شرایط مناسب برای عمل آوری با اکسید کلسیم هنوز به درستی شناخته نشده است. استفاده از اکسید کلسیم برای عمل آوری با وجود مزایای فراوانی که دارد، در عمل با محدودیت‌های فراوانی نیز همراه است. اکسید کلسیم ماده شیمیایی ضعیف‌تری در مقایسه با هیدروکسید سدیم بوده و تأثیر آن بر دیواره سلولی کمتر است. محلولیت اکسید کلسیم در آب کم بوده و در مقایسه با هیدروکسید سدیم مدت بیشتری برای عمل آوری با آن لازم است [۲۴].

در پژوهش حاضر، پایین‌ترین میزان گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی در تیمارهای حاوی اکسید کلسیم مشاهده شد. مطابق آنچه در شرایط آزمایش مشاهده شد، محلول اکسید کلسیم روی کاه سویا باقی ماند که به دلیل ماهیت نامحلول بودن، به خوبی با کاه مخلوط نشد. در پژوهشی تأثیر اکسید کلسیم و هیدروکسید کلسیم بر گوارش پذیری برون‌تنی کاه سویا بررسی و در نتایج مشاهده شد که تیمارهای اعمال شده با این که دیواره سلولی کاه سویا را کاهش دادند، اما تأثیری بر گوارش پذیری برون‌تنی نداشتند [۱۸]. در پژوهش حاضر، پرتوتابی باعث افزایش گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه سویا شد. هرچند بین سطح‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی اختلافی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که استفاده توأم از روش‌های فیزیکی و شیمیایی به منظور تجزیه مواد لیگنوسلولزی و بهبود ارزش تغذیه‌ای بقایای کشاورزی کارایی بیشتری دارد، زیرا به کمک پرتوتابی ساختارهای لیگنوسلولزی شکسته می‌شوند و تیمارهای شیمیایی این عمل را سریع‌تر می‌کنند [۷].

بیشترین گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی مربوط به تیمارهای حاوی هیدروکسید سدیم (هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرمی) بود که مقدار گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی را به ترتیب ۵۱/۱۰، ۵۰/۹۷، ۵۸/۸۰ درصد و نیز ۴۱/۷۴، ۴۱/۵۲، و ۵۰/۱۰ درصد به نسبت تیمار شاهد افزایش دادند.

در دیواره سلولی، همی سلولز در پیوند با سلولز قرار دارد. هضم میکروبی سلولز تا زمانی که همی سلولز برداشته یا شکسته نشود، محدود خواهد بود. از طرف دیگر، هضم میکروبی همی سلولز به دلیل اتصال آن با لیگنین و اسیدهای فنلی پایین است. بنابراین لیگنین زدایی باعث حل شدن بیشتر همی سلولز و در نتیجه افزایش هضم همی سلولز و سلولز خواهد شد [۱۳]. عمل آوری مواد الیافی با ترکیبات شیمیایی، موجب تورم دیواره سلولی، کاهش بلورینگی، و انسجام سلولز می‌شود. چنین موادی عوامل هیدروکسیل واحدهای گلوکز در مولکول سلولز را در معرض واکنش قرار می‌دهند و باعث کاهش شدت بلورینگی سلولز می‌شوند. این امر اثر پوشاندگی موادی چون لیگنین و سیلیس را بر سلولز کاهش و آمادگی دیواره سلولی را برای هیدرولیز افزایش می‌دهد [۱]. اثر بازدارندگی اسیدهای فنلی نیز در هضم کربوهیدرات‌های ساختمانی به وسیله ترکیبات شیمیایی حذف یا محدود می‌شود [۱۳]. بنابراین، بهبود چشم‌گیری در گوارش پذیری سلولز در کاه عمل آوری شده با مواد شیمیایی صورت می‌گیرد. هیدروکسید سدیم با شکستن پیوندهای بین لیگنین و کربوهیدرات‌های دیواره سلولی قابلیت استفاده از آن‌ها را برای باکتری‌های هضم‌کننده بیشتر می‌کند. این امر باعث افزایش گوارش پذیری می‌شود [۴].

