دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی بقایای خلر عمل‌آوری شده با برخی مواد شیمیایی

فرزاد قنبری[1] و جواد بیات کوهسار[2]

۱- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، (نویسنده مسوول: farzadghanbari@yahoo.com)
۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲
صفحه: ۷۲ تا ۸۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بقایای کشاورزی پتانسیل خوبی برای استفاده در جیره نشخوارکنندگان به‌عنوان منابع انرژی دارند. عدم تعادل مواد مغذی و مقدار بالای لیگنین استفاد از این محصولات در جیره نشخوارکنندگان را با محدودیت مواجه کرده است. ارزش تغذیه‌ای این ترکیبات لیگنوسلولزی را به‌کمک روش‌های مناسب عمل‌آوری می توان بهبود داد. این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر عمل‌آوری شیمیایی بر ارزش تغذیه ای بقایای خلر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های بقایای خلر توسط هیدروکسید سدیم (۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک)، اکسید کلسیم (۱۶۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک)، اسید هیدروبرومیک (۶۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم ماده خشک) و پراکسید هیدروژن (۵۷ میلی‌لیتر در کیلوگرم ماده خشک) عمل‌آوری شدند. ترکیب شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC تعیین شد. آزمایش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای با استفاده از تکنیک کیسه‌های نایلونی انجام شد. به‌منظور برآورد فراسنجه‌های تولید گاز، از آزمون تولید گاز استفاده شد. قابلیت هضم برون‌تنی نمونه‌ها با استفاده از روش کشت بسته تعیین شد.

یافته‌ها: عمل‌آوری بر تغییرات ترکیب شیمیایی بقایا موثر بود ($p<۰/۰۵$). تیمارهای اکسید کلسیم، پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم باعث افزایش خاکستر شدند. به‌جز اسیدهیدروبرومیک، در سایر تیمارها مقدار پروتئین خام کاهش یافت. ترکیبات شیمیایی مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را کاهش دادند. مقادیر کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد در نمونه‌های عمل‌آوری شده افزایش یافتند. پتانسیل ($p=۰/۰۰۰۵$) و نرخ تولید گاز، و فراسنجه‌های تخمینی مربوط به آن ($p<۰/۰۰۰۱$) در نمونه‌های عمل‌آوری شده کمتر از شاهد بود. تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اکسید کلسیم مقدار قابلیت هضم ماده خشک و تیمار اکسید کلسیم مقدار قابلیت هضم ماده آلی را در شرایط برون‌تنی کاهش دادند ($p<۰/۰۰۰۱$). مقدار pH محیط کشت توسط ترکیبات شیمیایی افزایش یافت ($p<۰/۰۰۰۱$). اما نیتروژن آمونیاکی بین تیمارهای مختلف یکسان بود. تیمارهای هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک توده میکروبی تولید شده ($p=۰/۰۰۰۴$) و بازده آن ($p=۰/۰۰۱۸$) را افزایش دادند.

نتیجه‌گیری: در مجموع، هرچند که عمل‌آوری باعث کاهش ترکیبات دیواره سلولی بقایای خلر شد، اما تاثیر مثبتی بر فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی نمونه‌ها نداشت.

واژه‌های کلیدی: آزمون تولید گاز، بقایای خلر، عمل‌آوری شیمیایی، قابلیت هضم برون‌تنی

مقدمه

بقایای محصولات زراعی بخش‌های الیافی گیاه هستند که بعد از برداشت محصول در مزرعه باقی‌می‌مانند. آن‌ها پتانسیل خوبی برای استفاده در جیره نشخوارکنندگان به‌عنوان منابع انرژی دارند (۲۵). استفاده از این ترکیبات باعث کاهش قیمت جیره و کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از انباشت آن‌ها می‌شود (۱۹). محدودیت اصلی در استفاده از بقایای محصولات در تغذیه نشخوارکنندگان، عدم تعادل مواد مغذی و مقدار بالای لیگنین آن‌ها است. لیگنین پلیمرهای نامحلولی با سلولز و همی‌سلوز تشکیل می‌دهد. ضمن اینکه این ترکیب پیوندهای داخلی دیگری را نیز با سایر پلیمرها تشکیل می‌دهد. این پیوندها در شرایط طبیعی بیولوژیکی قابل هیدرولیز نیستند (۴۲). به‌همین دلیل مصرف اختیاری ماده خشک و قابلیت هضم بقایای زراعی پایین می‌باشد (۱۳).

یکی از اهداف مهم در پژوهش‌های مربوط به تغذیه نشخوارکنندگان بهبود ارزش تغذیه‌ای بقایای زراعی است. روش‌های مختلف عمل‌آوری فیزیکی (آسیاب کردن، خیساندن، پلت کردن، خرد کردن به قطعات ریز، بخاردهی، پختن تحت فشار و پرتوتابی)، شیمیایی (قلیاها، اسیدها و عوامل اکسیداتیو) و یا بیولوژیکی (عوامل میکروبی، قارچ‌ها و انزیم‌های تجاری) برای تجزیه پیوندهای لیگنوسلولزی و افزایش زیست‌فراهمی[1] بقایای زراعی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۴۲). بسیاری از روش‌های فیزیکی در مزارع کوچک قابل انجام نیستند. چراکه نیاز به ماشین آلات و فرایندهای صنعتی دارند. به‌همین دلیل در بسیاری از موارد این تیمارها از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیستند. روش‌های بیولوژیکی نیز برخلاف مزایایی که دارند دارای ایراداتی مانند مدت زمان طولانی عمل‌آوری و اتلاف مواد مغذی می‌باشند. به‌نظر می‌رسد که عوامل شیمیایی کاربردی‌ترین روش در سطح مزرعه برای کشاورزان باشند. ترکیبات شیمیایی ارزان‌قیمت بوده و روش استفاده از آن‌ها نسبتاً آسان است (۴۹).

بهبود در قابلیت هضم ماده خشک و الیاف بقایای زراعی به‌طور گسترده‌ای در اثر استفاده از تیمارهای شیمیایی گزارش شده است؛ در این میان، هیدروکسید سدیم و آمونیاک بیشترین کارایی را داشته‌اند (۵۸). محققین در بررسی اثر پراکسید هیدروژن بر ارزش تغذیه‌ای بقایای ماش مشاهده کردند که عمل‌آوری سبب افزایش خاکستر، کاهش ماده آلی، افزایش پروتئین خام و کاهش الیاف خام شدند (۶). در یک آزمایش، هیدرکسید سدیم باعث بهبود پتانسیل تولید گاز، فراسنجه‌های تخمیری و گوارش‌پذیری بقایای سویا شد (۵). در یک پژوهش تیمار هیدروکسید سدیم باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک و نیز افزایش بازده توده میکروبی تولیدشده در شرایط برون‌تنی شد (۵۱). در پژوهش دیگر، نشان داده شد که بخش‌های کند تجزیه، ثابت نرخ

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و ماده آلی کاه کلزا در اثر عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم، هیدروکسید سدیم+ پراکسید هیدروژن و آب افزایش یافتند (۲۱).

حبوبات مهم‌ترین محصولات متعلق به خانواده لگومینه[1] هستند و نقش مهمی در فراهم کردن محصولات فرعی با ارزش برای تغذیه دام دارند. با افزایش جمعیت و هزینه‌ها، تقاضا برای حبوبات به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه رو به افزایش است. در سطح جهانی، میانگین سهم حبوبات ۵ درصد از کل مصرف پروتئین است، اما سهم آن‌ها در کشورهای درحال توسعه بین ۱۰ تا ۴۰ درصد است (۲۶). به‌طورکلی بقایای پس از برداشت حبوبات دارای انرژی قابل متابولیسم بالاتر و الیاف نامحلول در شوینده خنثی کمتری نسبت به بقایای غلات می‌باشند. این به‌خاطر سهم بیشتر هضم محتوای سلولی است. علاوه بر این، تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام، لیگنین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در بقایای حبوبات نسبت به غلات بیشتر می‌باشد (۵۳). بقایای حبوبات معمولاً در جیره گوسفند و بز استفاده می‌شوند (۳۲). خلر گیاهی سازگار به شرایط آب و هوایی گرمسیری و نیمه گرمسیری و متعلق به خانواده بقولات است (۳۸). این محصول زراعی از گذشته هم برای مصارف انسانی به‌عنوان غذا و هم برای مصارف حیوانی به‌عنوان علوفه و دانه استفاده شده است (۲۲،۵۶). هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات عمل‌آوری شیمیایی بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم بقایای خلر در شرایط برون‌تنی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه و عمل‌آوری نمونه‌ها: بقایای خلر از مزارع اطراف شهرستان مینودشت- استان گلستان جمع‌آوری شده و برای عمل‌آوری با ترکیبات شیمیایی آماده‌سازی شدند. به‌منظور عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم، ۵۰ گرم از این ماده در یک لیتر آب مقطر حل‌شده و روی یک کیلوگرم ماده خشک بقایای خلر اسپری شد. برای عمل‌آوری با اکسید کلسیم، ابتدا هر کیلوگرم از بقایا با ۲ لیتر آب مقطر مخلوط شد. سپس ۱۶۰ گرم اکسید کلسیم به‌صورت پودر روی بقایا پاشیده شده و به مدت ۱ ساعت کاملاً مخلوط شد (۱۶). به‌منظور عمل‌آوری بقایا با اسید هیدروبرومیک، به ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک، از ۶ میلی‌لیتر اسید هیدروبرومیک رقیق‌شده در ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر استفاده شد. در عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن، ابتدا نمونه‌ها با هیدروکسید سدیم پیش تیمار شدند. نیم ساعت بعد، ۵۷ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه با درجه خلوص ۳۵ درصد در نیم لیتر آب حل‌شده و به هر کیلوگرم ماده خشک بقایا اضافه شد (۱۱). نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی دولایه و در شرایط بی‌هوازی نگهداری شدند. پس از طی مدت‌زمان عمل‌آوری (هیدروکسید سدیم و پراکسیدهیدروژن: ۱۴ روز، اسید هیدروبرومیک: ۱۸ روز و اکسیدکلسیم: ۲۱ روز)، کیسه‌های حاوی نمونه‌های مختلف بازشده و در معرض هوا خشک شدند. سپس نمونه‌گیری از آن‌ها برای انجام آزمایش‌های مورد نظر انجام شد.

