مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۳۰ شماره ۴/ سال۱۳۹۹/ صفحات ۴۱ تا ۵۷

DOI: 10.22034/as.2021.34955.1512

تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم کاه گندم در شرایط برون تنی

الهام خواجه[۱]، جواد بیات کوهسار[۲*]، فرزاد قنبری[۲] و فاختک طلیعی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/٦/۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/٤/۲

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

[۲] استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

[۳] استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

[*]مسئول مکاتبه: Email: Javad_bayat@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: کاه‌ها از جمله محصولات فرعی کشاورزی مورد استفاده در جیره نشخوارکنندگان می‌باشند. از جمله محدودیت‌ها در تغذیه آن‌ها، قابلیت هضم پایین، به‌دلیل وجود پیوند بین کربوهیدرات‌های ساختمانی و لیگنین و همچنین وجود گروه استیل در همی‌سلولز می‌باشد. لذا می‌توان ارزش غذایی آن‌ها را با انجام عمل‌آوری‌های مناسبی بهبود بخشید. **هدف:** مطالعه‌ای به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی کاه گندم در قالب طرح کاملاً تصادفی با هشت تیمار انجام شد. **روش کار:** پس از عمل‌آوری، ترکیب شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین شد. ، از آزمون تولید گاز برای برآورد فراسنجه‌های تولید گاز استفاده شد. قابلیت هضم برون‌تنی نمونه‌ها با استفاده از روش کشت بسته انجام شد. **نتایج:** بین تیمارهای عمل‌آوری شده از نظر ترکیب شیمیایی (ماده خشک، خاکستر، ماده آلی و پروتئین خام) اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$). در بین تیمارهای عمل‌آوری شده شیمیایی، تیمارهای عمل‌آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن بالاترین و تیمارهای عمل‌آوری شده با اوره پایین‌ترین مقدار خاکستر را داشتند. در بین تیمارهای عمل‌آوری شده با دو گونه قارچ از نظر ترکیب شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/05$). روش‌های مختلف عمل‌آوری تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل و نرخ تولید گاز داشتند ($P<0/05$). تیمارهای عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن بالاترین و تیمار عمل‌آوری شده با قارچ تریکودرما (۲۱ روز) پایین‌ترین پتانسیل تولید گاز را داشتند. عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن به‌طور معنی‌داری قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی را افزایش دادند ($P<0/05$). **نتیجه‌گیری کلی:** به‌طورکلی، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن در بهبود ارزش تغذیه‌ای کاه گندم موثر بودند.

واژگان کلیدی: تولید گاز، کاه گندم، عمل‌آوری، قابلیت هضم

مقدمه

در صنعت پرورش دام، به‌دلایل مختلفی ازجمله کاهش هزینه‌های تولیدی یا عدم دسترسی به‌مواد خوراکی با کیفیت بالا، استفاده از محصولات فرعی زراعی[1] به‌عنوان خوراک دام از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد (سبحانی راد و همکاران ۱۳۹۱). این محصولات در طی فرآیند جمع‌آوری و عمل‌آوری محصولات اصلی زراعی و یا صنایع غذایی به‌دست می‌آیند (بامپیدیس و همکاران ۲۰۰۶). بخش اصلی این محصولات را مواد لیگنو سلولزی[2] تشکیل می‌دهند (فضائلی ۱۳۸۸). کاه‌ها به‌عنوان محصولات فرعی زراعت غلات، حبوبات و ضایعات حاصل از صنایع چوب، مهم‌ترین ترکیبات لیگنو سلولزی بوده که در دسته مواد خوراکی غیرمعمول در جیره غذایی دام‌ها قرار دارند (یانگ و همکاران ۲۰۱۲). بنابراین بهبود ارزش تغذیه‌ای این علوفه‌ها ضروری می‌باشد. بدین منظور می‌توان ارزش تغذیه‌ای بسیاری از مواد خوراکی لیگنوسلولزی با لیگنین‌زدایی به‌روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بهبود بخشید. قاعده این روش‌ها بر اساس شکافتن ترکیب سلولز- لیگنین که با استخراج یا تجزیه لیگنین امکان‌پذیر است (موسیر و همکاران ۲۰۰۵). روش‌های بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی برای عمل‌آوری محصولات فرعی زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمل‌آوری شیمیایی شامل استفاده از مواد قلیایی، عوامل اکسیداتیو و اسیدها می‌باشد. از بین این عوامل، قلیاها به‌طور گسترده‌تری بررسی شده و از نظر کاربردی نیز بیشتر مورد قبول واحدهای دام‌پروری قرارگرفته‌اند. عمل‌آوری بیولوژیکی روش جدیدی است که با استفاده از قارچ‌ها و یا آنزیم‌های آن‌ها انجام می‌شود (سارنگ لانگ و همکاران ۲۰۱۰). در روش بیولوژیکی مواد خشبی با کیفیت پایین توسط گونه‌های مختلف قارچ که دارای آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنین هستند، عمل‌آوری می‌شود. عمل‌آوری بیولوژیکی مواد خشبی تلاشی در جهت استفاده کمتر از مواد شیمیایی و مصرف کمتر انرژی در مقایسه با روش‌های شیمیایی و فیزیکی است (لنگ ۱۹۹۰ و سون استول و اوون ۱۹۸۴). لیگنین‌زدایی در مواد خشبی به‌ویژه کاه روش‌های شیمیایی عمدتاً باعث از بین رفتن لیگنین می‌شود، اما در روش‌های بیولوژیکی علاوه بر اینکه تخریب لیگنین به‌مراتب بیشتر است کیفیت و ارزش غذایی محصول نیز افزایش می‌یابد (هانس و همکاران ۱۹۹۲). کاه غلات به‌ویژه کاه گندم به‌عنوان یکی از منابع مهم خوراک دام، در بسیاری از کشورهای جهان و از جمله ایران، مورد استفاده قرار می‌گیرد، هرچند ارزش غذایی آن پایین است. گندم به‌علت ویژگی‌های خاص بوتانیکی قادر به رویش در مناطق مختلف دنیا می‌باشد. قیاسوند و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند در کاه کلزای عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم، درصد ماده آلی کاهش و درصد خاکستر افزایش یافت. امجد و همکاران (۱۹۹۲) مشاهده کردند که عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن، سبب کاهش میزان ماده آلی و پروتئین خام کاه گندم و بقایای نیشکر شد. قیاسوند و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم+ پراکسید هیدروژن سبب کاهش درصد پروتئین خام و دیواره سلولی کاه کلزا شد. هم‌چنین تیمار هیدروکسید سدیم+ پراکسید هیدروژن سبب کاهش درصد چربی خام، ماده آلی و لیگنین گردید. حداد و همکاران (۱۹۹۸) با بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف مواد شیمیایی بر ترکیب شیمیایی کاه گندم، کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی را در اثر تیمارهای اعمال شده مشاهده کردند. حداد و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده کردند که هیدروکسید سدیم باعث کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی در کاه گندم شد؛ اما تأثیری بر میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین نداشت. لیو و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که هیدروکسید سدیم تولید گاز کاه برنج را در طی ۴۸ ساعت انکوباسیون افزایش داد. چوداری (۱۹۹۷) بیان کرد که عمل‌آوری کاه گندم با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن، قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی آن را افزایش داد. قیاسوند و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که بخش‌های کند تجزیه، ثابت نرخ تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و ماده آلی کاه کلزا در اثر عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و

[1] By Product
[2] Lignocellulose

هیدروکسید سدیم+ پراکسید هیدروژن افزایش یافت. لذا، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر استفاده از عمل‌آوری (شیمیایی و بیولوژیکی) بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم بقایای کاه گندم در شرایط برون‌تنی بود.