همسو با نتایج پژوهش حاضر، افزایش گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی در نتیجه استفاده از هیدروکسید سدیم گزارش شده است [۴، ۶، ۷]، اما در یک پژوهش

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

آیناز اصلاتیان، فرزاد قنبری، جواد بیات کوهسار، بهروز کریمی شهرکی

جدول ۳: تأثیرات پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر گوارش پذیری ماده خشک و pH، نیتروژن آمونیاکی، pH، و فراسنجه‌های تخمینی کاه سویا

بازده تولید توده میکروبی در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون	توده میکروبی	تولیدشده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون	تولیدشده پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون	عامل تشکیل (میلی گرم بر میلی لیتر)	pH محیط	نیتروژن آمونیاکی محیط کشت (میلی گرم بر دسی لیتر)	گوارش پذیری ماده آلی (درصد)	گوارش پذیری ماده خشک (درصد)	تیمارها
۰/۵۸۸ ^a	۹۹/۷۴ ^{ab}	۶۲/۳۱ ^f	۵/۳۵ ^a	۶/۸۴	۱۵/۵ ^{ab}	۲۵/۷۷ ^d	۳۶/۴۰ ^d	شاهد	
۰/۴۳۷ ^{cd}	۹۰/۹۳ ^b	۱۰۶/۶۹ ^a	۳/۹۱ ^{cd}	۶/۸۳ ^{de}	۱۵/۴ ^{ab}	۴۴/۵۸ ^b	۴۴/۸۳ ^{ab}	پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری)	
۰/۴۵۱ ^{bed}	۹۰/۴۸ ^b	۹۹/۸۴ ^c	۴/۰۱ ^{bed}	۶/۸۳ ^{de}	۱۶/۳۶ ^a	۴۲/۵۵ ^{bc}	۴۲/۱۳ ^{bc}	پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری)	
۰/۵۱۷ ^{ab}	۱۱۴/۳۰ ^a	۹۷/۱۴ ^c	۴/۵۶ ^b	۶/۹۵ ^{bc}	۱۳/۶۸ ^d	۵۰/۷۰ ^a	۵۵/۰۰ ^a	هیدروکسید سدیم	
۰/۴۵۹ ^{bed}	۶۴/۸۳ ^c	۶۸/۰۸ ^c	۴/۱۳ ^{bed}	۷/۱۶ ^a	۱۳/۹ ^{cd}	۳۷/۴۰ ^d	۳۶/۷۳ ^{cd}	اکسید کلسیم	
۰/۵۰۰ ^{bc}	۱۱۰/۴۵ ^{ab}	۱۰۰/۳۶ ^{bc}	۴/۴۱ ^{bc}	۶/۸۷ ^{cd}	۱۴/۰ ^{cd}	۵۰/۶۳ ^a	۵۴/۹۳ ^a	هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری)	
۰/۵۰۶ ^{bc}	۱۱۸/۸۳ ^a	۱۰۴/۸۱ ^{ab}	۴/۴۸ ^{bc}	۶/۸۱ ^{de}	۱۴/۱ ^{cd}	۵۲/۶۹ ^a	۵۷/۸۰ ^a	هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری)	
۰/۴۷۱ ^{bed}	۶۹/۷۸ ^c	۷۰/۳۴ ^c	۴/۲۰ ^{bed}	۶/۹۵ ^{bc}	۱۲/۰ ^{cd}	۳۹/۱۶ ^{cd}	۳۶/۵۳ ^{cd}	اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری)	
۰/۴۰۵ ^d	۶۱/۹۸ ^c	۸۱/۴۹ ^d	۳/۸۳ ^{cd}	۷/۰ ^{ab}	۱۴/۸ ^{bc}	۴۰/۳۹ ^{bed}	۳۸/۶۰ ^{cd}	اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری)	
۰/۰۲۶	۶/۶۶۹	۱/۵۱۸	۰/۲۰۱	۰/۰۴۴	۰/۴۴۳	۱/۵۵۸	۱/۹۳۴	اشتباه معیار میانگین‌ها	
۰/۰۰۵۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	P-value	

مقایسه گرونی	شاهد در برابر عمل آوری	شاهد در برابر پرتو گاما	شاهد در برابر ترکیبات شیمیایی	شاهد در برابر پرتو گاما+ترکیبات شیمیایی
۰/۰۰۰۵	۰/۳۳۳۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
۰/۰۰۰۳	۰/۳۰۳۳	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
۰/۰۰۰۵۷	۰/۴۴۸۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۲۰
۰/۰۰۰۸	۰/۳۳۹۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۷
۰/۱۰۰۸	۰/۸۷۲۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۶۲

a-f: تفاوت اعداد در هر ستون، با حروف غیر مشابه معنی دار است (P<۰/۰۵).