تعیین ترکیب شیمیایی: ترکیب شیمیایی تیمارهای مختلف شامل ماده خشک، خاکستر، عصاره اتری، و پروتئین خام مطابق با روش‌های استاندارد AOAC تعیین شد (۴). اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش ون سوئست انجام شد (۵۷). مقادیر کل مواد مغذی قابل‌هضم (درصد)، انرژی خالص شیردهی (مگاژول در کیلوگرم) و انرژی خالص رشد (مگاژول در کیلوگرم) به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ برآورد شدند (۴۰).

(رابطه۱)

$$TDN = ۸۱/۳۸ + (CP \times ۰/۳۶) - (ADF \times ۰/۷۷)$$

(رابطه۲)

$$NEl = (۰/۰۲۴۵ \times TDN) - ۰/۱۲$$

(رابطه۳)

$$NEg= (۰/۰۲۹ \times TDN) - ۱/۰۱$$

در این روابط TDN: کل مواد مغذی قابل هضم (درصد ماده خشک)، CP: پروتئین خام (درصد ماده خشک)، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)، NEl: انرژی خالص برای شیردهی (مگاژول در کیلوگرم) و NEg: انرژی خالص برای رشد (مگاژول در کیلوگرم) می‌باشند.

حیوانات آزمایشی و جیره‌ها: به‌منظور انجام آزمایش‌های برون‌تنی، از ۳ رأس گوسفند نر فیستولاگذاری شده‌ی نژاد دالاق (۲/۵± ۴۵ کیلوگرم) استفاده شد. حیوانات درقفس‌های انفرادی نگه‌داری می‌شدند. جیره دام‌ها مطابق با استاندارد آزمایش‌های مورد نظر در حد نگهداری تنظیم شد (جدول ۱). خوراک‌دهی روزانه در دو نوبت صبح و بعد از ظهر انجام می‌گرفت. ضمناً دام‌ها دسترسی آزاد به آب آشامیدنی داشتند.

آزمون تولید گاز: تولید گاز تیمارهای آزمایشی بر اساس روش استاندارد اندازه‌گیری شد (۳۶). مایع شکمبه از طریق فیستولای شکمبه‌ای و قبل از خوراک‌دهی صبح جمع‌آوری شد. بزاق مصنوعی و مایع شکمبه تهیه شده به نسبت ۲ به ۱ (۲ حجم بزاق مصنوعی و ۱ حجم مایع شکمبه) به داخل بالن مخصوص ریخته شدند. سپس گاز دی‌اکسید کربن تزریق شده و در آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در نهایت ۳۰ میلی‌لیتر از این محلول به‌داخل ویال‌های شیشه‌ای حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه ریخته شد. ویال‌ها درون حمام آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. در طی این مدت، ویال‌های شیشه‌ای هر دو ساعت یک‌بار تکان داده می‌شدند. حجم گاز تولیدشده در فواصل زمانی ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد از انکوباسیون، به‌صورت تجمعی محاسبه شد. برآورد فراسنجه‌های مختلف تولید گاز توسط نرم‌افزار SAS و بر اساس رابطه ۴ انجام شد (۴۳):

(رابطه ۴) $$y = b (1 - e^{-ct})$$

در این رابطه، y گاز تولیدشده در زمان t (میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم ماده خشک)، b تولید گاز (میلی‌لیتر) از بخش نامحلول

1- Bioavailability

[DOI: 10.52547/rap.13.35.72] [DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8] [Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]

قابل تخمیر (پتانسیل تولید گاز)، e عدد نپر، c ثابت نرخ تولید گاز برای بخش b (میلی‌لیتر در ساعت) و t زمان انکوباسیون (ساعت) هستند.

مقادیر انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با استفاده از رابطه‌های ۵، ۶ و ۷ برآورد شدند (۲۰،۳۷).

(رابطه ۵):

$$ME = ۲/۲۰+۰/۱۳۶\ GP + ۰/۰۵۷\ CP_1$$

(رابطه ۶):

$$OMD = ۱۴/۸۸+۰/۸۸۹GP+ ۰/۴۵CP_2 + ۰/۰۶۵۱XA$$

(رابطه ۷):

$$SCFA = ۰/۰۲۲۲GP -۰/۰۰۴۲۵$$

در این روابط، ME انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)، GP میزان تولید گاز خالص بعد از ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP_1 پروتئین خام (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، CP_2 پروتئین خام (درصد ماده خشک)، OMD قابلیت هضم ماده آلی (درصد)، SCFA اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) و XA میزان خاکستر (درصد ماده خشک) می‌باشند.

تعیین قابلیت هضم برون‌تنی: اندازه‌گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف بر اساس روش کشت بسته انجام شد (۵۴). ابتدا نمونه‌ها به‌اندازه یک میلی‌متر آسیاب و سپس خشک شدند. داخل هریک از ویال‌های شیشه‌ای ۵۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه ریخته شده و ۵۰ میلی‌لیتر از مخلوط بزاق مصنوعی و مایع شکمبه به‌نسبت ۲ به ۱ به‌داخل هر ویال اضافه شد. سپس به‌مدت ۱۰ ثانیه به‌داخل هر ویال شیشه‌ای گاز دی‌اکسیدکربن واردشده و درب آن به‌کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. سپس ویال‌ها درون حمام آب گرم در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، تمامی ویال‌ها از حمام آب گرم خارج‌شده و به‌ظرف حاوی یخ منتقل شدند. نمونه‌های موجود در هر ویال، با استفاده از پارچه مخصوص صاف‌شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شدند. سپس pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از صاف کردن محتویات کشت ۲۴ ساعته، نمونه‌های حاصل به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس قابلیت هضم ظاهری نمونه‌ها محاسبه شد.

برآورد فراسنجه‌های تخمیری شکمبه با روش برون‌تنی: میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش فنل-هیپوکلریت تعیین گردید (۱۲). بدین منظور از دستگاه اسپکتروفتومتر[1] در طول‌موج ۶۳۰ نانومتر جهت قرائت جذب نوری استفاده شد. محاسبه توده میکروبی تولیدشده با استفاده از رابطه ۸ انجام شد (۳۳).

$$MB= GP \times (PF -۲/۲) \qquad \text{(رابطه ۸)}$$

در این رابطه، MB تولید توده میکروبی (میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک)، GP میزان تولید گاز خالص بعد از ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر) و PF[2] عامل تفکیک (میلی‌گرم در میلی‌لیتر) هستند. عامل تفکیک برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی می‌باشد. بازده مقدار توده میکروبی با تقسیم توده میکروبی تولیدشده بر مقدار ماده آلی حقیقی قابل تخمیر در پایان زمان انکوباسیون (۲۴ ساعت) محاسبه گردید.

تجزیه داده‌ها: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مدل آماری طرح به‌صورت رابطه ۹ بود:

$$Y_{ij}= \mu+ T_i +e_{ij} \qquad \text{(رابطه ۹)}$$

در این رابطه، Yij: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین کل، Ti: اثر تیمار و eij: خطای آزمایش هستند.

پردازش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۹/۱) (۴۸) و رویه ANOVA انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[3] استفاده شد.

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره غذایی

Table 1. Ingredients and chemical composition of diet

ماده خوراکی	درصد ماده خشک جیره
یونجه	۲۰/۰۰
سیلاژ ذرت	۵۰/۰۰
جو	۱۲/۰۰
سبوس گندم	۱۷/۵۰
مکمل ویتامینی- معدنی*	۰/۵۰
ترکیب شیمیایی	
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم)	۲/۴۸
پروتئین خام (درصد)	۱۰/۹۰
کلسیم (درصد)	۰/۷۳
فسفر (درصد)	۰/۳۵

*در هر کیلوگرم جیره ۹۹/۲۰ میلی‌گرم منگنز، ۵۰ میلی‌گرم آهن، ۸۴/۷۰ میلی‌گرم روی، ۱۰/۰۰ میلی‌گرم مس، ۱ میلی‌گرم ید، ۰/۲ میلی‌گرم سلنیوم، ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D، ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی: مقایسه میانگین ترکیب شیمیایی بقایای خلر عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با تیمارهای مختلف شیمیایی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود ($p<۰/۰۵$).