مواد و روش‌ها

عمل‌آوری و تعیین ترکیب شیمیایی

کاه گندم لازم در فصل پاییز با حدود ۴۷/۱ درصد ماده خشک، ۴۵/۲۵ درصد ماده آلی و ۳/۵۰ درصد پروتئین از مزرعه پرورشی دانشگاه گنبد تهیه شد. نمونه‌های کاه تهیه‌شده در مجاورت هوا خشک شد و به ابعاد ۱۰- ۵ سانتی‌متر خرد شدند. افزودنی‌ها در آب مقطر حل و با اسپری دستی بر روی کاه گندم اسپری شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) کاه گندم بدون هیچ‌گونه افزودنی (شاهد)، ۲) کاه گندم عمل‌آوری شده با اوره، ۳) کاه گندم عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم، ۴) کاه گندم عمل آوری شده با پراکسید هیدروژن، ۵) کاه گندم عمل آوری شده با قارچ آسپرژیلوس به مدت ۲۱ روز، ۶) کاه گندم عمل آوری شده با قارچ تریکودرما به مدت ۲۱ روز، ۷) کاه گندم با قارچ آسپرژیلوس به مدت ۴۰ روز و ۸) کاه گندم عمل آوری شده با قارچ تریکودرما به مدت ۴۰ روز، بودند. 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 اسپری شد. مخلوط حاصل به مدت ۷۲ ساعت در کیسه‌های پلاستیکی و در شرایط اتاق نگهداری شد. پس از این مدت، کیسه‌ها باز و نمونه‌ها در معرض هوا خشک شدند (چوداری ۲۰۰۰). به منظور عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن، ابتدا کاه خشک با هیدروکسید سدیم (۸۰ گرم در کیلوگرم) پیش تیمار شد. سپس این محلول روی نمونه‌های کاه خرد شده اضافه شد. نیم ساعت بعد، ۱۳۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن با درجه خلوص ۳۵ درصد به این مخلوط اضافه شد نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن بلافاصله در کیسه‌های نایلونی قرار داده شد و به مدت ۱۸ روز در شرایط اتاق سیلو شدند (قیاسوند و همکاران ۲۰۱۱). به منظور عمل‌آوری، جدایه‌های قارچ آسپرژیلوس نایجر و تریکودرما هارزیانوم، از کلکسیون باکتریایی و قارچی گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس دریافت شد. نمونه‌های قارچ تهیه شده، در شرایط استریل روی پلیت‌های حاوی محیط کشت سیب‌زمینی- دکستروز-آگار تکثیر شدند. کشت‌های تهیه شده به مدت ده روز در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. سپس از کشت ده روزه هر قارچ با استفاده از آب مقطر استریل، ۱۵۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون اسپوری با غلظت ۵×۱۰^{۵} تهیه و برای مایه‌زنی هر کیسه سه کیلویی محتوای کاه خرد شده گندم، مورد استفاده قرار گرفت. نیمی از کیسه‌های تلقیح شده به مدت ۲۱ روز و نیمی دیگر به مدت ۴۰ روز نگهداری شد و پس از آن نمونه‌ها در معرض هوا خشک شدند و جهت اندازه‌گیری فراسنجه‌های تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفتند (شروری و همکاران ۲۰۱۱).

بعد از سپری شدن زمان معین عمل‌آوری، درب سیلوها باز و نمونه‌ها باهم مخلوط شدند. سپس از سطوح بالایی، میانی و پایینی هر ماده سیلو شده نمونه‌برداری شد. مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه جهت تعیین درصد ماده خشک در آون (دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد (کانگ و همکاران ۲۰۰۴). به‌منظور تهیه مخلوطی یکنواخت، نمونه‌ها پس از خشک‌کردن با استفاده از آسیاب با توری یک میلی‌متر آسیاب شدند (منک و استینگاس ۱۹۸۸). ترکیبات شیمیایی شامل مقدار ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی و خاکستر به روش AOAC (۲۰۰۳)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی طبق روش ون‌سوست (۱۹۹۴) و ترکیبات نیتروژنه غیر پروتئینی (NPN) مطابق با روش لیسیترا و همکاران (۱۹۹۶) تعیین شدند.

مقادیر کل مواد مغذی قابل‌هضم، انرژی خالص شیردهی، انرژی خالص رشد و بخش محلول در شوینده خنثی به‌ترتیب با استفاده از روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ برآورد شدند (انجمن تحقیقات ملی ۲۰۰۱).

رابطه ۱ $TDN= (81.38+CP\times(0.36-ADF) \times/0.77)$

رابطه ۲ $NE_L= 0.0024+TDN-0.12$

رابطه ۳ $NEg=0.0029 +TDN-1.01$

رابطه ۴ $NDS=100-NDF$

در این روابط TDN: کل مواد مغذی قابل‌هضم (مگاژول بر کیلوگرم)، CP: پروتئین خام (درصد ماده خشک)، ADF: الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی (درصد ماده خشک)، NEL: انرژی خالص شیردهی (مگاژول در کیلوگرم)، NEg انرژی خالص رشد (مگاژول بر کیلوگرم)، NFC: کربوهیدرات‌های غیرالیافی (درصد ماده خشک)، EE: چربی خام (درصد ماده خشک)، NDF: الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی (درصد ماده خشک)، Ash: خاکستر (درصد ماده خشک) و NDS: بخش محلول در شوینده‌ی خنثی (درصد ماده خشک).

تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

برای انجام آزمایش تولید گاز مایع شکمبه از ۳ رأس گوسفند نر فیستول‌دار نژاد دالاق (۲/۵± ۴۵ کیلوگرم) از بخش‌های مختلف شکمبه و قبل از وعده تغذیه صبحگاهی جمع‌آوری شد. ذرات درشت مایع شکمبه با عبور دادن از چهار لایه پارچه متقال جداشده و در یک بن ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. حیوانات در سطح نگهداری با جیره حاوی ۷۰ درصد علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت به نسبت مساوی) و ۳۰ درصد کنسانتره (جو، کنجاله تخم پنبه، سبوس و مکمل) تغذیه شدند و حیوانات به آب آزادانه دسترسی داشتند. بزاق مصنوعی مطابق روش منک و همکاران (۱۹۷۹)، تهیه و با شیرابه شکمبه با نسبت ۲:۱ مخلوط شد. ۳۰ میلی‌لیتر از این محلول به داخل ویال‌های شیشه‌ای حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب شده (۳ تکرار) ریخته شد. تولید گاز در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون توسط دستگاه مبدل فشارسنج ثبت شد. حجم خالص گاز با کاستن میانگین گاز تولیدی ویال‌های بلانک از ویال‌های دارای نمونه حاصل شد.

برآورد فراسنجه‌های تولید گاز با کمک رابطه ارسکوف مکدونالد (۱۹۷۹) انجام شد (رابطه ۵).

رابطه ۵ $P=b\ (1-e^{-ct})$

در این معادله، P حجم تولید گاز در زمان t به‌صورت تجمعی، c ثابت نرخ تولید گاز، b گاز تولید شده از بخش قابل تخمیر و t مدت زمان انکوباسیون می‌باشد.

قابلیت هضم ماده آلی (رابطه ۶) طبق روش منک و همکاران (۱۹۷۹) و انرژی قابل متابولیسم (رابطه ۷) طبق روش منک و استینگاس (۱۹۸۸) و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (رابطه ۸) با استفاده از معادله مکار (۲۰۰۵)، تخمین زده شد.

$OMD\ (\%) = 14.88 + 0.899GP + 0.45CP_1 + 0.065A$ (رابطه ۶)

$ME\ (MJ/kg\ DM) = 2.20 + 0.136GP + 0.0574CP_2$ (رابطه ۷)

$SCFA\ (mmoL) = -0.00425 + 0.0222GP$ (رابطه ۸)

در این معادلات، GP تولید خالص گاز در ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP_1 پروتئین خام (برحسب درصد)، A مقدار خاکستر و CP_2 پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) می‌باشد.

داده‌های جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۰) ویرایش ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

اندازه‌گیری قابلیت هضم در شرایط برون‌تنی

اندازه‌گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف بر اساس روش کشت بسته انجام شد (تئودورو و همکاران ۱۹۹۴). روش تهیه بزاق مصنوعی و جمع‌آوری مایع شکمبه مطابق آنچه در آزمون تولید گاز شرح داده شد، صورت گرفت. pH مخلوط بافر و مایع شکمبه توسط دستگاه pH متر الکترونیکی (مدل ۶۹۱، شرکت Metrohm) کنترل و به ۶/۸ رسانده شد. ۵۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه‌های آسیاب شده به همراه ۵۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی و مایع شکمبه صاف‌شده به نسبت ۲ به ۱ در ویال‌های شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و پس از درپوش گذاری، در بن-ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت تمامی شیشه‌ها از بن‌ماری خارج و نمونه‌های موجود در هر ویال، با استفاده از پارچه متقال چهار لایه صاف‌شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شد. سپس pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. محتویات هضم نشده هر ویال جمع‌آوری‌شده و درون

بوته‌های چینی با وزن مشخص انتقال یافت و به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس قابلیت هضم ظاهری محاسبه شد. بوته‌های چینی حاوی محتویات هضم نشده به مدت ۶ ساعت در کوره با دمای ۵۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. این کار به‌منظور تعیین مقدار خاکستر خام مواد هضم نشده موجود در کروزه‌ها صورت گرفت. بازده تولید گاز (GP_{24}) به‌صورت حجم گاز تولید شده پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون تقسیم بر مقدار ماده تجزیه شده واقعی (گرم) محاسبه شد (گتاچیو و همکاران ۲۰۰۲). جهت محاسبه توده میکروبی تولید شده از رابطه ۹ پیشنهاد شده بلومل و همکاران (۱۹۹۷) استفاده گردید.

$$MCP\ (mg) = GP*(PF-2.2) \quad \text{(رابطه ۹)}$$

در این معادله، MCP تولید توده میکروبی، PF فاکتور تسهیم و GP میلی‌لیتر گاز تولید شده در زمان ۲۴ ساعت می‌باشد.