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

تأثیرات عمل‌آوری با پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری کاه سویا

بافر، و بزاق است [۳۰]. هرچه میزان تخمیر شکمبه‌ای افزایش یابد، محصولات فرعی حاصل از آن یعنی اسیدهای چرب فرار نیز افزایش می‌یابد که این باعث کاهش pH شکمبه می‌شود. در این پژوهش تیمارهای پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) تأثیری بر pH مایع شکمبه نداشتند، اما تیمارهای ترکیبات شیمیایی، pH محیط کشت را به سمت قلیایی شدن پیش بردند. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، زمان استفاده از اکسید کلسیم، ذرات آن بر کاه سویا رسوب و به دلیل ماهیت قلیایی همانند بافر در مقابل pH پایین محیط کشت مقاومت می‌کند. زمانی که اکسید کلسیم طی عمل‌آوری با آب ترکیب می‌شود، سریعاً به هیدروکسید کلسیم تبدیل می‌شود [۲۹]. عمل‌آوری کاه با هیدروکسید سدیم باعث ترکیب سدیم با کربن‌های دیواره کاه و تشکیل کربنات سدیم می‌شود، در نتیجه pH کاه افزایش می‌یابد [۳۰].

تمامی تیمارها مقدار عامل تفکیک را کاهش دادند ($P < 0/05$). کمترین مقدار عامل تفکیک در تیمار اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری) مشاهده شد. هرچند که تفاوت آن با تیمارهای پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) و اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری) معنی‌دار نبود. مقدار گاز تولیدشده بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون توسط تمام تیمارها افزایش یافت ($P < 0/05$). بیشترین مقدار تولید گاز در تیمارهای پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری) و هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری) مشاهده شد. نتایج مقایسات گروهی نشان داد که در مجموع عمل‌آوری تأثیری بر تولید توده میکروبی نداشت ($P = 0/2331$). تیمارهای اکسید کلسیم و اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) باعث کاهش تولید توده میکروبی شدند ($P < 0/05$). در بین تیمارهای عمل‌آوری‌شده، بالاترین بازده تولید توده میکروبی مربوط به تیمار هیدروکسید سدیم و پایین‌ترین مقدار مربوط به تیمار اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری) بود.

در پژوهش حاضر نیز استفاده توأم از پرتو گاما و هیدروکسید سدیم، باعث افزایش بیشتر گوارش‌پذیری شد. افزایش گوارش‌پذیری برخی محصولات فرعی زراعی در اثر تیمارهای پرتو گاما و هیدروکسید سدیم گزارش شد [۶].

نتایج مقایسات گروهی نشان داد که عمل‌آوری با پرتو گاما تأثیری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی نداشت، اما عمل‌آوری شیمیایی باعث کاهش این صفت شد ($P < 0/01$). استفاده توأم از پرتو گاما و ترکیبات شیمیایی نیز باعث کاهش نیتروژن آمونیاکی شد ($P < 0/01$). طبق نتایج مقایسه میانگین کمترین مقدار این صفت در تیمار اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۰۰ کیلوگری) مشاهده شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی از مؤلفه‌های مهم در برآورد مصرف ماده خشک و گوارش‌پذیری الیاف است. در پژوهش حاضر، نیتروژن آمونیاکی در تمامی تیمارها به جز پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) کاهش یافت. در پژوهشی گوارش‌پذیری کاه گندم در اثر عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم در شکمبه و کل دستگاه گوارش بهبود یافت. همچنین غلظت آمونیاک کاهش و سطح اسیدهای چرب فرار شکمبه افزایش یافت. افزایش سطح اسیدهای چرب فرار معمولاً ناشی از بالارفتن میزان تخمیر در شکمبه است. از طرف دیگر، بالارفتن میزان هضم و انرژی دسترس‌پذیر در شکمبه موجب تحریک باکتری‌ها به رشد بیشتر شده است، در نتیجه آمونیاک بیشتری مصرف می‌شود [۱۳].