تیمارهای هیدروکسید سدیم، پراکسیدهیدروژن و اسید

1- Varian- Cary 50 2- Partitioning factor 3- Least significant difference (LSD)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

هیدروبرومیک باعث کاهش مقدار ماده خشک نسبت به شاهد شدند (به‌ترتیب ۹۰/۰۷، ۹۱/۰۸ و ۹۲/۴۵ درصد در برابر ۹۳/۴۲ درصد). استفاده از آب در هنگام عمل‌اوری با ترکیبات شیمیایی، می‌تواند باعث کاهش در مقدار ماده خشک نمونه‌ها شود. اما تیمار اکسید کلسیم (۹۵/۵۷ درصد) مقدار این صفت را افزایش داد که علت آن احتمالاً مربوط به عدم محلولیت کامل این ترکیب قلیایی و باقی‌ماندن بخشی از آن بر روی نمونه باشد (۱۵).

مقدار خاکستر و ماده آلی در نمونه شاهد به‌ترتیب ۸/۴۷ و ۹۱/۵۳ درصد ماده خشک به‌دست آمد. به‌جز هیدروبرومیک اسید، سایر تیمارها مقدار خاکستر را افزایش و مقدار ماده خشک را کاهش دادند. در تیمار اکسید کلسیم بیشترین مقدار خاکستر و کمترین مقدار ماده آلی مشاهده شد (به‌ترتیب ۲۳/۰۳ و ۷۶/۹۷ درصد ماده خشک). در توافق با پژوهش حاضر عمل‌آوری بقایای ماش، نخود زراعی و باقلا با هیدروکسید سدیم ، اکسید کلسیم و پراکسید هیدروژن سبب افزایش خاکستر نمونه‌ها شده است (۲،۶،۵۱). به نظر می‌رسد که افزایش در مقدار خاکستر در تیمار عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و اکسید کلسیم به‌دلیل رسوب سدیم و کلسیم موجود در این مواد شیمیایی روی بقایای ماش باشد (۸). همچنین از آنجایی‌که در عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن، ابتدا به‌منظور حفظ pH در محدوده‌ی ۱۱/۵ هیدروکسید سدیم به ماده اضافه می‌شود، به‌همین دلیل درصد خاکستر در نمونه عمل‌آوری شده افزایش می‌یابد. کاهش ماده آلی در تیمارهای مورد اشاره نیز به‌دنبال افزایش خاکستر اتفاق افتاد. چراکه بین این دو فراسنجه ارتباط معکوس وجود دارد. کاهش مقدار ماده آلی نتیجه رقیق شدن مواد قندی درنتیجه افزایش مقدار خاکستر می‌باشد (۲۱). به‌همین ترتیب دلایل افزایش خاکستر در کاه گندم عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم+پراکسید هیدروژن را افزودن سدیم به نمونه و کاهش دیواره سلولی در اثر این تیمارها بیان شده است (۱۶).

عمل‌آوری با اسید هیدروبرومیک مقدار عصاره اتری را نسبت به شاهد افزایش داد (۲۲/ ۲ درصد ماده خشک در برابر ۱/۸۳ درصد ماده خشک). سایر تیمارها اختلافی با شاهد نداشتند. همسو با پژوهش حاضر، در یک مطالعه استفاده از هیدروبرومیک در عمل‌آوری بقایای ماش باعث افزایش قابل توجه عصاره اتری شد (۶). ضمن اینکه افزایش مقدار این صفت در بقایای زراعی عمل‌آوری شده با سایر ترکیبات شیمیایی از جمله اکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم گزارش شده است (۵،۶۱). افزایش در مقدار عصاره اتری در اثر تیمارهای شیمیایی به کاهش اجزای دیواره سلولی شامل سلولز و همی‌سلولز و در نتیجه افزایش نسبت این ماده مغذی نسبت داده شده است (۶۱).

مقدار پروتئین خام در نمونه‌های عمل‌آوری شده با اسید هیدروبرومیک با شاهد یکسان بود (به‌ترتیب ۱۱/۲۰ درصد ماده خشک و ۱۱/۱۸ درصد ماده خشک). سایر تیمارها مقدار این ماده مغذی را کاهش دادند. کمترین مقدار پروتئین خام در تیمار پراکسید هیدروژن مشاهده شد (۷/۵۳ درصد ماده خشک). مطابق با پژوهش حاضر، محققین در بررسی تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی کاه کلزا مشاهده کردند که نمونه‌های عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید سدیم+ پراکسید هیدروژن، درصد پروتئین خام کمتری نسبت به شاهد داشتند (۲۱). در یک پژوهش مشاهده شد که تیمارهای اکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم باعث کاهش مقدار پروتئین خام در کاه سویا شدند (۵). در یک مطالعه دیگر مقدار پروتئین خام در بقایای باقلای عمل‌آوری شده با تیمارهای هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن و اکسید کلسیم کمتر از نمونه‌های عمل‌وری نشده بود (۲). همانگونه که در بالا اشاره شد، افزودن هیدروکسید سدیم و اکسید کلسیم به کاه‌ها و بقایای زراعی باعث افزایش درصد خاکستر خام آن شده و این خود می‌تواند باعث کاهش درصد پروتئین خام شود (به‌علت کاهش مواد آلی) شود. در یک پژوهش دلیل کاهش در محتوای پروتئین خام کاه سویای عمل‌آوری شده با اکسید کلسیم، جدا شدن نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده کاه بیان شد (۲۷).

مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در نمونه‌های شاهد ۶۱/۸۵ و ۴۵/۱۲ درصد ماده خشک به‌دست آمد. به‌جز اکسید کلسیم (۶۲/۲۰ درصد ماده خشک)، سایر تیمارها باعث کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی شدند. به‌همین ترتیب تمام تیمارها مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را کاهش دادند. کمترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در تیمار هیدروکسید سدیم به‌دست آمد (به‌ترتیب ۵۰/۶۸ و ۳۶/۱۵ درصد ماده خشک). از اهداف مهم عمل آوری ترکیبات لیگنوسلولزی مانند کاه‌ها، کاهش محتوی دیواره سلولی (سلوز، همی‌سلولز، لیگنین و پکتین) و در نتیجه افزایش قابلیت هضم آن‌ها می‌باشد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، در مطالعات قبلی کاهش مقدار الیاف خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین در محصولات فرعی زراعی در اثر عمل‌اوری شیمیایی گزارش شده است (۲۳،۲۸،۳۵،۶۰،۶۱). مواد شیمیایی، به‌ویژه ترکیبات قلیایی، در جدا سازی لیگنین از زیست توده بسیار موثر هستند. آن‌ها باعث تخریب اجزای دیواره سلولی از جمله الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، همی‌سلولز و لیگنین، و در نتیجه کاهش مقدار آن‌ها می‌شوند (۶۰). ترکیبات قلیایی قادر به شکستن پیوند بین لیگنین و پلی ساکاریدها و سپس حل کردن همی سلولز موجود در کاه‌ها می‌باشند. بدین ترتیب مقدار سلولز و الیاف نامحلول در شوینده خثی در این مواد کاهش می‌یابد (۴۵). در یک مطالعه محتوی سلولز پوسته و کاه سویای پیش‌تیمارشده با هیدروکسیدسدیم باعث تخریب ساختار دیواره سلولی و محلولیت لیگنین و همی‌سلولز شد (۴۶). مشاهده شده است که در اثر عمل‌آوری هیدروکسید سدیم در الیاف نامحلول دیواره سلولی حل شده و این منجر به کاهش همی‌سلولز، لیگنین و سیلیس در کاه برنج شد. (۷). به‌همین ترتیب کاهش محتوی الیاف خام بقایای ماش عمل‌آوری شده با پراکسیدهیدروژن گزارش شده است (۶). در یک مطالعه پراکسید هیدروژن باعث کاهش الیاف نامحلول در شوینده

[DOI: 10.52547/rap.13.35.72] [DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8] [Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]

خنثی در الیاف نخل شد (۵۰). اکسید کلسیم تیمار قدرتمندی در لیگنین زدایی بوده و باعث کاهش مقدار الیاف نامحلول درشوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، همی‌سلولز و لیگنین می‌شود (۵۵). علت کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در کاه برنج عمل‌اوری آوره شده با ترکیب قلیایی تغییر دیواره سلولی کاه و بهبود محلولیت سلولز و همی سلولز بیان شده است (۳۰).

مقدار کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد در نمونه‌های شاهد به ترتیب ۵۰/۶۶ درصد، ۱/۱۲ مگاژول در کیلوگرم و ۰/۴۶ مگاژول در کیلوگرم به‌دست آمد. تمام تیمارها صفات مورد اشاره را افزایش دادند. بیشترین مقدار در نمونه‌های عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم مشاهده شد (به‌ترتیب ۵۶/۶۸ درصد، ۱/۲۷ مگاژول در کیلوگرم، ۰/۶۳ مگاژول در کیلوگرم). کل مواد مغذی قابل‌هضم بیانگر مواد غذایی قابل‌دسترس برای دام است و به‌میزان غلظت الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه بستگی دارد (۲۹). در پژوهش حاضر با کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در اثر تیمارهای شیمیایی، میزان کل مواد مغذی قابل‌هضم افزایش یافت. انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد نیز متاثر از کل مواد مغذی قابل هضم می‌باشد (۴۰)؛ بنابراین در تیمارهای شیمیایی با افزایش کل مواد مغذی قابل هضم که به آن اشاره شد، این فراسنجه‌ها نیز افزایش یافتند. در یک مطالعه افزایش کل مواد مغذی و نیز انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد در دانه جو عمل‌آوری شده، به افزایش سطح پروتئین خام و کاهش غلظت اجزای دیواره سلولی در دانه عمل‌آوری شده نسبت داده شد (۲۴). عدم تاثیر تیمارهای آب، هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن بر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و به‌دنبال آن بر کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد مشاهده شد (۵۱).