عامل تفکیک بنا به تعریف برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی می‌باشد. حداکثر مقدار توده میکروبی تولید شده با در نظر گرفتن زمانی از انکوباسیون که نرخ تولید گاز در آن زمان حداکثر بوده و با در نظر گرفتن میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده در آن زمان محاسبه گردید. بازده مقدار توده میکروبی و بازده حداکثر مقدار توده میکروبی تولید شده با تقسیم توده و میکروب تولید شده بر مقدار ماده آلی حقیقی قابل تخمیر در پایان زمان انکوباسیون و مقدار گاز تولیدشده محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی، مایع شکمبه صاف و به نسبت مساوی با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط می‌شود. میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش فنل- هیپوکلریت تعیین گردید (برودریک و کانگ ۱۹۸۰). بدین منظور از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۳۰ نانومتر جهت قرائت جذب نوری استفاده شد. آنالیز داده‌های حاصل با رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS نسخه (۹/۱) و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. رابطه ۱۰ مدل آماری طرح را نشان می‌دهد:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{(رابطه ۱۰)}$$

در این رابطه، Y_{ij} مقدار مشاهده‌شده در هر صفت، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار و e_{ij} اثر خطای آزمایش می‌باشد. برای مقایسه میانگین‌ها از آمون حداقل تفاوت معنی‌دار استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی بقایای کاه گندم

تأثیر عمل‌آوری‌های شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی کاه گندم در جدول ۱ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف ازنظر ترکیب شیمیایی (خاکستر، ماده آلی، پروتئین خام و همی سلولز) اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$). بالاترین مقدار خاکستر مربوط به تیمار عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن بود.

از نظر پروتئین خام، عمل‌آوری با اوره باعث افزایش ۲/۱۵ درصدی در مقدار پروتئین خام کاه گندم شد. سایر روش‌های عمل‌آوری باعث کاهش غیر معنی‌داری در مقدار پروتئین خام شدند که بیشترین کاهش در تیمار عمل‌آوری شده با سود (حدود ۱/۶۴ درصد) مشاهده شد. بین تیمارهای مختلف از نظر مقدار همی‌سلولز و بخش محلول در شوینده خنثی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$). از نظر دیواره سلولی (الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی)، کل مواد مغذی قابل‌هضم[1]، مقادیر انرژی خالص شیردهی و انرژی خالص رشد بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/05$). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تاثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی کاه گندم متفاوت بود.

بین مقدار خاکستر و ماده آلی خوراک رابطه معکوس وجود دارد. با افزایش خاکستر، مقدار ماده آلی کاهش می‌یابد (خوروش و همکاران ۲۰۱۰). ازآنجایی‌که عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن نیاز به‌مقدار زیادی آب

[1] TDN

و هیدروکسید سدیم به منظور حفظ pH در محدوده‌ی ۱۱/۵ دارد، در نتیجه افزودن هیدروکسید سدیم به کاه به‌علت اثرات باقی‌مانده هیدروکسید سدیم، منجر به افزایش درصد خاکستر خام آن می‌شود (قیاسوند و همکاران ۱۳۹۱). علایی (۱۳۹۵) نیز بیان کرد که تیمارهای هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن باعث افزایش درصد خاکستر در بقایای باقلا و نخودفرنگی شدند. در مطالعه بایوتک و همکاران (۲۰۰۵) عمل‌آوری بقایای ماش با پراکسید هیدروژن باعث افزایش مقدار خاکستر خام، کاهش ماده آلی و کاهش دیواره سلولی شد. به‌نظر می‌رسد که افزایش در مقدار خاکستر خام در تیمار عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن و سود به‌دلیل رسوب بقایای این مواد شیمیایی بر روی کاه باشد. کاهش در مقدار ماده آلی نیز نتیجه رقیق شدن مواد قندی درنتیجه افزایش مقدار خاکستر خام می‌باشد. افزودن هیدروکسید سدیم به کاه باعث افزایش درصد خاکستر خام آن شده و این خود می‌تواند باعث کاهش درصد پروتئین خام (به‌علت کاهش مواد آلی) شود (قیاسوند و همکاران ۱۳۹۱). اصلانیان و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی اثر عمل‌آوری هیدروکسید سدیم بر کاه سویا گزارش کردند که عمل‌آوری با این تیمار باعث کاهش مقدار پروتئین خام در کاه سویا شد. کاهش پروتئین خام کاه سویا به هنگام عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم توسط یلچی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش‌شده است. خوروش و همکاران (۲۰۱۰) کاهش در محتوای پروتئین خام را به‌دلیل جدا شدن نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده کاه بیان داشتند.

Table 1- Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition (% DM) of wheat straw

treatments	DM	Ash	OM	HEMI	CP	NE_L	NDF	NDS	ADF	TDN	NEg	NPN
Control	97.1^{a}	8.0^{cd}	92.0^{ab}	26^{ab}	3.5^{ab}	0.99	76	26^{bc}	50	45.7	0.31	3.2^{bcd}
Urea	94.5^{ab}	6.6^{d}	93.3^{a}	25^{bc}	5.6^{a}	0.99	74	22^{c}	49	45.6	0.31	4.9^{a}
Sodium hydroxide	93.3^{ab}	9.8^{b}	90.2^{c}	33^{bc}	1.8^{b}	0.97	72	28^{ab}	49	44.6	0.28	2.6^{cd}
Hydrogen peroxide	86.4^{b}	11.8^{a}	88.2^{d}	21^{c}	2.7^{b}	0.95	71	32^{a}	50	43.7	0.28	3.6^{b}
Aspergillus niger 21	37.1^{c}	8.5^{c}	91.5^{b}	30^{a}	2.8^{b}	0.03	76	25^{bc}	46	46.9	0.35	3.4^{bc}
Trichoderma harzianum 21	36.5^{c}	7.5^{cd}	92.5^{ab}	25^{bc}	2.4^{b}	0.98	76	25^{bc}	49	44.9	0.29	2.8^{bcd}
Aspergillus niger 40	40.9^{c}	8.0^{cd}	92.0^{ab}	27^{ab}	3.4^{ab}	0.96	77	25^{bc}	50	44.1	0.26	2.8^{bcd}
Trichoderma harzianum 40	42.8^{c}	8.0^{cd}	92.0^{ab}	24^{bc}	3.4^{ab}	0.96	74	24^{bc}	50	44.1	0.26	2.4^{d}
Standard error of mean	2.69	0.40	0.40	1.24	0.77	0.03	2.35	1.33	2.10	1.52	0.04	0.25
P-Value	<0.0001	0.0003	0.0003	0.021	0.011	0.786	0.711	0.019	0.846	0.784	0.785	0.004

Means within same column with different superscript letters differ significantly (P<0.05).