تیمارهای پرتو گاما (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگری) و هیدروکسید سدیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری) تأثیری بر pH محیط کشت نداشتند، سایر تیمارها باعث افزایش آن شدند ($P < 0/05$). بیشترین مقدار pH در تیمارهای اکسید کلسیم مشاهده شد، هرچند اختلاف آن با تیمار اکسید کلسیم+پرتو گاما (۱۵۰ کیلوگری) معنی‌دار نبود. pH مایع شکمبه، تعادلی از غلظت اسیدهای چرب فرار عمده در شکمبه (استات، پروپیونات، بوتیرات، و لاکتات)، آمونیاک،

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

تحت تأثیر تیمارهای گوناگون است [۳۰].
براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، تیمارهای پرتو گاما و هیدروکسید سدیم و استفاده توأم از آن‌ها باعث بهبود فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش پذیری کاه سویا در شرایط برون تنی می‌شوند. مطالعات درون تنی به منظور بررسی تأثیر این تیمارها بر ارزش تغذیه‌ای کاه سویا لازم است. ضمن این‌که صرفه اقتصادی استفاده از فرایند پرتوتابی در عمل‌آوری بقایا و محصولات فرعی زراعی باید بررسی شود.

منابع

- دارایی گرمه‌خانی ا (۱۳۹۲) بهینه‌سازی قندهای قابل تخمیر از بقایای لیگنوسلولزی کلزا با استفاده از پیش تیمارهای نوین. رساله دکتری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- سبحانی راد س، بهگر م، وکیلی ر و الهی ترشیزی م (۱۳۹۱) تأثیر پرتوتابی گاما و عمل‌آوری با سود سوزآور بر فراسنجه‌های تولید گاز برخی از محصولات فرعی کشاورزی در شرایط آزمایشگاهی (*in vitro*). پژوهش‌های علوم دامی ایران. ۴(۴): ۳۱۶-۳۲۲.
- مقدم م، تقی‌زاده ا، نوبخت ع و احمدی ا (۱۳۹۰) ارزش غذایی تفاله انگور و برگ مو کشمشی با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز. پژوهش‌های علوم دامی ایران. ۳(۴): ۴۳۵-۴۴۳.
- یلچی ط، کارگر ش، خوروش م و قربانی غ (۱۳۹۱) اثر هیدروکسید سدیم بر روی ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم آزمایشگاهی کاه سویا. پنجمین کنگره علوم دامی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان.

در پژوهش حاضر، عامل تفکیک در محدوده ۳/۷۳ تا ۵/۳۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر قرار داشت. مقدار عامل تفکیک در خوراک‌های متعارف بین ۲/۷۴ تا ۴/۶۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش شده است [۱۰]. در پژوهش حاضر عامل تفکیک کاه سویای عمل‌آوری نشده ۵/۳۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر به دست آمد که بالاتر از محدوده متعارف بود که احتمالاً دلیل آن وجود عامل ضدتغذیه‌ای در کاه سویا است. عامل تفکیک بالاتر از ۹/۹۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در برخی از گیاهان غنی از تانن گزارش شده است [۲۰]. وجود عوامل ضدتغذیه‌ای به این دلیل باعث بالارفتن عامل تفکیک می‌شوند که ممکن است در جریان تخمیر و هضم، از نمونه خوراکی شسته و در ناپدیدشدن ماده خشک سهمی شوند، بدون آن‌که در فرایند تخمیر (تولید گاز) مشارکتی داشته باشند، یا این‌که این عوامل ضدتغذیه‌ای سبب جلوگیری از حلالیت سایر ترکیبات به خصوص پروتئین‌ها شده باشند. در واقع باعث رقیق‌شدگی مواد مغذی شده‌اند و در ازای گوارش پذیری به دست آمده، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی صورت نگرفته است [۲۰].
در پژوهش حاضر، همبستگی معنی‌داری بین تولید گاز و تولید توده میکروبی مشاهده نشد ($P=0/1382$ و $P=0/53$). هرچند از نظر عددی تیمار شاهد با کمترین مقدار تولید گاز، بیشترین میزان تولید توده میکروبی را داشت. همبستگی منفی بین تولید گاز و تولید توده میکروبی مشاهده شده است [۱۰]. همچنین در این پژوهش، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تولید گاز با قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی کاه سویا مشاهده شد (به ترتیب $r=0/8412$ ، $r=0/8977$ ، $P=0/0045$ و $P=0/0010$). در شرایط برون‌تنی، همبستگی بالایی بین گوارش پذیری ماده خشک و گوارش پذیری ماده آلی با حجم گاز وجود دارد [۹، ۲۷]. بالابودن میزان گوارش پذیری به دلیل کم‌تر بودن میزان لیگنین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی

تولیدات دامی

تأثیرات عمل‌آوری با پرتو گاما، هیدروکسید سدیم، و اکسید کلسیم بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری کاه سویا