جدول ۲- تاثیر عمل‌آوری با تیمارهای مختلف بر ترکیب شیمیایی، کل مواد مغذی قابل هضم و انرژی خالص برای شیردهی و رشد بقایای خلر

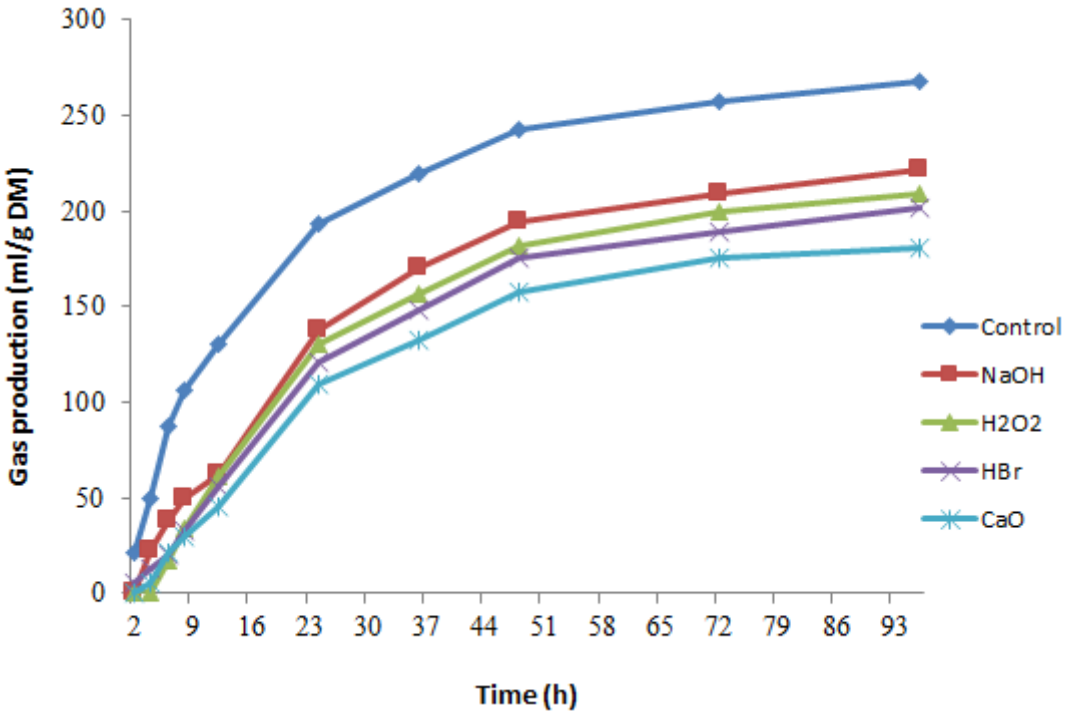
Table 1. Effect of processing with different treatments on chemical composition, total digestible nutrients and net energy for lactation and growth of grass pea residues

تیمارها	DM	Ash	OM	EE	CP	NDF	ADF	TDN	NE_L	NE_g
شاهد	۹۳/۴۲^{b}	۸/۴۷^{d}	۹۱/۵۳^{a}	۱/۸۳^{bc}	۱۱/۱۸^{a}	۶۱/۸۵^{a}	۴۵/۱۲^{a}	۵۰/۶۶^{e}	۱/۱۲^{e}	۰/۴۶^{e}
هیدروکسید سدیم	۹۰/۰۷^{e}	۱۴/۴۷^{c}	۸۵/۵۳^{b}	۱/۹۳^{ab}	۸/۷۲^{c}	۵۰/۶۸^{c}	۳۶/۱۵^{d}	۵۶/۶۸^{a}	۱/۲۷^{a}	۰/۶۳^{a}
پراکسید هیدروژن	۹۱/۰۸^{d}	۱۸/۳۳^{b}	۸۱/۶۷^{c}	۱/۷۷^{bc}	۷/۵۳^{d}	۵۴/۵۳^{b}	۴۰/۳۵^{c}	۵۳/۰۲^{c}	۱/۱۷^{c}	۰/۵۲^{c}
هیدروبرومیک اسید	۹۲/۴۵^{c}	۹/۰۳^{d}	۹۰/۹۷^{a}	۲/۲۳^{a}	۱۱/۲۰^{a}	۵۴/۹۰^{b}	۴۰/۹۳^{c}	۵۳/۹۰^{b}	۱/۲۰^{b}	۰/۵۵^{b}
اکسید کلسیم	۹۵/۵۷^{a}	۲۳/۰۳^{a}	۷۶/۹۷^{d}	۱/۴۳^{c}	۹/۲۳^{b}	۶۲/۲۰^{a}	۴۲/۷۷^{b}	۵۱/۷۸^{d}	۱/۱۵^{d}	۰/۴۹^{d}
اشتباه معیار میانگین	۰/۲۹۹	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۰/۱۴۱	۰/۱۴۸	۰/۲۷۰	۰/۳۶۷	۰/۲۷۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸
p-value	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۴۷	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

DM: ماده خشک (درصد)، Ash: خاکستر (درصد ماده خشک). OM: ماده آلی (درصد ماده خشک)، EE: عصاره اتری، CP: پروتئین خام (درصد ماده خشک)، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)، TDN: کل مواد مغذی قابل‌هضم، NEL : انرژی خالص شیردهی (مگا ژول در کیلوگرم)، NEg: انرژی خالص رشد (مگا ژول در کیلوگرم).
در هر ستون اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی: تاثیر عمل‌آوری شیمیایی بر روند تولید گاز بقایای خلر در شکل ۱ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که تمام تیمارهای شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش باعث کاهش مقدار گاز تولیدی نمونه‌ها در زمان‌های مختلف انکوباسیون شدند (p<۰/۰۵). عمل‌آوری با اکسید کلسیم بیشترین تاثیر را در روند کاهشی تولید گاز نمونه‌ها داشت.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]



شکل ۱- روند تولید گاز بقایای خلر عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف انکوباسیون
Figure 1. Gas production trend of unprocessed and processed grass pea residues with different treatments at different incubation times
NaOH: sodium hydroxide, H2O2: hydrogen peroxide, HBr: Hydrobromic acid, CaO: Calcium oxide

جدول ۳- تاثیر عمل‌آوری شیمیایی بر مقدار تولید گاز بقایای خلر در زمان‌های مختلف انکوباسیون (میلی‌لیتر در گرم ماده خشک)
Table 2. Effect of chemical processing on the gas production amount of grass pea residues at different incubation times (ml/gDM)

تیمارها	زمان‌های انکوباسیون (ساعت)									
	۲	۴	۶	۸	۱۲	۲۴	۳۶	۴۸	۷۲	۹۶
شاهد	۲۱/۲۵^{a}	۵۰/۰۰^{a}	۸۷/۵۰^{a}	۱۰۵/۸۳^{a}	۱۳۰/۸۳^{a}	۱۹۳/۳۳^{a}	۲۱۹/۱۷^{a}	۲۴۲/۵۰^{a}	۲۵۷/۵۰^{a}	۲۶۷/۸۳^{a}
هیدروکسید سدیم	۰/۰۰^{c}	۲۲/۶۷^{b}	۳۸/۵۰^{b}	۵۰/۰۰^{b}	۶۲/۲۵^{b}	۱۳۷/۲۵^{b}	۱۶۹/۷۵^{b}	۱۹۴/۷۵^{b}	۲۰۸/۹۲^{b}	۲۲۱/۷۵^{b}
پراکسید هیدروژن	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{d}	۱۷/۵۰^{c}	۳۳/۳۳^{c}	۶۰/۸۳^{b}	۱۳۰/۸۳^{b}	۱۵۶/۶۷^{b}	۱۸۱/۶۷^{b}	۱۹۹/۱۷^{bc}	۲۰۹/۱۷^{b}
اسید هیدروبرومیک	۵/۰۰^{b}	۱۲/۵۰^{c}	۲۰/۰۰^{c}	۳۲/۵۰^{c}	۵۵/۸۳^{bc}	۱۲۰/۸۳^{bc}	۱۴۸/۳۳^{bc}	۱۷۵/۸۳^{bc}	۱۸۹/۱۷^{bc}	۲۰۱/۶۷^{bc}
اکسید کلسیم	۰/۰۰^{c}	۵/۸۳^{c}	۲۰/۸۳^{c}	۳۰/۰۰^{c}	۴۵/۰۰^{c}	۱۰۹/۱۷^{c}	۱۳۲/۵۰^{c}	۱۵۷/۵۰^{c}	۱۷۵/۰۰^{c}	۱۸۰/۳۳^{c}
اشتباه معیار میانگین	۱/۳۳	۱/۹۷	۲/۶۷	۳/۵۸	۴/۵۲	۶/۰۲	۶/۹۳	۷/۳۷	۸/۲۵	۸/۹۱
سطح معنی‌داری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۴	<۰/۰۰۰۵

