14(2) 43-54, Summer 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effect of processing with sodium hydroxide, calcium oxide, hydrobromic acid, and hydrogen peroxide on nutritional value of lentil (*Lens culinaris*) residues

Farzad Ghanbari* *, Javad Bayat Kouhsar

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

Key Words
Chemical processing
Gas production test
In vitro digestibility
Lentil residues

Abstract

Introduction: This research was conducted to investigate the effect of processing 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 (H_2O_2, 57 ml/kg DM) on the nutritional value of lentil (*Lens culinaris*) residues.

Materials & Methods: Gas production test was used to estimate the parameters of gas production in samples. *In vitro* digestibility of the samples was determined by the batch culture method.

Results: Processing was effective on the residue's chemical composition ($P<0.05$). CaO, H_2O_2, and NaOH treatments increased the Ash compared to the control. Crude protein (CP) decreased in the processed samples, which was the lowest in the H_2O_2 and CaO treatments. Treatments of H_2O_2 and NaOH decreased the neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) and increased total digestible nutrients (TDN), net energy for lactation (Nel), and net energy for growth (Neg). Gas production potential and related estimated parameters were less in treated samples than in the control group ($P<0.0001$). Dry matter digestibility (DMD) in NaOH and CaO treatments and organic matter digestibility (OMD) in HBr and CaO treatments decreased compared to the control ($P<0.0001$). All treatments increased the amount of partitioning factor (PF) compared to the control ($P<0.0001$). The highest amount was observed in H_2O_2 and HBr treatments ($P<0.0001$). H_2O_2 increased the microbial biomass (MB) and its efficiency ($P<0.0001$).

Conclusion: Overall, although processing improved the chemical composition of lentil residues, it did not have a positive effect on gas production parameters and *in vitro* digestibility of the samples.

* Corresponding Author's email: farzadghanbari@yahoo.com
Received: 31 January 2021; Reviewed: 10 March 2021; Revised: 29 April 2021; Accepted: 7 June 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.286935.2535

مقاله پژوهشی

اثرات عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم، اکسید کلسیم، اسید هیدروبرومیک و پراکسید هیدروژن بر ارزش تغذیه‌ای بقایای عدس

فرزاد قنبری[*]*، جواد بیات کوهسار*

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

کلمات کلیدی

عمل‌آوری شیمیایی
آزمون تولید گاز
قابلیت هضم برون‌تنی
بقایای عدس

چکیده

مقدمه: این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر تیمارهای هیدروکسیدسدیم (۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک)، اکسیدکلسیم (۱٦۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک)، اسید هیدروبرومیک (٦۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم ماده خشک) و پراکسید هیدروژن (۵۷ میلی‌لیتر در کیلوگرم ماده خشک) بر ارزش تغذیه ای بقایای عدس انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: فراسنجه‌های تولید گاز با استفاده از آزمون تولید گازاندازه‌گیری شدند. قابلیت هضم نمونه‌ها با استفاده از روش کشت بسته تعیین شد.

نتایج: عمل‌آوری برترکیب شیمیایی نمونه‌ها موثربود ($p<۰/۰۵$). تیمارهای‌اکسیدکلسیم، پراکسیدهیدروژن و هیدروکسیدسدیم‌باعث افزایش خاکستر شدند. مقدار پروتئین خام در نمونه‌های عمل‌آوری شده کاهش یافت. کم‌ترین مقدار در تیمارهای پراکسیدهیدروژن و اکسیدکلسیم مشاهده شد. تیمارهای پراکسیدهیدروژن و هیدروکسیدسدیم مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی را کاهش، و در مقابل مقدارکل مواد مغذی قابل هضم، و انرژی خالص برای شیردهی و رشد را افزایش دادند. پتانسیل تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی مربوط به آن در نمونه‌های‌عمل‌آوری‌شده‌کم‌تر از شاهد بود ($p<۰/۰۰۰۱$). قابلیت‌هضم ماده خشک در تیمارهای هیدروکسید سدیم و اکسیدکلسیم و قابلیت هضم ماده آلی در تیمارهای اسیدهیدروبرومیک و اکسیدکلسیم کاهش یافت ($p<۰/۰۰۰۱$). همه تیمارها مقدار عامل تفکیک را افزایش دادند ($p<۰/۰۰۰۱$). بیش‌ترین مقدار در تیمارهای پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک مشاهده شد. پراکسید هیدروژن توده میکروبی تولید شده و بازده آن را افزایش داد ($p<۰/۰۰۰۱$).