قیاسوند و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که تیمار هیدروکسید سدیم تأثیری بر ماده خشک کاه کلزا نداشت. چوداری (۱۹۹۸) بیان کرد استفاده از آب به‌هنگام عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم، کاهش در ماده خشک تیمارها را در پی دارد. طبق مطالعات علایی (۱۳۹۵) مقدار تمام تیمارها بر روی بقایای نخودفرنگی کمتر از تیمار شاهد و بر روی بقایای باقلا مقدار تیمارهای هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن کمتر از شاهد بود. هرچند در مطالعه صالحی (۱۳۹۵)، ماده خشک در تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ پلوروتوس ساجور کاجو افزایش یافت. معمولاً قارچ‌ها برای تأمین مواد مغذی و انرژی موردنیاز خود و با توجه به ساپروفیت بودن آن‌ها از مواد مغذی بستر استفاده می‌کنند و از این نظر وابسته به‌مواد آلی هستند. با توجه به

عدم تأثیر معنی‌دار استفاده از قارچ‌های آسپرژیلوس و تریکودرما بر ترکیب شیمیایی کاه گندم در این مطالعه به نظر می‌رسد که این امر به‌خاطر کمبود مواد مغذی موجود در کاه یا نیاز به استفاده از مواد مغذی کمکی جهت تحریک در رشد قارچ‌ها در مراحل اولیه رشد باشد. طبق نتایج بایوتک و همکاران (۲۰۰۵) در تیمارهای عمل-آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن مقدار همی-سلولز پایین‌ترین بود. کاهش در مقدار همی‌سلولز ممکن است به‌خاطر تأثیر مواد شیمیایی بر برخی پیوندهای بین همی‌سلولز در دیواره سلولی باشد. ازنظر دیواره سلولی (الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی)، کل مواد مغذی قابل‌هضم، مقادیر انرژی خالص شیردهی و انرژی خالص رشد بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). همسو با نتایج، قیاسوند و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم تأثیری بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نداشت. در تضاد با نتایج این مطالعه، دارایی گرمه‌خانی (۱۳۹۲) گزارش کرد که تیمار هیدروکسید سدیم مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی را در مواد لیگنوسلولزی افزایش داد. چوداری (۲۰۰۰) گزارش کرد که ترکیب شیمیایی کاه گندم توسط تیمارهای هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم به‌همراه پراکسید هیدروژن دچار تغییر شد. تمامی تیمارها محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی و همی‌سلولز را کاهش دادند. دلیل کاهش در الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در تیمارهای مختلف، کاهش در محتویات همی‌سلولز است. تیمارهای شیمیایی ممکن است بعضی پیوندهای بین همی‌سلولز را از بین ببرند و از این طریق ممکن است محلولیت در بخش مواد شوینده افزایش یابد. در این مطالعه، عمل‌آوری کاه گندم با دو قارچ آسپرژیلوس و تریکودرما هیچ تأثیری بر خاکستر خام، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نداشت. در بین خود روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

تأثیر عمل‌آوری‌های شیمیایی و بیولوژیکی بر فراسنجه‌های تولید گاز کاه گندم

تأثیر روش‌های عمل‌آوری‌های شیمیایی و بیولوژیک بر فراسنجه‌های تولید گاز کاه گندم در جدول ۲ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف ازنظر پتانسیل و نرخ تولید گاز اختلاف معنی‌دار وجود داشت(P<۰/۰۵). در بین روش‌های شیمیایی، کاه گندم عمل‌آوری شده با سود و پراکسیدهیدروژن بالاترین پتانسیل تولید گاز را داشتند. تیمار عمل‌آوری شده با اوره پایین‌ترین پتانسیل تولید گاز را داشت.

در بین تیمارهای عمل‌آوری شده با دو گونه قارچ آسپرژیلوس نیجر و تریکودرما هارزیانوم برای ۲۱ و ۴۰ روز نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). در مقایسه با تیمار شاهد تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ از پتانسیل و نرخ تولید گاز پایین‌تری برخوردار بودند. آنچه قابل‌ملاحظه است با افزایش زمان عمل‌آوری از ۲۱ به ۴۰ روز در کاه گندم عمل‌آوری شده با قارچ تریکودرما پتانسیل و نرخ تولید گاز روند افزایشی نشان داد (P<۰/۰۵). با این‌حال، نتایج نشان داد که تیمار عمل‌آوری شده با قارچ آسپرژیلوس در مقایسه با تیمار عمل‌آوری شده با قارچ تریکودرما دارای پتانسیل تولید گاز بالاتری می‌باشد. به طورکلی تیمارهای عمل‌آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن بالاترین و کاه گندم عمل‌آوری شده با قارچ تریکودرما به مدت ۲۱ روز پایین‌ترین پتانسیل تولید گاز را داشتند.

از نظر فراسنجه‌های تخمینی انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده آلی و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر نیز بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). از این نظر تیمارهای عمل‌آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن بالاترین مقدار را از نظر این فراسنجه‌ها داشتند. با این‌حال، نتایج نشان داد که عمل‌آوری کاه گندم با دو گونه قارچ آسپرژیلوس و تریکودرما هیچ تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های تخمینی نداشت (P>۰/۰۵). ازنظر روند تولید گاز در زمان‌های مختلف پس از انکوباسیون (جدول ۳) بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵).

Table 2- Effect of chemical and biological processing methods on gas production parameters of wheat straw

treatments	Gas production potential (ml/g DM)	Rate of gas production (/h)	Short chain fatty acid (ml)	Metabolizable energy (MJ/Kg)	Organic matter digestibility (% DM)
Control	343.92^{b}	0.029^{b}	0.84^{b}	7.39^{b}	49.21^{b}
Urea	328.48^{c}	0.027^{bc}	0.71^{bc}	6.57^{bc}	43.82^{bc}
Sodium hydroxide	439.16^{a}	0.031^{a}	1.05^{a}	8.66^{a}	57.52^{a}
Hydrogen peroxide	449.53^{a}	0.026^{c}	0.61^{c}	8.73^{a}	58.05^{a}
Aspergillus niger 21	315.52^{d}	0.028^{b}	0.74^{bc}	6.97^{bc}	46.42^{bc}
Trichoderma harzianum 21	302.31^{d}	0.026^{c}	0.63^{c}	6.12^{c}	40.81^{c}
Aspergillus niger 40	346.51^{b}	0.028^{b}	0.73^{bc}	6.73^{bc}	44.86^{bc}
Trichoderma harzianum 40	330.40^{c}	0.025^{cd}	0.64^{c}	6.16^{c}	41.12^{c}
Standard error of mean	6.72	0.0049	0.04	0.27	1.80
P-Value	<0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Means within same column with different superscript letters differ significantly (P<0.05).

Table 3- Effect of chemical and biological processing methods on gas production at different times of wheat Straw

treatments	Incubation time									
	2	4	6	8	12	24	36	48	72	96
Control	31.6^{a}	48.3^{abc}	65.0^{ab}	85.0^{b}	112.6^{bc}	190.8^{b}	240.8^{c}	298.5^{c}	329.2^{b}	355.8^{b}
Urea	21.6^{c}	38.3^{d}	54.2^{dc}	72.5^{de}	99.2^{ed}	160.1^{d}	212.5^{d}	239.2^{e}	278.3^{ed}	320.0^{cd}
Sodium hydroxide	31.6^{a}	51.6^{a}	72.5^{a}	101.6^{a}	145.8^{a}	230.8^{a}	295.8^{a}	364.2^{a}	397.5^{a}	418.5^{a}
Hydrogen peroxide	23.3^{bc}	42.5^{bcd}	61.6^{bc}	81.6^{bc}	115.0^{b}	220.0^{a}	294.2^{a}	346.6^{b}	383.3^{a}	417.6^{a}
Aspergillus niger 21	20.3^{c}	40.3^{d}	60.3^{bc}	80.3^{bc}	103.6^{bcd}	175.3^{c}	277.0^{b}	262.0^{d}	302.8^{c}	337.8^{bc}
Trichoderma harzianum 21	20.0^{c}	35.0^{d}	52.5^{dc}	67.5^{e}	88.3^{e}	144.2^{e}	187.5^{e}	216.6^{f}	255.0^{f}	293.3^{e}
Aspergillus niger 40	26.6^{b}	41.6^{dc}	55.0^{dc}	75.8^{cd}	101.6^{bcd}	170^{cd}	225.8^{cd}	262.5^{d}	300.8^{c}	329.2^{cd}
Trichoderma harzianum 40	26.6^{b}	49.2^{ab}	60.8^{bc}	45.8^{f}	93.3^{ed}	142.5^{e}	196.6^{ed}	240.8^{e}	285.8^{cd}	312.5^{ed}
Standard error of mean	1.36	2.33	3.04	3.28	3.75	4.33	7.49	4.71	5.71	7.0
P-Value	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Means within same column with different superscript letters differ significantly (P<0.05).

اندازه‌گیری گاز تولیدی در شرایط برون‌تنی اطلاعات مفیدی را در مورد سرعت و میزان هضم و اثرات عوامل ضد تغذیه‌ای خوراک فراهم می‌کند (سلامت آذر و همکاران ۲۰۱۲). لاربی و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که همبستگی بالایی بین پروتئین خام و سرعت تولید گاز وجود دارد. به‌دلیل وجود همبستگی منفی بین الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، نرخ و حجم گاز تولیدی (حدی و همکاران ۲۰۰۳)، کاهش در میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی باعث افزایش گاز تولیدی شد. این ممکن است درنتیجه‌ی افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌دلیل دریافت منابع کربوهیدرات محلول باشد. منابع خوراکی که میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی کمتری دارند، پتانسیل تولید گاز آن‌ها بالا است. همچنین با افزایش نسبت بخش محتوای دیواره سلولی لیگنینی شده، تخمیر کمتر صورت گرفته و منجر به کاهش در تولید گاز می‌شود (سومارات و همکاران

۲۰۰۰). افزایش مقدار دیواره سلولی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی موجب کاهش کربوهیدرات‌های غیر الیافی و قندهای محلول گردیده و درنهایت باعث کاهش در سهولت هضم و تولید گاز می‌گردد (گتاچیو و همکاران، ۱۹۹۸؛ ماکار ۲۰۰۵).