در هر ستون اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

تأثیر عمل‌آوری شیمیایی بر فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی بقایای خلر عمل‌آوری شده با تیمارهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. مقدار پتانسیل و نرخ تولید گاز در تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۶۱/۱۰ میلی‌لیتر و ۰/۰۵۸ میلی‌لیتر در ساعت به‌دست آمد. به‌جز هدروکسید سدیم (۲۴۳/۵۰ میلی‌لیتر)، سایر تیمارها پتانسیل تولید گاز را کاهش دادند. کمترین مقدار در تیمار اکسید کلسیم (۲۰۳/۱۰ میلی‌مول) مشاهده شد. عمل‌آوری مقدار نرخ تولید گاز را کاهش داد که تاثیر تیمارها در کاهش این صفت یکسان بود. مقدار قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در نمونه‌های شاهد به‌ترتیب ۷۰/۴۹ درصد، ۷/۴۶ مگاژول در کیلوگرم و ۰/۸۵ میلی‌مول به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک به‌دست آمد. تمام تیمارها صفات مورد اشاره را کاهش دادند که کمترین مقدار در اکسید کلسیم مشاهده شد (به‌ترتیب ۳۴/۵۶ درصد، ۵/۱۸ مگاژول در کیلوگرم و ۰/۴۸ میلی‌مول به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک). هرچند که اختلاف آن با اسید هیدروبرومیک (به‌ترتیب ۳۶/۶۶ درصد، ۵/۴۹ مگاژول در کیلوگرم و ۰/۵۳ میلی‌مول به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) معنی‌دار نبود.

اندازه‌گیری گاز تولیدی در شرایط برون‌تنی اطلاعات مفیدی را در مورد سرعت و میزان هضم و اثرات عوامل ضد تغذیه‌ای خوراک فراهم می‌کند (۴۷). میزان گاز تولیدی بستگی به ترکیب شیمیایی ماده خوراکی دارد و عواملی مانند گونه گیاه، زمان برداشت، بلوغ و روش‌های عمل‌آوری که

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

بتوانند ترکیب شیمیایی را تحت تاثیر قرار دهند، بدیهی است بر میزان گاز تولیدی تاثیر دارند (۱،۵۹). افزایش پتانسیل و نرخ تولید گاز در کاه برنج عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و بی‌کربنات آمونیوم نسبت به نمونه‌های عمل‌آوری نشده گزارش شده است (۱۷). ضمن اینکه تاثیر هیدروکسید سدیم بیشتر از بی‌کربنات آمونیم بود. در یک مطالعه بیان شد که عمل‌آوری گیاه نیشکر با هیدروکسید سدیم باعث افزایش فراسنجه‌های تولید گاز از طریق تسهیل دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به سلولز شده و به دنبال آن قابلیت هضم گیاه افزایش یافت (۱۴). با عمل‌آوری قلیائی، سلولز از درون ماتریکس رها شده و در اختیار میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد در نتیجه انرژی تولیدی از ترکیبات مثل سلولز و همی‌سلولز افزایش می‌یابد. در یک آزمایش، عمل‌آوری برخی ضایعات کشاورزی از جمله کاه گندم، پوسته آفتابگردان، کنجاله چوبی زیتون، هسته خرما و پوسته بادام‌زمینی با تیمارهای اسید هیدروبرومیک و هیدروکسید سدیم باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم ضایعات شد (۳). افزایش گاز تولیدی حاصل از کاهش الیاف خام، ممکن است در نتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌دلیل دریافت منابع کربوهیدرات محلول باشد (۱۸). ساختارهای الیافی به‌خصوص لیگنین تولید گاز را کاهش می‌دهند. بنابراین افزایش بیشتر پتانسیل تولید گاز در کاه عمل‌آوری شده نسبت به سایر تیمارها می‌تواند با کاهش بیشتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی در اثر عمل‌آوری و همچنین در دسترس بودن راحت‌تر کربوهیدرات‌های آن برای میکروارگانیسم‌های شکمبه در ارتباط باشد (۱). الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، که به کندی توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه تخمیر می‌شوند، نرخ تولید گاز را کاهش می‌دهند (۳۱). در پژوهش حاضر با توجه به اینکه تیمارهای شیمیایی باعث کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شدند، انتظار می‌رفت که تولید گاز بقایای خلر در نمونه‌های عمل‌آوری شده افزایش یابد، اما برعکس در این تیمارها فراسنجه‌های تولید گاز (پتانسیل و نرخ تولید گاز) و تخمینی (قابلیت هضم ماده الی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه) کاهش یافتند. دلیل کاهش تولید گاز در نمونه های عمل‌آوری شده می‌تواند رسوب سدیم و کلسیم در نمونه‌ها باشد. چرا که این عناصر جایگزین بخشی از سوبسترای قابل تخمیر در نمونه‌ها می‌شوند. همسو با نتایج پژوهش حاضر، تیمارهای هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن باعث کاهش مقدار گاز تولیدی بقایای نخود زراعی در تمام زمان‌های انکوباسیون شدند. ضمن اینکه به‌دنبال آن، فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی بقایا هم کاهش یافتند (۵۱). در یک پژوهش قابلیت هضم ماده آلی کاه کنجد در اثر افزودن هیدروکسید سدیم تغییری نکرد (۱۸). همبستگی مثبت بالایی بین تولید گاز با اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و انرژی قابل متابولیسم گزارش شده است (۲۰). کاهش در مقدار انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیردر این پژوهش، همسو با نتایج پژوهش برخی محققین بود (۵۱).

جدول ۴- تاثیر عمل‌آوری با تیمارهای شیمیایی بر فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی بقایای خلر
Table 4. Effect of chemical processing on gas production and estimated parameters of grass pea residues

تیمارها	فراسنجه‌های تولید گاز		فراسنجه‌های تخمینی		
	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)	نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)
شاهد	۲۶۱/۱۰^{a}	۰/۰۵۸^{a}	۴۹/۷۰^{a}	۷/۴۶^{a}	۰/۸۵^{a}
هیدروکسید سدیم	۲۴۳/۵۰^{ab}	۰/۰۲۹^{b}	۳۹/۶۱^{b}	۵/۹۴^{b}	۰/۶۱^{b}
پراکسید هیدروژن	۲۳۲/۰۰^{bc}	۰/۰۲۸^{b}	۳۸/۴۵^{b}	۵/۷۶^{b}	۰/۵۷^{b}
اسید هیدروبرومیک	۲۲۲/۰۰^{c}	۰/۰۲۸^{b}	۳۶/۶۶^{bc}	۵/۴۹^{bc}	۰/۵۳^{bc}
اکسید کلسیم	۲۰۳/۱۰^{d}	۰/۰۲۷^{b}	۳۴/۵۶^{c}	۵/۱۸^{c}	۰/۴۸^{c}
اشتباه معیار میانگین	۵/۹۸۴	۰/۰۰۱۸	۱/۰۸۱	۰/۱۶۳	۰/۲۷۱
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰۵	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

در هر ستون اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری آزمایشگاهی: تأثیر عمل‌آوری شیمیایی بر قابلیت هضم، نیتروژن آمونیاکی و pH محیط کشت، عامل تفکیک، بازده تولید گاز و توده میکروبی تولیدشده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون بقایای خلر در جدول ۵ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود (p<۰/۰۵).

مقدار قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی در نمونه‌های عمل‌آوری نشده (شاهد) به‌ترتیب ۶۶ و ۶۹/۳۳ درصد به‌دست آمد. تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اکسید کلسیم مقدار قابلیت هضم ماده خشک را کاهش دادند (به ترتیب ۴۹/۳۳ و ۳۸/۰۰ درصد). همچنین مقدار قابلیت هضم ماده آلی از طریق عمل‌آوری با اکسید کلسیم کاهش یافت (۴۳/۰۰ درصد). سایر تیمارها از لحاظ صفات مورد اشاره اختلافی با شاهد نداشتند. بر خلاف پژوهش حاضر، نشان داده شد که قابلیت هضم برون‌تنی ماده آلی بقایای گیاه خردل عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم به‌طور معنی‌داری نسبت نمونه عمل‌آوری نشده افزایش‌یافت (۳۹). در یک مطالعه مشاهده شد که عمل‌آوری با پراکسیدهیدروژن و اسید هیدروبرومیک قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی بقایای ماش را در شرایط برون‌تنی افزایش داد (۶). همچنین افزایش قابلیت هضم برون‌تنی بقایای کاه سویای عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم گزارش شده است (۵). اصولاً بین مقادیر دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز با قابلیت هضم یک ماده خوراکی رابطه معکوس وجود دارد (۴۱). در

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

پژوهش حاضر مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بقایای خلر در اثر تیمارهای شیمیایی کاهش یافت. بنابراین انتظار می‌رفت که این کاهش در اجزای دیواره سلولی باعث افزایش قابلیت هضم نمونه‌ها در شرایط آزمایشگاهی شود. اما نه تنها اینگونه نشد، بلکه در تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اکسید کلسیم قابلیت هضم کاهش داشت. نشان داده شده است که قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در شرایط آزمایشگاهی، همبستگی بالایی با مقدار گاز تولیدی دارد. نرخ تولید گاز می‌تواند نشان‌دهنده نرخ هضم در شکمبه و به دنبال آن، نرخ عبور و مصرف ماده خشک باشد (۵۲). همانگونه که در آزمون تولید گاز توضیح داده شد، عمل‌آوری شیمیایی در این پژوهش باعث کاهش مقدار تولید گاز نمونه‌ها شد که این می‌تواند دلیل تاثیر منفی تیمارها بر مقدار قابلیت هضم باشد.