5. Alberti A, Bertini S, Gastaldi G, Iannaccone N, Macciantelli D, Torri G and Vismara E (2005) Electron beam-irradiated textile cellulose fibers. *European Polymer Journal*. 41: 1787-1797.
6. Al-Masri MR (1999) *In vitro* digestible energy of some agricultural residues, as in fluency by gamma irradiation and sodium hydroxide. *Applied Radiation and Isotopes*. 50: 295-301.
7. Al-Masri MR (2005) Nutritive value of some agricultural wastes as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatments. *Bioresour Technol*. 96: 1737-1741.
8. ASTM (1984) Method for using the Fricke dosimeter to measure absorbed dose in water. ASTM Standard E 1026.
9. Blummel M and Orskov ER (1993) Composition of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 40: 109-119.
10. Blummel M, Makkar HPS and Becker K (1997) *In vitro* gas production: a technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 77: 24-34.
11. Broderick GA and Kang JH (1980) Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*. 63: 64-75.
12. Chaji M, Mohammadabdi T, Mamouei M and Tabatabaei S (2010) The effect of processing with high steam and sodium hydroxide on nutritive value of sugarcane pith by *in vitro* gas production. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9: 1015-1018.
13. Chaudhry AS (1998) Nutrient composition, digestion and rumen fermentation in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*. 74: 315-328.
14. Chaudhry AS (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.
15. Dewhurst RJ, Hepper D and Webster AJF (1995) Comparison of *in sacco* and *in vitro* techniques for estimating the rate and extent of rumen fermentation of a range of dietary ingredients. *Animal Feed Science and Technology*. 51: 211-229.
16. Driscoll M, Stipanovic A, Winter W, Cheng K, Manning M, Spiess J, Galloway RA and Cleland MR (2009) Electron beam irradiation of cellulose. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*. 78: 539-542.
17. Haddi ML, Filacorda S, Meniai K, Rollin F and Susmel P (2003) *In vitro* fermentation kinetics of some halophyte shrubs sampled at three stage maturity. *Animal Feed Science of Technology*. 104: 215-225.
18. Khorvash M, Kargar S, Yalchi T and Ghorbani GR (2010) Effects of calcium oxide and calcium hydroxide on the chemical composition and *in vitro* digestibility of soybean straw. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 8: 356-359.
19. Maheri-Sis N, Abdollahi-Zive B, Salamatdoustnobar R, Ahmadzadeh AR, Aghajanzadeh-Golshani A and Mohebbizadeh M (2011) Determining nutritive value of soybean straw for ruminants using nylon bags technique. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10: 838-841.
20. Makkar HPS, Blummel M and Becker K (1995) Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

- tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. British Journal of Nutrition. 73: 897-913.
21. Menke KH and Steingass H (1988) Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research and Development. 28: 7-55.
 22. Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D and Schneider W (1979) The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agricultural Science. 92: 217-222.
 23. Ørskov ER and McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rumen rate of passage. Journal of Agricultural Science. 92: 499-503.
 24. Owen E, Klopfenstan T and Urio NA (1984) Treatment with other chemicals in straw and other fibrous by-product as feed. Sundstol and Owen ed. Elsevier Science publishers, Amsterdam. Pp. 248-273.
 25. SAS (2003) SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC, USA.
 26. Selim ASM, Pan J, Takano T, Suzuki T, Koike S, Kobayashi Y and Tanaka K (2004) Effect of ammonia treatment on physical strength of rice straw, distribution of straw particles and particle associated bacteria in sheep rumen. Animal Feed Science and Technology. 115: 117-128.
 27. Sommart K, Parker DS, Rowlinson P and Wanapat M (2000) Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an *in vitro* system using Cassava, Rice straw and dried Ruzi grass as substrates. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 13: 1084-1093.
 28. Tang SX, Wang KQ, Cong ZH, Wang M, Han XF, Zhou CS, Tan ZL and Sun ZH (2012) Changes in chemical composition and *in vitro* fermentation characters of rice straw due to gamma irradiation. Journal of Food and Agriculture and Environment. 10: 459-462.
 29. Trach NX, Mo M and Xuan Dan C (2001) Effects of treatment of rice straw with lime and/or urea on its chemical composition, *in vitro* gas production and *in sacco* degradation characteristics. Livestock Research for Rural Development. 13: 117-134.
 30. Van Soest PJ (1994) Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, New York. P. 374.