بحث و نتیجه‌گیری: در مجموع، هرچند که عمل‌آوری باعث بهبود ترکیب شیمیایی بقایای عدس شد، اما تاثیر مثبتی بر فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی نمونه‌ها نداشت.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: farzadghanbari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۲ بهمن ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۲۰ اسفند ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۹ اردیبهشت ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۷ خرداد ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.286935.2535

مقدمه

امروزه تامین خوراک کافی به‌دلیل بهره‌برداری بیش از حد از مراتع، افزایش جمعیت دام و خشکسالی‌های پیاپی به‌طور فزاینده‌ای دشوار شده است. به‌همین دلیل در چند سال گذشته برای حفظ تولیدات دامی تمایل به استفاده از بقایا و محصولات فرعی کشاورزی به‌عنوان اقلام خوراکی جایگزین افزایش پیدا کرده است (۱). استفاده از محصولات فرعی صنایع کشاورزی در تغذیه حیوانات، به‌دلایل مختلف از جمله: کاهش وابستگی دام به غلات مورد مصرف انسان، کاهش هزینه تأمین مواد مغذی، حذف برنامه‌های پرهزینه در از بین بردن ضایعات کشاورزی و پسماندهای صنایع تبدیلی کشاورزی و جلوگیری‌از آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی‌از انباشت‌این پسماندها حائز اهمیت است. استفاده از ضایعات و محصولات فرعی زراعی در تغذیه دام، از طریق صرفه‌جویی در مصرف مواد خوراکی گران‌قیمت می‌تواند منجر به کاهش واردات و درنتیجه صرفه‌جویی ارزی برای کشور گردد (۲). بقایای محصولات کشاورزی بخش‌های الیافی گیاه هستند که که بعد از برداشت محصول در مزرعه باقی می‌مانند. این بقایا پتانسیل خوبی برای استفاده در جیره نشخوارکنندگان به‌عنوان منبع انرژی دارند (۳). عدم تعادل مواد مغذی و مقدار بالای لیگنین، استفاد از بقایای محصولات زراعی در جیره نشخوارکنندگان را با محدودیت مواجه کرده است. لیگنین به سلولز و همی‌سلوز وصل می‌شود. هم‌چنین این ماده پیوندهای داخلی دیگری را نیز با سایر ماکرومولکول‌ها تشکیل می‌دهد. این پیوندها در شرایط طبیعی قابل هیدرولیز نیستند (۴). به‌همین دلیل مصرف اختیاری و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای بقایای‌زراعی پایین است (۵). ارزش‌تغذیه‌ای بقایای زراعی را می‌توان با به‌کارگیری روش‌های مختلف عمل‌آوری بهبود داد (۶). هدف از عمل‌آوری بقایا، شکستن ساختار لیگنوسلولزی و تبدیل آن به اجزای‌مونوساکاریدی، جهت استفاده به‌عنوان سوبسترای تخمیری است (۷). از عمل‌آوری‌های فیزیکی (خُردنمودن، پلت کردن، آسیاب کردن، خیساندن، بخارآب تحت‌فشار و پرتوتابی)، شیمیایی (استفاده از هیدروکسیدسدیم، اوره، آمونیاک، اکسیدکلسیم و پراکسیدهیدروژن)، بیولوژیکی (استفاده از قارچ‌ها، عوامل‌میکروبی و آنزیم‌های تجاری) و یا ترکیب‌آن‌ها به‌منظور بهبودارزش‌تغذیه‌ای بقایای‌محصولات زراعی استفاده شده است (۷، ۸). در میان روش‌های مختلف مورد اشاره، به‌نظر می‌رسدکه عمل‌آوری‌شیمیایی در سطح‌مزرعه برای کشاورزان کاربردی‌تر باشد. ترکیبات شیمیایی ارزان‌قیمت بوده و روش استفاده از آن‌ها نسبتاً آسان است (۹). در پژوهش‌های قبلی بهبود ارزش تغذیه‌ای محصولات‌فرعی زراعی به‌وسیله عمل‌آوری‌شیمیایی گزارش شده است. در یک آزمایش، هیدرکسید سدیم باعث بهبود پتانسیل تولید گاز، فراسنجه‌های تخمیری و گوارش‌پذیری بقایای‌سویاشد (۱۰) Babayi و همکاران، کاهش محتوی دیواره سلولی و افزایش سطح پروتئین خام را در بقایای ماش عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن مشاهده کردند (۱۱). در پژوهش Soltani Naseri و همکاران، عمل‌آوری بقایای زراعی نخود با هیدروکسید سدیم باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک و نیز افزایش بازده توده میکروبی تولیدشده در شرایط برون‌تنی شد (۱۲). Ghiasvand و همکاران، نیز نشان دادند که فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک و ماده آلی کاه کلزا توسط تیمارهای هیدروکسید سدیم، هیدروکسید سدیم+ پراکسید هیدروژن و آب افزایش یافتند (۱۳). در میان حبوبات، عدس رتبه پنجم را از لحاظ سطح زیر کشت در دنیا به خود اختصاص داده است و به‌ویژه در کشورهای توسعه یافته جزء مهمی از رژیم غذایی انسان است. بقایای حاصل از کشت این محصول از جمله کاه و کلش (به‌عنوان اقلام خوراکی غیر متداول) پتانسیل خوبی برای استفاده در جیره دام دارند. کاه عدس، به‌خاطر ماهیت‌لگومینه، نسبت به کاه‌غلات تجزیه‌پذیری‌بیش‌تری در شکمبه دارد و قابلیت هضم آن بالاتر است. استفاده موفق از بقایای عدس در جیره‌نشخوارکنندگان بزرگ و گوسفند بدون اثرات جانبی بر کیفیت تولیدات دام، موید دسترسی و قابلیت هضم بالای آن‌ها در دستگاه گوارش‌نشخوارکنندگان‌است (۱۴). هدف از انجام این‌پژوهش بررسی تاثیر تیمارهای هیدروکسیدسدیم، پراکسیدهیدروژن، اسیدهیدرو برومیک و اکسیدکلسیم بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی بقایای عدس بود.