مشابه با پژوهش حاضر، در یک مطالعه عمل‌آوری بقایای باقلا با اکسید کلسیم باعث کاهش قابلیت هضم برون‌تنی ماده خشک و ماده آلی شد (۲). در مطالعات انجام گرفته مشخص شده است تیمارهای هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن و اکسید کلسیم تاثیری بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی بقایای نخود زراعی، کاه سویا و کلش کنجد نداشته است (۱۸،۲۷،۵۱).

در خصوص تأثیر اکسید کلسیم بر مواد لیگنوسلولزی، شرایط عمل‌آوری (حرارت، رطوبت، زمان و.....) بسیار مهم است (۵۵). هنوز شرایط مناسب برای عمل‌آوری با آهک به درستی شناخته نشده است. استفاده از اکسید کلسیم برای عمل‌آوری با وجود مزایای فراوانی که دارد، در عمل با محدودیت‌هایی نیز همراه است. اکسید کلسیم ماده شیمیایی ضعیف‌تری نسبت به 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 عمل‌آوری با آن لازم است (۴۴). در این پژوهش، پایین‌ترین مقدار قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک در بقایای باقلا در تیمار اکسیدکلسیم مشاهده شد. مطابق آنچه در شرایط آزمایش مشاهده شد، محلول اکسید کلسیم روی بقایا باقی ماند که به‌دلیل ماهیت نامحلول بودن، سبب رقیق نشدن مواد مغذی و تأثیر بر قابلیت هضم و دیگر فراسنجه‌های مورد اندازه‌گیری شد. محققین تأثیر اکسید کلسیم و هیدروکسید کلسیم را بر قابلیت هضم برون‌تنی کاه سویا بررسی کردند. در نتایج مشاهده کردند که تیمارهای اعمال شده علیرغم اینکه دیواره سلولی کاه سویا را کاهش دادند، اما تأثیری بر قابلیت هضم برون‌تنی آن نداشتند (۲۷).

تیمارها تاثیری بر مقدار نیتروژن آمونیاکی محیط کشت نداشتند. اما مقدار pH محیط کشت از ۵/۹۵ در تیمار شاهد به ۶/۳۰، ۶/۳۱، ۶/۴۳ و ۶/۲۱ به‌ترتیب در تیمارهای هیدرکسید سدیم، پراکسید هیدروژن، اسید هیدروبرومیک و اکسید کلسیم افزایش پیدا کرد. غلظت نیتروژن آمونیاکی یکی از مؤلفه‌های مهم در تخمین مصرف ماده خشک و قابلیت هضم الیاف می‌باشد. همسو با پژوهش حاضر، در مطالعات انجام گرفته تیمارهای اسید هیدروبرومیک، هیدروکسید سدیم و پراکسیدهیدروژن تاثیری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی بقایای ماش و نخود زراعی نداشتند (۶،۵۱). در یک پژوهش مشاهده شد که استفاده از هیدروکسید سدیم میزان نیتروژن آمونیاکی را کاهش داد (۵). در یک مطالعه تیمارهای اکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم باعث کاهش و تیمار هیدروبرومیک اسید باعث افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی بقایای باقلا شدند (۲). pH مایع شکمبه، تعادلی از غلظت اسیدهای چرب فرار عمده در شکمبه (استات، پروپیونات، بوتیرات و لاکتات)، آمونیاک، بافر و بزاق است. هرچه میزان تخمیر شکمبه‌ای افزایش یابد، محصولات فرعی حاصل از آن یعنی اسیدهای چرب فرار نیز افزایش یافته که این باعث کاهش pH شکمبه می‌گردد. در نتیجه pH شکمبه شاخصی از میزان تخمیر شکمبه است (۵۷) در پژوهش حاضر نیز همانگونه که در بخش قبلی توضیح داده شد، فراسنجه‌های تولید گاز و نیز فراسنجه‌های تخمینی از جمله اسیدهای چرب فرار در اثر تیمارهای شیمیایی کاهش یافتند که افزایش pH محیط کشت در اثر این تیمارها را توجیه می‌کند. همچنین یکی از علل بالاتر بودن pH در نمونه‌های عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و اکسید کلسیم می‌تواند مربوط به ماهیت قلیایی این ترکیبات باشد. ضمن اینکه در تیمار پراکسید هیدروژن نیز ابتدا نمونه‌ها با هیدروکسید سدیم پیش‌تیمار شدند (۲). گزارش شده است زمانی که اکسید کلسیم طی عمل‌آوری با آب ترکیب می‌شود، سریعاً به هیدروکسید کلسیم تبدیل می‌شود (۵۵). بیان شده است که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم باعث ترکیب سدیم با کربن‌های دیواره کاه و تشکیل کربنات سدیم شده و در نتیجه pH افزایش می‌یابد (۲). همسو با پژوهش حاضر افزایش pH محیط کشت را در نمونه بقایای باقلای عمل‌آوری شده با اکسید کلسیم، هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن گزارش شده است (۲). در یک مطالعه دیگر، pH مایع شکمبه در نمونه‌های بقایای نخود زراعی عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن تفاوتی با شاهد نداشت (۵۱).

مقدار عامل تفکیک در نمونه‌های عمل‌آوری شده بیشتر از شاهد (۵/۴۱ میلی‌گرم برمیلی لیتر) بود. بیشترین مقدار در تیمارهای هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن مشاهده شد (به‌ترتیب ۱۰/۱۶ و ۹/۱۹ میلی‌گرم برمیلی لیتر). بازده تولید گاز در تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اکسید کلسیم اختلافی با شاهد نداشت (به‌ترتیب ۱۸۴/۲۶ و ۱۵۶/۸۷ میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک در مقابل ۱۹۴/۰۳ میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک). اما عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن مقدار این صفت را کاهش داد (به‌ترتیب ۱۰۷/۷۸ و ۱۱۸/۶۳ میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک). مقدار توده میکروبی تولید شده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون و بازده آن در تیمار شاهد به ترتیب ۲۰۵/۸۷ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک و ۰/۵۹ به‌دست آمد. به‌جز اکسید کلسیم (۱۵۳/۶۰ میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک)، سایر تیمارها مقدار توده میکروبی تولید شده را افزایش دادند. بیشترین مقدار در تیمار پراکسید هیدروژن مشاهده شد که البته اختلاف آن با تیمارهای هیدروکسید سدیم و اسید هیدروبرومیک (به‌ترتیب ۲۶۰/۷۳ و ۲۵۱/۰۰

[DOI: 10.52547/rap.13.35.72] [DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8] [Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]

میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک) معنی‌دار نبود. تمام تیمارها باعث افزایش بازده تولید توده میکروبی در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون شدند. بیشترین مقدار در تیمار هیدروکسید سدیم مشاهده شد (۰/۷۸)؛ هر چند که اختلاف آن با تیمارهای پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک معنی‌دار نبود (به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۷۱).

در این مطالعه مقدار عامل تفکیک در دامنه ۵/۴۱ تا ۹/۱۹ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر قرار داشت که بیشتر از دامنه گزارش شده (۲/۷۴ تا ۴/۶۵ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) برای خوراک‌های متعارف بود (۱۰). بالاتر بودن عامل تفکیک از محدوده متعارف، نشان‌دهنده وجود عوامل ضد تغذیه‌ای در ماده خوراکی است. قبلاً هم بیان شد که خلر با توجه به اینکه در دسته حبوبات قرار دارد، حاوی عوامل مختلف ضدتغذیه‌ای می‌باشد. دلیل افزایش عامل تفکیک در اثر عوامل ضد تغذیه‌ای آن است که این ترکیبات ممکن است در جریان تخمیر و هضم از نمونه خوراکی شسته شده و در ناپدید شدن ماده خشک سهیم شوند، بدون آنکه در فرآیند تولید گاز نقش داشته باشند. یا اینکه این عوامل ممکن است سبب جلوگیری از محلولیت سایر ترکیبات به‌خصوص پروتئین‌ها شده باشند. این در واقع سبب رقیق شدگی مواد مغذی می‌شود و در ازای قابلیت هضم به‌دست آمده، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی شکل نگرفته است (۳۴).