در پژوهش حاضر، قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۹/۲۱ درصد، ۷/۳۹ مگا ژول در کیلوگرم، ۰/۸۴۳ میلی‌لیتر به‌دست آمد. تولید گاز یک فراسنجه‌ی مهم برای شناسایی قابلیت هضم و تخمیر نهایی و ساخت پروتئین میکروبی از مواد اولیه به‌وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه می‌باشد (سومارات و همکاران ۲۰۰۰). بالا بودن تولید گاز بیانگر بالا بودن انرژی قابل متابولیسم و همچنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه می‌باشد. بلومل و ارسکوف (۱۹۹۳) نشان دادند که حجم گاز تولیدی منعکس‌کننده تخمیر مواد خوراکی به تولید اسیدهای چرب زنجیر کوتاه است که می‌تواند برآوردی از قابلیت هضم ظاهری باشد. به‌طور دقیق، میزان گاز تولیدی با مقدار و نسبت استات و بوتیرات نیز مرتبط می‌باشد. زیرا فقط تخمیر ماده خوراکی به استات و بوتیرات، تولید دی‌اکسید کربن و در نتیجه گاز متان می‌کند. حدود ۵۰ درصد حجم گازهای تولیدی را دی‌اکسید کربن و متان تشکیل داده که به‌طور مستقیم از تخمیر ناشی می‌شوند. تولید گاز در شرایط برون‌تنی، از دو منبع متابولیسم میکروبی (مستقیم) و واکنش اسید محصول نهایی با بی‌کربنات در محیط کشت (غیرمستقیم) حاصل می‌شود (بئونیک و اسپولسترا ۱۹۹۲). با افزایش گاز تولیدی، قابلیت هضم ماده خشک نیز افزایش می‌یابد. این موضوع نشان‌دهنده آن است که تولید گاز یک بخش لاینفک از تخمیر شدن مواد خوراکی است (منصوری و همکاران ۲۰۰۳).

عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی با ترکیبات شیمیایی، منجر به دفع لیگنین و همی سلولز، کاهش بلورینگی و افزایش تخلخل سطح ماده شده که این‌ها برای آسان نمودن هیدرولیز لازمند (سان و چنگ ۲۰۰۲). نتیجه تمامی تغییرات حاصل از عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی افزایش قابلیت حل ترکیبات دیواره سلولی است.

عمل‌آوری بقایای کاه گندم با هیدروکسید سدیم باعث افزایش مقدار قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسید چرب کوتاه زنجیر نسبت به شاهد شد. ساختار سه‌بعدی دیواره سلولی کاه‌ها، دسترسی آن را برای تجزیه میکروارگانیسم‌های شکمبه محدود ساخته است. در نتیجه بخش زیادی از مواد مغذی کاه هضم نشده و توسط حیوان نشخوارکننده دفع می‌شود (موسیر و همکاران ۲۰۰۵). با انجام عمل‌آوری مناسب، می‌توان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای دیواره سلولی را توسط میکروارگانیسم‌ها افزایش داده که نتیجه آن بهبود ارزش انرژی‌زایی کاه‌ها می‌باشد. چوداری (۱۹۹۸) بیان کرد که کاهش الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در اثر تیمار هیدروکسید سدیم، نقش مهمی در افزایش قابلیت هضم و تولید گاز دارد. در حقیقت آزاد شدن همی‌سلولز با این ترکیب شیمیایی باعث قابل‌دسترس‌تر شدن آن‌ها برای آنزیم‌ها و درنتیجه افزایش راندمان بهره‌وری انرژی آن می‌شود. لیو و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که هیدروکسید سدیم تولید گاز کاه برنج را در طی ۴۸ ساعت انکوباسیون افزایش داد. منک و استینگاس (۱۹۸۸) بیان کردند که حجم گاز تولیدی در ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون، با انرژی قابل متابولیسم خوراک در ارتباط است. مقدم و همکاران (۱۳۹۰) بالا بودن میزان گاز تولیدی را بیانگر بالا بودن انرژی متابولیسمی و همچنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها گزارش کرده‌اند. ال-مسری (۲۰۰۵) در بررسی ارزش تغذیه‌ای برخی از بقایای محصولات زراعی (کاه گندم، پوسته بادام‌زمینی، پوسته دانه آفتابگردان و چوب زیتون) تحت تأثیر مقادیر متفاوتی از تیمارهای شیمیایی اسید هیدروبرومیک و هیدروکسید سدیم، نشان داد که عمل‌آوری با تیمارهای شیمیایی، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم را در همه نمونه‌ها افزایش داد. چوداری (۱۹۹۷) بیان کرد که عمل‌آوری کاه گندم با پراکسیدهیدروژن، قابلیت هضم ماده خشک آن را افزایش داد. تراچ و همکاران (۲۰۰۱) نیز بیان کردند که مقدار تولید گاز اولیه، پتانسیل

تولید گاز و ثابت نرخ تولید گاز در کاه‌های عمل‌آوری شده با آهک در طول ۴۸ ساعت انکوباسیون افزایش یافت. تأثیر عمل‌آوری شیمیایی بر قابلیت هضم الیاف، ناشی از افزایش قابلیت تخمیر این مواد است. با توجه به اینکه میزان کربوهیدرات محلول موجود در کاه بسیار کم است (۰/۱ تا ۲ درصد)، حمله میکروارگانیسم‌ها و تشکیل کلونی‌های باکتریایی در سطح کاه با تأخیر انجام‌شده و شروع هضم به طول می‌انجامد. بنابراین عمل‌آوری شیمیایی با شکستن دیواره سلولی و فراهم آوردن کربوهیدرات‌های محلول بیش‌تر، موجب افزایش اتصال میکروب‌ها شده و تجزیه‌پذیری پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی بهبود می‌یابد (تراچ ۲۰۰۰). چوداری (۱۹۹۸) بیان کرد که کاهش الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در اثر تیمار هیدروکسید سدیم، نقش مهمی در افزایش قابلیت هضم و تولید گاز دارد. در حقیقت آزاد شدن همی‌سلولز با این ترکیب شیمیایی باعث قابل‌دسترس‌تر شدن آن برای آنزیم‌ها و در نتیجه افزایش راندمان بهره‌وری انرژی آن می‌شود.

تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری (شیمیایی و بیولوژیکی) بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری شکمبه‌ای

نتایج مربوط به تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، تولید پروتئین میکروبی، عامل تفکیک و فراسنجه‌های تخمیری شکمبه‌ای در جدول ۴ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که روش‌های مختلف عمل‌آوری بر قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی تأثیر معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). بالاترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی مربوط به تیمارهای عمل‌آوری شده با سود و پراکسیدهیدروژن بود. مقادیر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی تیمارهای عمل‌آوری شده بیولوژیکی با دو گونه قارچ به‌مدت ۲۱ و ۴۰ روز پایین‌تر از تیمار شاهد بود. مدت زمان عمل‌آوری کاه گندم با قارچ نیز بر مقادیر قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک تأثیر داشت. افزایش زمان عمل‌آوری از ۲۱ روز به ۴۰ روز با قارچ آسپرژیلوس باعث کاهش و در قارچ تریکودرما باعث افزایش گردید.

دامنه عامل تفکیک بین تیمارهای آزمایشی از ۲/۴۳ تا ۴/۷۹ متغیر بود و بالاترین و پایین‌ترین مقدار آن به ترتیب مربوط به تیمارهای عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن و قارچ تریکودرما بود. در بین تیمارهای عمل‌آوری شده به روش‌های شیمیایی، عمل‌آوری کاه با پراکسید هیدروژن و سود منجر به افزایش معنی‌داری در مقدار عامل تفکیک شد ($P<0/05$). عمل‌آوری کاه گندم با هر دو قارچ آسپرژیلوس و تریکودرما تأثیر معنی‌داری بر مقدار عامل تفکیک نداشت، با این حال، به لحاظ عددی عامل تفکیک در تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ تریکودرما در مقایسه با قارچ آسپرژیلوس پایین‌تر بود.