مواد و روش‌ها

تهیه و عمل‌آوری نمونه‌ها: بقایای عدس از مزارع شهرستان آزادشهر-استان گلستان جمع‌آوری‌شده و برای عمل‌آوری با ترکیبات شیمیایی آماده‌سازی شدند. به‌منظور عمل‌آوری با هیدروکسیدسدیم، ۵۰ گرم از این ماده در یک لیتر آب مقطر حل‌شده و روی یک کیلوگرم ماده خشک بقایای عدس اسپری شد. برای عمل‌آوری با اکسیدکلسیم، ابتدا هر کیلوگرم از بقایا با ۲ لیتر آب مقطر مخلوط شد. سپس ۱۶۰ گرم اکسیدکلسیم به‌صورت پودر بر روی‌بقایا پاشیده شده و به‌مدت ۱ ساعت کاملاً مخلوط گردید (۱۵). به‌منظور عمل‌آوری بقایا با اسیدهیدروبرومیک، به‌ازای 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، ۱۱۴ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه با درجه خلوص ۳۵ درصد در نیم لیتر آب حل‌شده و به

این مخلوط اضافه شد (۸). نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی دولایه و در شرایط بی‌هوازی نگه‌داری شدند. پس از طی مدت زمان عمل‌آوری، 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 نمونه‌ها مطابق روش استاندارد AOAC تعیین شد (۱۶). ماده خشک به‌وسیله قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (Muffle furnaces LE/2/11) برآورد شد. مقدار چربی خام با استفاده از دستگاه سوکسله (SOX-406) اندازه‌گیری شد. مقدار پروتئین خام نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اتوکلدال (AKA-11) تعیین شد (نیتروژن×۶/۲۵). اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش Van Soest انجام شد (۱۷). مقادیر کل مواد مغذی قابل هضم (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 (۱۸).

(رابطه ۱): $TDN = ۸۱/۳۸ + (CP \times ۰/۳۶) - (ADF \times ۰/۷۷)$

(رابطه ۲): $NEl = (۰/۰۲۴۵ \times TDN) - ۰/۱۲$

(رابطه ۳): $NEg = (۰/۰۲۹ \times TDN) - ۱/۰۱$

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.