عامل تفکیک شاخصی برای بیان کیفیت یک علوفه است به‌عبارت دیگر، عامل تفکیک بیان‌گر این واقعیت است که چه‌مقدار ماده آلی تجزیه شده در شکمبه به‌سمت تولید اسیدهای چرب فرار و یا تولید توده میکروبی رفته است و هر چقدر مقدار این ضریب بیشتر باشد، نشان‌دهنده کیفیت بالاتر نمونه خوراک می‌باشد. عامل تفکیک بالاتر نشان دهنده این است که مواد تجزیه شده به‌جای تولید گاز، به‌سمت تولید توده میکروبی هدایت شده و راندمان سنتز پروتئین میکروبی آن بیشتر است (۹). در پژوهش حاضر در نمونه‌های عمل‌آوری شده مقدار عامل تفکیک بالاتر از شاهد بود که بدین معنا است که سهم بالاتری از ماده آلی هضم شده به سمت تولید توده میکروبی رفته تا تولید گاز که داده‌های به‌دست آمده موید همین موضوع است. به‌طوری‌که به‌جز تیمار اکسید کلسیم، در سایر تیمارهای شیمیایی مقدار بازده تولید گاز کاهش و در مقابل توده میکروبی تولید شده و بازده آن نسبت به شاهد افزایش یافت که با داده‌های عامل تفکیک همخوانی دارد. نکته دیگر آن‌که همبستگی منفی بالایی بین اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تولید شده در شکمبه و سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه گزارش شده است (۳۰). در پژوهش حاضر نیز همین روند مشاهده شد. بدین صورت که در تیمارهای شیمیایی که اسیدهای چرب کوتاه زنجیر کاهش یافت، مقدار سنتز پروتئین میکروبی بیشتر بود. عمل‌آوری کاه برنج با اوره و اکسید کلسیم (۴۵)، و عمل‌آوری بقایای نخود زراعی با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن باعث افزایش توده میکروبی تولید شده و بازده آن شد (۵۱).

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر عمل‌آوری شیمیایی ترکیب مواد مغذی بقایای خلر را بهبود داد. اما برخلاف انتظار بهبودی در مقدار فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی نمونه‌ها مشاهده نشد که شاید به‌دلیل اثر بازدارندگی عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در بقایای خلر و یا رسوب ترکیبات شیمیایی روی بقایا باشد. نکته قابل توجه آنکه مقدار عامل تفکیک و توده میکروبی تولید شده و بازده آن در تیمارهای شیمیایی افزایش یافت. به‌همین دلیل پژوهش‌های بعدی به‌منظور تعیین ارزش تغذیه‌ای بقایای خلر عمل‌آوری شده با این تیمارها در شرایط عملکردی پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۵- تاثیر تیمارهای شیمیایی بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، نیتروژن آمونیاکی، pH و فراسنجه‌های تخمیری بقایای خلر

Table 4. Effect of chemical treatments on dry matter and organic matter digestibility, ammoniacal nitrogen, pH and fermentative parameters of grass pea residues

تیمارها	DMD (%)	OMD (%)	NH3-N (mg/dl)	pH	PF (mg/ml)	Gas yield[5](ml/gDM)	MB (mg/gDM)	EMB
شاهد	۶۶/۰۰^{a}	۶۹/۳۳^{ab}	۰/۴۸	۵/۹۵^{c}	۵/۴۱^{c}	۱۹۴/۰۳^{a}	۲۰۵/۸۷^{b}	۰/۵۹^{c}
هیدروکسید سدیم	۶۱/۳۳^{a}	۶۶/۶۷^{b}	۰/۵۴	۶/۳۰^{b}	۱۰/۱۶^{a}	۱۰۷/۷۸^{c}	۲۶۰/۷۳^{a}	۰/۷۸^{a}
پراکسید هیدروژن	۶۸/۰۰^{a}	۷۴/۰۰^{a}	۰/۶۱	۶/۳۱^{b}	۹/۱۹^{ab}	۱۱۸/۶۳^{bc}	۲۸۱/۲۷^{a}	۰/۷۶^{ab}
اسید هیدروبرومیک	۴۹/۳۳^{b}	۷۰/۰۰^{ab}	۰/۵۳	۶/۴۳^{a}	۷/۸۱^{b}	۱۸۴/۲۶^{a}	۲۵۱/۰۰^{a}	۰/۷۱^{ab}
اکسید کلسیم	۳۸/۰۰^{c}	۴۳/۰۰^{c}	۰/۵۷	۶/۲۱^{b}	۷/۶۸^{b}	۱۵۶/۸۷^{ab}	۱۵۳/۶۰^{c}	۰/۷۰^{b}
اشتباه معیار میانگین	۲/۳۴	۲/۱۹	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۶۱	۱۵/۱۰	۱۳/۴۳	۰/۰۲
سطح معنی‌داری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۳۰۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۷۸	۰./۰۰۰۴	۰/۰۰۱۸

DMD: قابلیت هضم ماده خشک (درصد)، OMD: قابلیت هضم ماده آلی (درصد)، NH3-N: نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)، PF: عامل تفکیک، Gas Yeild: بازده تولید گاز (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک)، MB: توده میکروبی تولید شده (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)، EMB: بازده توده میکروبی تولید شده

در هر ستون اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند (p<۰/۰۵).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

منابع

1. Akinfemi, A., O.A. Adu and O.A. Adebiyi. 2009. Use of white-rot fungi in upgrading maize straw and the resulting impact on chemical composition and *in vitro* digestibility. Livestock Research for Rural Development, 21: 115-122.
2. Alaei, A., F. Ghanbar, J. Bayatkouhsar and F. Farivar. 2019. Evaluation of nutritional value of vicia faba residues processed with some chemical compounds using *in vitro* and nylon bag techniques Research on Animal production, 10:19-29 (In Persian).
3. Al-Masri, M.R. 2005. Nutritive value of some agricultural wastes as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatments. Bioresoure Technology, 96: 1737-1741.
4. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
5. Aslanian, A., F. Ghanbari, J. Bayat Kouhsar and B. Karimi Shahraki. 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).
6. Babayi, M., F. Ghanbari, A.M. Gharehbash and J. Bayat Kouhsar. 2016. Effects of processing with electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid on the nutritional value of vetch wastes. Iranian Journal of Animal Science Research, 8: 441-454 (In Persian).
7. Bahraini Z., S. Salari, M. Sari, J. Fayazi and M. Behgar. 2017. Effect of radiation on chemical composition and protein quality of cottonseed meal. Animal Science Journal, 88: 1425-1435.
8. Baytok, E., T. Aksu, M.A. Karsli and H. Muruz. 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.
9. Blummel, M. and E.R. Orskov. 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., P.S. Makkar and K. Becker. 1997. *In vitro* gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77: 24-34.
11. Bouchard, J., M. Methot and B. Jordan. 2006. The effects of ionizing radiation on the cellulose of woodfree paper. Cellulose, 13: 601-610.
12. Broderick, G.A. and J.H. Kang. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Animal Science, 63: 64-75.
13. Brodie G., N. Bootes, F. Dunshea and B. Leury. 2019. Microwave processing of animal feed. A brief review. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 63: 705-717.
14. Chaji, M., T. Mohammadabadi, M. Mamouie and S. Tabatabaei. 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.
15. Chaudhry, A.S. 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.
16. Chaudhry, A.S. 2000. Rumen degradation in saco in sheep of wheat straw treate with calcium oxid, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide Animal Feed Science and Technology, 83: 313-323.
17. Chen, X.L., J.K. Wang, Y.M. WU and J.X. liu. 2007. Effects of chemical treatments of rice straw on rumen fermentation characteristics, fibrolytic enzyme activities and populations of liquid-and solid-associated ruminal microbes *in vitro*. Animal Feed Science and Technology, 141: 1-14.
18. Danesh Mesgaran, M., M. Malakkhahi, B. Heravi Moussavi, A.R. Vakili and A. Tahmasbi. 2010. *In situ* ruminal degradation and *in vitro* gas production of chemically treated sesame stover. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9: 2256-2260.
19. Ferro, M.M., A.De.M. Zanine, A.L. De-Souza, D.De.J. Ferreira, E.M. Santos, G.R. Alvez, L.J.V. Geron and R.M.A. Pinho. 2018. Residue from common bean in substitution of cottonseed cake in diets for sheep. Biological Rhythm Research, 51: 471-480.
20. Getachew, G., M. Blummel, H. Makkar and K. Becker. 1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review. Animal Feed Science and Technology, 72: 261-281.
21. Ghiasvand, M., K. Rezayazdi and M. Dehghan Banadaki. 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 Researches (Agricultural Science), 22: 93-104 (In Persian).
22. Hailu, D., S. Abera and T.A. Teka. 2015. Effects of processing on nutritional composition and anti-nutritional factors of grass pea (*Lathyrus Sativus L*): A review, 36: 61-70.
23. Harun, S. and S.K. Geok. 2016. Effect of sodium hydroxide pretreatment on rice straw composition. Indian Journal of Science and Technology, 9: 1-9.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