مقدار تولید پروتئین میکروبی در بین تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های عمل‌آوری قرار گرفت ($P<0/05$) و از ۱۷/۸۱ میلی‌گرم تا ۱۵۳/۶۸ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک در تیمارها متغیر بود. به طورکلی بالاترین مقدار تولید پروتئین میکروبی و بازده تولید پروتئین میکروبی مربوط به تیمارهای عمل‌آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن بود. برای تمامی این صفات (تولید پروتئین میکروبی و بازده تولید پروتئین میکروبی) عمل‌آوری کاه گندم به روش بیولوژیکی و با دو قارچ آسپرژیلوس و تریکودرما به‌مدت ۲۱ و ۴۰ روز به اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد وجود نداشت. به‌نظر می‌رسد که قارچ آسپرژیلوس در مقایسه با قارچ تریکودرما منجر به بهبود بهتر تولید پروتئین میکروبی و بازده تولید پروتئین میکروبی شده است. ازنظر فراسنجه‌های تخمیری pH و نیتروژن آمونیاکی نیز بین روش‌های مختلف عمل‌آوری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$). بالاترین مقدار نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمارهای عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن و عمل‌آوری شده با قارچ تریکودرما به مدت ۴۰ روز بود.

Table 4-Effect of chemical and biological processing methods on fermentation parameters and digestibility of wheat straw.

treatments	DMD	OMD	PF	MCP	EMCP	Gas yield	pH	N -NH_3
Control	36.6^{b}	35.5^{b}	3.5^{c}	59.9^{bc}	0.4^{cd}	256.2^{ab}	6.06^{d}	4.82^{c}
Urea	35.3^{bc}	35.1^{bc}	3.7^{bc}	65.4^{b}	0.4^{cd}	255.6^{ab}	6.10^{cd}	4.43^{c}
Sodium hydroxide	62.0^{a}	60.1^{a}	4.5^{ab}	139.6^{a}	0.5^{ab}	194.0^{b}	6.06^{d}	5.18^{bc}
Hydrogen peroxide	64.6^{a}	64.4^{a}	4.8^{a}	153.7^{a}	0.5^{a}	183.7^{b}	6.14^{bc}	6.60^{a}
Aspergillus niger 21	34.0^{bcd}	34.4^{bc}	3.8^{bc}	67.3^{b}	0.4^{bc}	242.3^{ab}	6.19^{b}	5.36^{bc}
Trichoderma harzianum 21	26.6^{e}	23.6^{e}	3.2^{c}	33.7^{c}	0.3^{d}	257.5^{ab}	6.18^{b}	4.82^{c}
Aspergillus niger 40	31.3^{cde}	30.4^{cd}	3.7^{bc}	57.1^{bc}	0.4^{bcd}	241.3^{ab}	6.17^{b}	4.52^{c}
Trichoderma harzianum40	30.0^{de}	26.1^{de}	3.1^{c}	42.6^{bc}	0.3^{cd}	271.9^{a}	6.27^{a}	6.09^{ab}
Standard error of mean	1.61	1.51	0.26	8.31	0.033	21.90	0.02	0.34
P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0002	<0.0001	<0.0001	0.0211	<0.0001	0.0045

Means within same column with different superscript letters differ significantly (P<0.05).

پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم موجب تورم دیواره سلولی، کاهش بلورینگی و انسجام سلولز می‌شود. عوامل هیدروکسیل واحدهای گلوکز در مولکول سلولز را در معرض واکنش قرار داده و شدت بلورینگی سلولز را کاهش می‌دهند. این امر اثر پوشانندگی موادی مثل لیگنین و سیلیس را بر سلولز کاهش داده و آمادگی دیواره سلولی را برای هیدرولیز افزایش می‌دهد (دارایی گرمه خوانی ۱۳۹۲). همچنین اثر بازدارندگی اسیدهای فنلی نیز در هضم کربوهیدرات‌های ساختمانی به‌وسیله ترکیبات شیمیایی حذف یا محدود می‌شود (چوداری ۱۹۹۸). همسو با نتایج این مطالعه، یلچی و همکاران (۱۳۹۱) افزایش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی درنتیجه استفاده از هیدروکسید سدیم را گزارش کردند. چاجی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که بخاردهی + هیدروکسید سدیم باعث افزایش تجزیه‌پذیری دیواره سلولی تفاله نیشکر شده و قابلیت هضم ماده آلی آن افزایش یافت. در بقایای کاه گندم، میزان قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک در تیمارهای پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم افزایش یافت. همسو با نتایج پژوهش حاضر، چوداری (۱۹۹۷) بیان کرد که عمل‌آوری کاه گندم با پراکسید هیدروژن، قابلیت هضم ماده خشک آن را افزایش داد. این پژوهشگر علت افزایش قابلیت هضم را ناشی از افزایش نرخ و میزان تجزیه‌پذیری کاه گندم توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه بیان کرد. پراکسید هیدروژن باعث شکافتن پیوندهای استری بین لیگنین و همی‌سلولز از دیواره سلولی می‌شود. بنابراین کاه به ذرات کوچک تبدیل‌شده و محتویات الیاف ازهم پاشیده و به‌صورت معلق درمی‌آیند.

غلظت نیتروژن آمونیاکی یکی از مؤلفه‌های مهم در تخمین مصرف ماده خشک و قابلیت هضم الیاف می‌باشد (هوور ۱۹۸۶). در این مطالعه غلظت نیتروژن آمونیاکی در تیمار عمل‌آوری شده با اوره پایین‌تر از سایر تیمارها بود که در توافق با نتایج تراچ و همکاران (۲۰۰۱) و سینگ و گوپتا (۱۹۸۸) بود. شاید بتوان این کاهش را به شرایط مطلوب محیط برای رشد میکروارگانیسم‌ها و برداشت آمونیاک آزاد در محیط نسبت داد (سینگ و گوپتا ۱۹۸۸). چوداری (۱۹۹۸) گزارش کرد که قابلیت هضم کاه گندم در اثر عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم در شکمبه و کل دستگاه گوارش بهبود یافت. کاهش اسیدهای چرب شاخه‌دار و آمونیاک و همچنین افزایش سطح اسیدهای چرب فرار شکمبه از نتایج دیگر عمل‌آوری کاه گندم با هیدروکسید سدیم در این آزمایش بود. ارتباط اسیدهای چرب شاخه‌دار با رشد باکتری‌های شکمبه به‌خوبی شناخته‌شده است. باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز نیاز ویژه‌ای به اسیدهای چرب شاخه‌دار دارند. افزایش سطح اسیدهای چرب فرار معمولاً ناشی از بالا رفتن میزان تخمیر در شکمبه است (بصیری ۱۳۸۶). از طرفی بالا رفتن میزان هضم و

انرژی قابل دسترس در شکمبه موجب تحریک باکتری‌ها به رشد بیشتر شده، درنتیجه آمونیاک بیشتری مصرف می‌شود (چوداری ۱۹۹۸).

ون سوست (۱۹۹۴) بیان کرد که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم باعث ترکیب سدیم با کربن‌های دیواره کاه و تشکیل کربنات سدیم شده و درنتیجه pH کاه افزایش می‌یابد. pH مایع شکمبه، تعادلی از غلظت اسیدهای چرب فرار عمده در شکمبه (استات، پروپیونات، بوتیرات و لاکتات) آمونیاک، بافر و بزاق است. هر چه میزان تخمیر شکمبه‌ای افزایش یابد، محصولات فرعی حاصل از آن یعنی اسیدهای چرب فرار نیز افزایش‌یافته که این باعث کاهش pH شکمبه می‌گردد. درنتیجه pH شکمبه شاخصی از میزان تخمیر شکمبه است (ون‌سوست ۱۹۹۴).

تکنیک‌هایی مانند تولید گاز به‌طور غیرمستقیم وضعیت کلی تخمیر را نشان می‌دهند. میزان گاز تولیدی وابسته به ترکیبات شیمیایی آن ماده غذایی می‌باشد. محققان گزارش کرده‌اند که بین الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، و نرخ و حجم گاز تولیدی همبستگی منفی وجود دارد (سومارات و همکاران ۲۰۰۰). منابع خوراکی با الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی بالا، دارای پتانسیل تولید گاز کمتری هستند. با افزایش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، نسبت کربوهیدرات‌های محلول کاهش‌یافته، درنتیجه هضم پذیری، تخمیر و تولید گاز نیز کاهش می‌یابد (ماکار ۲۰۰۵). مواد شیمیایی می‌توانند با نفوذ در دیواره سلولی، پیوندهای استری بین لیگنین، سلولز و همی سلولز را شکسته و به‌طور فیزیکی ساختار الیاف را متورم سازند (لام و همکاران ۲۰۰۱).