آزمون تولید گاز: تولید گاز تیمارهای آزمایشی براساس روش Menke و Steingass، اندازه‌گیری شد (۱۹). مایع شکمبه از ۳ رأس گوسفند نر نژاد دالاق (۲/۵±۴۵ کیلوگرم) دارای فیستولای شکمبه‌ای قبل از خوراک‌دهی صبح جمع‌آوری شد. حیوانات در سطح نگه‌داری با جیره حاوی ۷۰ درصد علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت به‌نسبت مساوی) و ۳۰ درصد کنسانتره (جو، کنجاله تخم پنبه، سبوس و مکمل) تغذیه شدند و به آب آزادانه دسترسی داشتند. مایع شکمبه بلافاصله به آزمایشگاه انتقال یافت. بزاق مصنوعی و مایع شکمبه تهیه‌شده به نسبت ۲ به ۱ (۲ حجم بزاق مصنوعی و ۱ حجم مایع شکمبه) به داخل بالن مخصوص ریخته شدند. سپس گاز دی‌اکسیدکربن به‌داخل مخلوط تزریق‌شده و در آب‌گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. درنهایت ۳۰ میلی‌لیتر از این محلول به‌داخل ویال‌های شیشه‌ای حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه ریخته شد. سر این ویال‌های شیشه‌ای به‌کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. ویال‌ها درون حمام آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در طی این مدت، ویال‌های شیشه‌ای در فواصل زمانی معین 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 براساس رابطه ۴ انجام شد (۲۰):

(رابطه ۴): $y = b\,(1 - e^{-ct})$

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

مقادیر انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی نمونه‌ها با استفاده از معادلات Menke و Steingass (۱۹) و نیز مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر براساس رابطه Getachew و همکاران (۲۱) به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۵، ۶ و ۷ برآورد شدند:

(رابطه ۵): $ME = ۲/۲۰ + ۰/۱۳۶\,GP + ۰/۰۵۷\,CP + ۰/۰۰۲۹\,CF$

(رابطه ۶): $OMD = ۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹GP + ۰/۴۵CP + ۰/۰۶۵۱\,XA$

(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: پروتئین خام (درصد از ماده خشک)، CF: الیاف خام (درصد از 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 از ماده خشک) می‌باشند.

تعیین قابلیت هضم برون تنی: اندازه‌گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف براساس روش کشت بسته انجام شد (۲۲). بدین‌منظور، ابتدا نمونه‌ها به‌اندازه یک میلی‌متر آسیاب و سپس خشک شدند. روش تهیه بزاق مصنوعی و جمع‌آوری مایع شکمبه مطابق آن‌چه در آزمون تولید گاز شرح داده شد، صورت گرفت. با این تفاوت که در آزمایش تعیین قابلیت هضم 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 وارد شده 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 صاف

شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شدند. سپس pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از صاف‌کردن 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 شکمبه‌ای: میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش فنل-هیپوکلریت تعیین گردید (۳). بدین‌منظور از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۳۰ نانومتر جهت قرائت جذب نوری استفاده شد. محاسبه توده میکروبی تولید شده با استفاده از رابطه ۸ انجام شد (۲۴).

(رابطه ۸): $MB= GP \times (PF -۲/۲)$

در این رابطه، MB: تولید توده میکروبی (میلی‌گرم به‌ازای گرم ماده خشک)، GP: میزان تولید گاز خالص بعد از ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر) و PF: عامل تفکیک (میلی‌گرم در میلی‌لیتر) هستند. عامل تفکیک برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی است. 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:

(رابطه ۹): $Y_{ij}= \mu+ T_i +e_{ij}$

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

پردازش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۵) و رویه ANOVA انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (Least Significant Difference =LSD) استفاده شد.