24. Hossein Zadeh, H.A., J. Bayat Koohsar, F. Ghanbari and F. Farivar. 2020. Effect of physical and biological processing methods on chemical composition, gas production parameters and *in vitro* digestibility of barley grain. Research on Animal production, 11: 46-56 (In Persian).
25. Jami, E., N. Shterzer, E. Yosef, M. Nikbachat, J. Miron and I. Mizrahi. 2014. Effects of including NaOH-treated corn straw as a substitute for wheat hay in the ration of lactating cows on performance, digestibility, and rumen microbial profile. Journal of dairy Science, 97: 1623-1633.
26. Joshi, P.K. and P. Parthasarathy Rao. 2016. Global and Regional Pulse Economies - Current Trends and Outlook. Discussion Paper 01544. International Food Policy Research Institute, Washington. DC.
27. Khorvash, M., S. Kargar, T. Yalchi and G.R. Ghorbani. 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
28. Kim, S. 2018. Evaluation of alkali-pretreated soybean straw for lignocellulosic bioethanol production. International Journal of Polymer Science, 2018: 1-7.
29. Lithourgidis, A.S., I.B. Vasilakoglou, C.A. Dordas and M.D. Yiakoulaki. 2006. Forage yield and quality of commen vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research, 99: 106-113.
30. Ma, Y., X. Chen, M. Zahoor Khan, J. Xiao, S. Lio, J. Wang, Z. He, C. Li and Z. Cao. 2020. The impact of ammoniation treatment on the chemical composition and *in vitro* digestibility of rice straw in chinese Holsteins. Animals, 10: 1854-1837.
31. Mahala, A.G. and I.M. Khalifa. 2007. The effect of molasses on quality of sorghum (sorghum bicolor) silage. Res. Journal of Animal Veterinaly Science, 2: 43-46.
32. Maheri-Sis, N., A. Aghajanzadeh-Golshani, H. Cheraghi, Y. Ebrahimnezhad, J.G. Ghalehkandi and A. Asaadi-Dizajii. 2011. Dry Matter Degradation and Metabolizable Energy of Chickpea (Cicer arietinum) Straw in Ruminants. Research Journal of Biological Sciences, 6: 635-638.
33. Makkar H.P.S. 2010. *In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. Journal of Animal Science, 107-144 pp.
34. Makkar, H.P.S., M. Blummel and K. Becker. 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glysols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. British Journal of Nutrition, 73: 897-913.
35. Manokhoon, P. and T. Rangseesuriyachai. 2020. Effect of two-stage sodium hydroxide pretreatment on the composition and structure of Napier grass (Pakchong 1) (Pennisetum purpureum). International Journal of Green Energy, 17: 864-871.
36. Menke, K.H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 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.
37. Menke, Kh. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research Development, Separateprint, 28: 7-55.
38. Mirshadi, Sh., A. Taghizadeh and B. navidgbloo. 2016. Determine the chemical composition and gas production parameters Vicia sativa, Lathyrus sativus and Vicia ervilia grain by *in Vitro* Gas Production Technique. Journal of Animal Science Research, 26: 125-135 (In Persian).
39. Mishra A.S., O.H. Chaturvedi, A. Khali, R. Prasad, A. Santra, A.K. Misra, S. Parthasarathy and R.C. Jakhmola. 2000. Effect of sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide treatment on physical and chemical characteristics and IVOMD of mustard straw. Animal Feed Science and Technology, 84: 257-264.
40. National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academies Press.
41. Nazem, K., Y. Rouzbehan and S.A. Shojaosadati. 2008. The nutritive value of citrus pulp (lemon andorange) treated with Neurospora sitophila. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12: 495-506.
42. Nie, H., Z. Wang, J. You, G. Zhu, H. Wang and F. Wang. 2020. Comparison of *in vitro* digestibility and chemical composition among four crop straws treated by Pleurotus ostreatus. Asian-Australian Journal of Animal Science, 33: 24-34.
43. Orskov, E.R. and I. McDonald. 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.
44. Owen, E., T. Klopfenstan and N.A. Urio. 1984. Treatement with other chemicals in straw and other fibrous by-product as feed. Sundstol and Owened. Elsevier Science publishers, Amesterdam, 248-273.
45. Polyorach, S. and M. Wanapat. 2015. Improving the quality of rice straw by urea and calcium hydroxide on rumen ecology, microbial protein synthesis in beef cattle. Journal of animal physiology and animal nutrition, 99: 449-456.
46. Qing, Q., Q. Guo, L. Zhou, X. Gao, X. Lu and Y. Zhang. 2017. Comparison of alkaline and acid pretreatments for enzymatic hydrolysis of soybean hull and soybean straw to produce fermentable sugars. Industrial Crops and Products, 109: 391-397.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

47. Salamatazar, M., R. Salamatdoust-nobar and N. Maheri-sis. 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.
48. SAS. 2003. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC, USA.
49. Sheikh, G.G., A.M. Ganai, P.A. Reshi, B. Sheikh and M. Shabir. 2018. Improved paddy straw and ruminant feed. A review. JoJ Sciences, 1: 10-17.
50. Shengqiang, C., L. Wangliang and Z. Yuming. 2018. Impact of double alkaline pretreatment on enzymatic hydrolysis of palm fibre. Carbon Resources Conversion, 1: 147-152.
51. SoltaniNaseri, K., F. Ghanbari, J. Bayatkouhsar and F. Taliey. 2018. Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, gas production parameters and *in vitro* digestibility of cicer Arietinum wastes. Research on Animal production, 9: 72-82 (In Persian).
52. Sommart, K., D.S. Parker, P. Rowlinson and M. Wanapat. 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
53. Sultan S., B.P. Kushwaha, S.K. Nagl, A.K. Mishra1, S. Bhattacharya, P.K. Gupta and A. Singh. 2011. *In vitro* methane emission from Indian dry roughages in relation to chemical composition. Current Science, 101: 57-65.
54. Theodorou, M.K., B.A. Williams, M.S. Dhanoa, A.B. McAllan and J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 48: 185-97.
55. Trach, N.X., M. Mo and C. Xuan Dan. 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.
56. Vahdani N., M. Moravej, K. Rezayazdi and M. Dehghan-Banadaki. 2014. Evaluation of nutritive value of grass pea hay in sheep nutrition and its palatability as compared with alfalfa. Journal of Agricultural Science and Technology, 16: 537-550.
57. Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornel University Press, Ithaca, New York, 374 pp.
58. Yang, I., J. Cao, Y. Jin, H.M. Chang, H. Jameel, R. Phillips and Z. Li. 2012. Effect of sodium carbonate pretreatement on chemical compositions and enzymatic saccharification of rice straw. Bioresource Technology, 124: 283-291.
59. Yavus, M., N. Ohba, M. Shimojo, M. Furuse and Y. Masuda. 2007. Effects of adding urea and molasses on napiergrass silage quality. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 13: 1532-1542.
60. Zhang, W., K. Pan, C. Liu, M. Qu, K.O. Yang, X. Song and X. Zhao. 2020. Recombinant Lentinula edodes xylanase improved the hydrolysis and *in vitro* ruminal fermentation of soybean straw by changing its fiber structure. International Journal of Biological Macromolecules, 151: 286-292.
61. Zhao, L., L. Ren, Zh. Zhou, Q. Meng, Y. Huo and F. Wang. 2016. Improving ruminal degradability and energetic values of bamboo shoot shell using chemical treatments. Journal of Animal Science, 87: 895-903.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]

Chemical Composition, Gas Production Parameters and *In Vitro* Digestibility of Processed Grass Pea (*Lathyrus Sativus*) Residues with Some Chemicals

Farzad Ghanbari[1] and Javad Bayat Kouhsar[2]

1- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran, (Corresponding author: farzadghanbari@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran
Received: 22 June, 2021 Accepted: 24 August, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Agriculture residues are of a good potential for use as the energy source in ruminant diets. Lack of nutrient balance and high lignin rate have restricted the usage of these products in ruminant diets. Nutritional value of lignocellulosic compounds can be improved with the help of proper methods of processing. This research was conducted in order to investigate the effect of chemical processing on the nutritional value of grass pea (*Lathyrus sativus*) residues.

Material and Methods: Grass pea residues were treated with sodium hydroxide (NaOH, 50 g/kg DM), calcium oxide (CaO, 160 g/kg DM), hydrobromic acid (Hbr, 60 ml/kg DM) and hydrogen peroxide (H2O2, 57 ml/kg DM). Chemical composition of the samples was determined using the standard methods of AOAC. Ruminal degradability trial was carried out using the nylon bag technique. Gas production test was used to estimate gas production parameters. *In vitro* digestibility of the samples was determined through the batch culture method.

Results: Chemical processsing was effective on changing the chemical composition of residues ($p<0.05$). The treatments of CaO, H2O2 and NaOH increased the Ash. Except for Hbr, the other treatments reduced the amount of crude protein (CP). Chemical compounds reduced the amounts of neutral detergent fiber (NDF and acid detergent fiber (ADF). Gas production potential ($p=0.0005$) and rate, and related estimated parameters were lower in treated samples than control ($p<0.0001$). Dry matter digestibility (DMD) in HBr and CaO treatments, and organic matter digestibility (OMD) in CaO treatment decreased compared to the control ($p<0.0001$). The pH of culture medium was increasd by the treatments ($p<0.0001$), however ammoniacal nitrogen (NH3-N) was the same among the different treatments. The treatments of NaOH, H2O2 and HBr incresed the microbial biomass (MB) and its efficiency ($p=0.0001$, $p=0.0018$ respectively).

Conclusion: Overall, although processing decreased the cell wall compounds of grass pea residues, it did not have a positive effect on gas production parameters and *in viro* digestibility of the samples.

Keywords: Chemical processing, Gas production test Grass pea residues, *In vitro* digestibility

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-02]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.12.8]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.72]