بلومل و همکاران (۱۹۹۷) مقدار عامل تفکیک را در خوراک‌های متعارف در محدوده ۴/۴۱-۲/۷۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش کردند. بالاتر بودن عامل تفکیک از محدوده متعارف، نشان‌دهنده وجود عامل ضد تغذیه‌ای در نمونه خوراکی است. در پژوهش حاضر، میزان توده میکروبی تولیدشده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون در بقایای کاه گندم ۵۹/۹۳ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک به دست آمد.

نتیجه‌گیری کلی

به طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که روش‌های مختلف عمل‌آوری تأثیرات متفاوتی بر ارزش تغذیه‌ای کاه گندم داشتند. در بین تیمارهانمونه‌های عمل‌آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن بالاترین و تیمار عمل‌آوری شده با اوره پایین‌ترین مقادیر پروتئین خام و خاکستر خام را داشتند. در بین تیمارهای عمل‌آوری شده با دو گونه قارچ برای مدت ۲۱ و ۴۰ روز، ازنظر ماده خشک، خاکستر خام، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بین روش‌های شیمیایی، کاه گندم عمل‌آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن بالاترین پتانسیل تولید گاز را داشتند. در مقایسه با تیمار شاهد تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ از پتانسیل و نرخ تولید گاز پایین‌تری برخوردار بودند. بالاترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی مربوط به تیمارهای عمل‌آوری شده با سود و پراکسید هیدروژن بود به‌طورکلی، به نظر می‌رسد که از بین روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی عمل‌آوری، روش‌های شیمیایی استفاده از سود و پراکسید هیدروژن تأثیر بیشتری در بهبود ارزش تغذیه‌ای کاه گندم داشته‌اند. پیشنهاد می‌شود که تاثیر این تیمارها از طریق آزمایش-های عملکردی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

Alaei A, 2018. Evaluation of Nutritional Value of Vicia Faba Residues Processed with Some Chemical Compounds. MSc Thesis. Gonbad Kavous Uiversity 91 pp. (In Persian).

Al-Masri MR, 2005. Nutritive value of some agricultural wastes as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatments. Bioresoure Technology 96: 1737-1741.

Amjed,M, Jung HG and Donker J, D. 1992. Effect of alkaline hydrogen peroxide treatment on cell wall composition and digestion kinetics of sugarcane residues and wheat straw. Journal of Animal Science 70: 2877-2884. (In Persian).

AOAC, 2003. Official Methods of Analysis. 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. USA.

Aslanian A, 2014. Effects of processing with gamma ray, calcium oxide and sodium hydroxide on nutritional value of soybean straw. MSc Thesis. Gonbad Kavous Uiversity. 115 pp (In Persian).

Aslanian A, Ghanbari F, Bayat Kouhsar J and Karimi Shahraki B, 2015. Effects of processing with gamma ray, sodium hydroxide and calcium oxide on gas production parameters and digestibility of soybean straw. Journal of Animal Production 2: 235-248 (In Persian).

Bampidis VA and Robinson PH, 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. Animal Feed Science and Technology 128: 175-217.

Basiri S, 2007. The processing and residue of fruit and vegetables. Azad University Press Shabestar. 159 pp.

Baytok E, Aksu T, Karsli MA and Muruz H, 2005. The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 29: 469-474.

Beuvink JMW and Spoelstra SF, 1992. Interactions between substrate, fermentation end-products, systems and gas production UP. On fermentation of different carbohydrates by mixed rumen microorganisms *in vitro*. Applied Microbiology and Biotechnology 37: 505-509.

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.

Blummel M, Makkar PS and Becker K, 1997. *In vitro* gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77: 24-34.

Broderick GA and Kang JH, 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. Journal of Animal Science 63: 64-75.

Chaji M, Mohammadabadi T, Mamouie 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 Advance 9: 1015-1018.

Chaudhry AS, 1997. Washing and filtration of wheat straw treated with sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide to modify cell wall composition and *in vitro* digestibility. Australasian Journal of Agricultural Science 37: 617-621.

Chaudhry AS, 1998. Nutrient composition, digestion and rumen fermentation in sheep of wheat straw treated with calcium oxid, sodium hydroxid and alkaline hydrogen peroxide. Animal Feed Science and Technoloy 74: 315-328.

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.

Chesson A and Murison SD, 1987. Biotechnological evaluation of straw as a feedstuff for ruminants. *In*: M. Chenost and P. Reiniger (Eds.), Evaluation of Straws in Ruminant Feeding. Elsevier Applied Science, London.

Daraei Garmakhany A, 2013. Optimization of production of fermentable sugars from lignocellulosic biomass of canola by advanced pretreatments. A Dissertation of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian).

Fazaeli H, 2009. Optimum using of agricultural by-products in ruminants nutrition. Fourth National Conference on Agricultural Product Waste. Tarbiat Modares University 198-204.

Getachew G, Blummel M, Makkar H and Becker K,1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review. Animal Feed Science and Technology. 72: 261-281.

Getachew G, Depiters EJ and Robinson PH, 2002. *In vitro* gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. California Agriculther 58: 54-58.

Ghiasvand M, Rezayazdi K and Dehghan Banadaki M, 2011. The effects of different processing methods on chemical composition and ruminal degradability of canola straw and its effect on fattening performance of male Holstein calves. Journal of Animal Science Research 22: 93- 104. (In Persian)

Haddad SG, Grant RG and Kachman SG, 1998. Effect of wheat straw treated with alkaline or ruminal function and lactation performance of dairy cow. Journal of Dairy Science 81: 1956-1965.

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 and Technology 104: 215-225.

Hans- Joachim G, Jung B and Fernando R, 1992. Cell wall compositions degradability of forage stems following chemicals biological delignification. Journal of Science Food Agriculture 58: 347-355.

Hoover WH, 1986. Chemical factors involved on ruminal fiber digestion. Journal of Dairy Science 69: 2755-2766.

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.

Kung JL, Stokes MR and Lin CJ, 2004. Silage additives, in Silage Science and Technology (Agronomy Series No. 42). D. R. Buxton, R. E. Muck, and H. J. Harrison, ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Lam TBT, Kadoya K and Iiyama K, 2001. Bonding of hydroxyl cinnamic acids to lignin: ferulic and p-coumaric acids are predominantly linked at the benzyl position of lignin, not the b-position, in grass cell walls. Phytochemistry 57: 987-992.

Larbi A, Smith JW, Adekunle IO, Raji AM and Ladipo DO, 1998. Chmical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in humid tropics. Animal Feed Science and Technology 72: 81-96.

Leng R A, 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition research Reviews 3: 277-303.

Licitra G, Hernandez TM, Vansoest PJ, 1996.Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology 57(4): 347-358.

Liu JX, Susenbeth A and Sudekum KH, 2002. *In vitro* gas production measurements to evaluate interactions between untreated and chemically treated rice straws, grass hay, and mulberry leaves. Journal of Animal Science 80: 517-524.

Makkar HP, 2005. *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. Animal of Feed Science and Techmology 123: 291-302.

Mansuri H, Nikkhah A, Rezaeian M, Moradi Shahrbaback M and Mirhadi SA, 2003.Determination of roughages degradability through *In vitro* gas production and nylon bag techniques. Journal of Agricultural Science and Technology 34: 495-507.

Menke KH and Steingass, HH, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Journal of Animal Research and Development. 28p.

Menke KH, Raab L, Solewski A, Steingass H, Fritz D and Schneider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agriculture Science 93: 217-222.

Moghaddam M, Taghizadeh A, Nobakht A and Ahmadi A, 2012. Nutritive value of grape pomace and raisin vitis leaves using nylon bags and gas production techniques. Iranian Journal of Animal Science Research, 3 (4): 435-443. (In Persian).

Mosir N, Wyman C, Dale B, Elander R, lee YY, Holtzapple M and ladisch M, 2005. Feature of promising technologies for pretreatement of lignocellulosic biomass. Bioresource Technology 96: 673-686.

Moss RA, Givens DI, and Everington JM, 1990. The effect of sodium hydroxide treatment on the chemical composition, digestibility and digestible energy content of wheat, barley and oat straws. Animal Feed Science Technology 29:73–87.

National Research Council (NRC), 2001. Nutrient requirement of dairy cattle, 7th revised ed. National Academy of Science, Washington DC.

Orskov ER and McDonald I, 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agriculture Science 92: 499-503.

Salamatazar M, Salamatdoust-nobar R and Maheri-sis N, 2012. Evaluation of the effects of thymus vulgar on degradability kinetics of canola meal for ruminant using *in vitro* gas production technique. Journal of Cell and Animal Biology 6: 164-168.

Salehi A, 2016. Determination of chemical composition, gas production and in vitro fermentation parameters of tomato pulp and pistachio hull treated by *pleurotus sahor cajo*. MSc Thesis. Bu-AliSina Uiversity. 91pp (In Persian).

Sarnklong C, Cone JW, Pellikaan W and Hendriks WH, 2010. Utilization of rice straw and different treatments to improve is feed value for ruminants: A review. Asian-Australian Journal of Animal Science. 23: 680-692.

SAS Institute, 2000. SAS Users Guide: Statistics, Version 9. 1 Edition. Cary, NC, USA.

Sharari M, Jahan Latibari A, Guillet A, Aurousseau M, Mouhamadou B, Rafeiee Gh, Mirshokra A and Parsapaghouh D, 2011. Application of the with rot fungus phanerochaete chrysosporium in bioteatment of bagasse effluent. Springer Science and Business 22: 421-430.

Singh SP and Gupta BN, 1988. Total volatile fatty acid and bacterial production rates as affected by rations containing untreated or ammoniated straw with or without impregnation of urea and molasses. Indian Journal of Animal Nutrition 5: 291-295.

Sobhanirad S. Behgar M. Vakili R. - Elahi Torshizi M. 2013. Effect of Gamma Irradiation and Chemical Process on Gas Production Parameters of some Agricultural By-products in in vitro. Iranian Journal of Animal Science Research 4 (4): 314-322. (In Persian).

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.

Sun Y and Cheng JY, 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. Bioresource Technology 83: 1-11.

Sunstol F and Oween E, 1984. Straw and other fibrous by –products as feed. Elsevier Science publisher. Amesterdam, The Newtherlands.

Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB and France J, 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal Feed Science Technology 48: 185-197.

Trach NX, 2000. Treatment and supplementation of rice straw for ruminant feeding in Vietnam. Doctor Scientarium Thesis. Agricultural University of Norway. As, Norway. 174p.

Trach NX. Mo M and Xuan Dan C, 2001. Effects of treatment of rice straw with lime and urea on its chemical composition, gas production and *in sacco* degradation characteristics. Livestock Research for Rural Development 13: 117-134.

Van Soest PJ, 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornel University Press, Ithaca, New York, 374p.

Wanapat M, Polyorach S, Boonnop k, Mapato Cand Cherdthhong C, 2009. Effects of treating rice straw with urea or urea and calcium hydroxide upon intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield of dairy cows. Livestock Science 125: 238-243.

Yalchi T, Kargar S, Khorvash M and Ghorbani Gh R, 2012. Effect of sodium hydroxide on the chemical composition and in vitro digestibility of soybean straw. 5th Iranian Animal Sciences congress. University of Isfahan. (In Persian).

Yang I, Cao J, Jin Y, Chang H.M, Jameel H, Phillips R and Li Z, 2012. Effect of sodium carbonate pretreatement on chemical compositions and enzymatic saccharification of rice straw. Bioresource Technology 124: 283-291.

Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, gas production and digestibility of wheat straw

E Khajeh[1], J Bayat Kouhsar[2*], F Ghanbari[2] and F Talei[3]

Accepted: August 24, 2019 Received: June 22, 2020

[1]MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e Kavas
[2]Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavus
[3]Assistant Professor of Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavus
[*]Corresponding author: Javad_bayat@yahoo.com

پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Researches

Journal of Animal Science/vol.30 No.4/ 2021/pp 41-57
https://animalscience.tabrizu.ac.ir

OPEN ACCESS

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

DOI: 10.22034/as.2021.34955.1512

Introduction: Crop residues such as straws are the lignocellulosic byproducts of crop cultivation that are produced in large amounts worldwide. Crop residues can be utilized as carbohydrate and energy sources in ruminant nutrition the presence of strong physical and chemical bonds between lignin, cellulose and hemicellulose reduces the nutritional value of these materials. Straws produced as cereal by-products are an important feedstuff for ruminants. However, they are not preferred by animals due to their poor digestibility, low nitrogen, and mineral contents. Pre-treatment techniques including physical, chemical as well as biological treatments could improve the nutritional value of low-quality feedstuff. Several chemical treatment methods have been developed to improve the nutritive value of low-quality forage by reducing the concentration of cell walls or increasing their digestion. Alkali treatment (e.g., ammonia and sodium hydroxide) is the most widely used method that can increase the degradation of forage cell walls. The underlying principle of the method is partial solubilization of hemicellulose, lignin, and silica and hydrolysis of uronic and acetic acid esters by the alkali (Chesson et al 1983). Various studies have demonstrated the effectiveness of dry and wet NaOH treatments for the improvement of nutritive value of low-quality forage and crop residues (Wanapat et al 1985, Moss et al 1990). However, the use of ammonia and other alkali for forage improvement has been limited due to their corrosive nature and the hazards they pose to humans. Recently, several studies have demonstrated the potential of biological treatments on improving the digestibility and feeding value of the crop residues by increasing the accessibility of their cellulosic fractions. This study aimed to evaluate the effect of different processing methods (chemical and biological) on chemical composition, *in-vitro* gas production parameters and digestibility of the wheat straw.

Material and methods: Wheat straw was collected from Minudasht city. The present study had a completely randomized design and was conducted based on eight treatments ((1) untreated wheat straw (control (CON)), (2) CON processed with Urea, (3) CON processed with sodium hydroxide, (4) CON processed with hydrogen peroxide, (5) CON inoculated and fermented with *Aspergillus niger* for 21 days, (6) CON inoculated and fermented with *Trichoderma harzianum* for 21 days, (7) CON inoculated and fermented with *Aspergillus niger* for 40 days and (8) CON inoculated and

fermented with *Trichoderma harzianum* for 40 days. Prior to hydrogen peroxide treatment (132 mL of 35% H_2O_2), samples were pretreated with sodium hydroxide (NaOH, 80 g/kg DM) to attain and maintain a pH of 11.5. Treated samples were then placed into plastic bags, tied up and stored under anaerobic conditions. Prior to analysis, bags were opened and air dried. Chemical composition of the samples was determined using standard methods as described by AOAC (2003). *In-vitro* cumulative gas production was determined using 120 ml serum bottles as described by Theodorou et al (1994). A buffered mineral solution (Menke and Steingass 1988) was prepared and placed in a water bath at 39◦C under continuous flushing with CO_2. Rumen fluid was collected before morning feeding from three ruminally fistulated steers fed on a forage diet at a concentration of 40:60. *In-vitro* gas production was measured in triplicate on composite samples from the same treatment silos. For each replicate, a sample of 200 mg DM untreated and inoculated corn silage were collected from mini silos on 45^{th} and 90^{th} days of the fermentation/treatment process. The bottles were then filled with 30 ml of incubation medium that consisted of 10 ml of rumen fluid plus 20 ml of buffer solution and placed in a water bath at 39◦C. Gas production was recorded at 2, 4, 8, 16, 24, 48 and 72 h of incubation. Total gas values are corrected for blank incubation and expressed in ml g^{-1} of DM. A pressure transducer and LED digital read out voltmeter were used to measure the headspace gas pressure in the culture bottles. The volume of gas at the top of the culture bottles were transferred into a syringe by withdrawal of the syringe plunger until the pressure became zero. A medium similar to one developed for gas production was used for batch rumen culture system to measure the pH, and NH_3-N as well as *in-vitro* digestibility. In order to measure the NH_3-N using distillation method, contents of each glass bottle were emptied and strained through four layers of cheesecloth followed by addition of 0.2 N HCl in the ratio of 1:1 (strained rumen fluid: 0.2 N HCl). Subsequently, all contents remaining in the bottles were filtered through nylon bags, oven dried at 60 °C for 48 h and analyzed for *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and for *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD). The pH of the rumen fluid was measured after 24 h of incubation.

Results and discussion: Results showed that chemical composition of the treatments were significantly different from one another ($p<0.05$). The highest and the lowest DM content were related to control and soaked treatments, respectively. Ash content was highest in sodium hydroxide and hydrogen peroxide treatments while it was in the lowest urea treated wheat straw. Fermentation with two kinds of fungi had no effect on the chemical composition of the treatments ($p>0.05$). Different processing methods had significant effect on potential and rate of gas production ($p<0.05$). Soaked and trichodermal treated wheat straw had lowest and sodium hydroxide and hydrogen peroxide had highest gas production potential. Processing with sodium hydroxide and hydrogen peroxide significantly increased the digestibility of DM and OM. However, soaked wheat straw had lowest digestibility, PF and microbial crud protein.

Conclusion: Generally, processing with sodium hydroxide and hydrogen peroxide had the utmost effect on improving nutritional value of the wheat straw.

Key words: Wheat straw, Processing, Gas production, Digestibility