نتایج

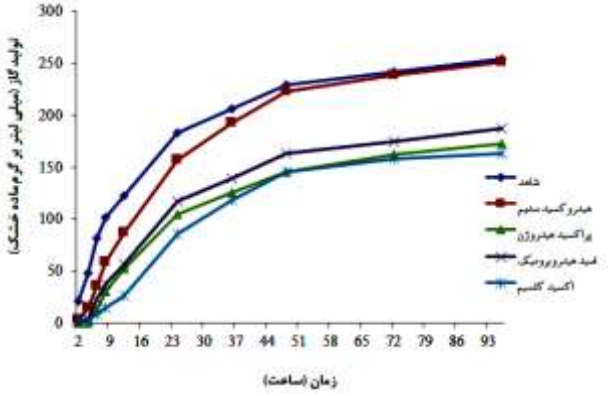
ترکیب شیمیایی: مقایسه میانگین ترکیب شیمیایی بقایای عدس عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با تیمارهای مختلف شیمیایی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). مقدار ماده خشک نمونه‌ها در تیمار شاهد ۹۴/۱۵ درصد به‌دست آمد. تیمارهای هیدروکسیدسدیم، پراکسید هیدروژن و اسید هیدروبرومیک اسید مقدار آن را کاهش دادند. اما اکسید کلسیم مقدار این صفت را افزایش داد. در مقایسه با شاهد، تیمارهای هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن و اکسید کلسیم مقدار خاکستر را افزایش، و مقدار ماده آلی را به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. اسید هیدروبرومیک تأثیری بر مقدار خاکستر و ماده آلی بقایای عدس نداشت. تیمار اسید هیدروبرومیک مقدار عصاره اتری را افزایش داد. سایر ترکیبات شیمیایی تاثیری بر آن نداشتند. عمل‌آوری شیمیایی مقدار پروتئین خام بقایای عدس را کاهش داد. به‌گونه‌ای که مقدار آن از ۱۰/۹۳ درصد ماده خشک در تیمار شاهد به ۹/۲۷، ۷/۶۳، ۱۰/۴۳ و ۷/۷۳ درصد ماده خشک به‌ترتیب در تیمارهای هیدروکسیدسدیم، پراکسیدهیدروژن، هیدروبرومیک اسید و اکسیدکلسیم کاهش یافت. در تیمارهای هیدروکسیدسدیم و پراکسید هیدروژن مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در مقایسه با شاهد کاهش یافت. تیمارهای هیدروبرومیک اسید و اکسید کلسیم تاثیری بر این صفات نداشتند. مقدار کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد در نمونه‌های شاهد به‌ترتیب ۵۵/۹۷ درصد، ۱/۲۵ مگاژول در کیلوگرم و ۰/۶۱ مگاژول در کیلوگرم به‌دست آمد. تیمار هیدروکسید سدیم صفات مورد اشاره را افزایش داد (به‌ترتیب ۵۸/۴۲ درصد، ۱/۳۱ مگاژول در کیلوگرم، ۰/۶۸ مگاژول در کیلوگرم). اما سایر تیمارها تاثیری بر آن‌ها نداشتند.

جدول ۱: تاثیر عمل‌آوری بقایای عدس با تیمارهای مختلف بر ترکیب شیمیایی، کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و رشد

تیمارها	DM	Ash	OM	EE	CP	NDF	ADF	TDN	NE_L	NE_g
شاهد	۹۴/۱۵^{b}	۱۱/۶۷^{d}	۸۸/۳۳^{a}	۲/۱۰^{bc}	۱۰/۹۳^{a}	۵۱/۷۰^{a}	۳۸/۱۲^{a}	۵۵/۹۷^{b}	۱/۲۵^{b}	۰/۶۱^{b}
هیدروکسید سدیم	۹۰/۴۱^{e}	۱۶/۳۷^{c}	۸۳/۶۳^{b}	۲/۱۳^{b}	۹/۲۷^{c}	۴۹/۴۳^{b}	۳۴/۱۵^{c}	۵۸/۴۲^{a}	۱/۳۱^{a}	۰/۶۸^{a}
پراکسید هیدروژن	۹۱/۱۷^{d}	۱۹/۳۰^{b}	۸۰/۷۰^{c}	۲/۰۷^{bc}	۷/۶۳^{d}	۵۰/۳۰^{b}	۳۶/۶۱^{b}	۵۵/۹۴^{c}	۱/۲۵^{b}	۰/۶۱^{b}
هیدروبرومیک اسید	۹۲/۶۵^{c}	۱۱/۶۸^{d}	۸۸/۳۲^{a}	۲/۷۳^{a}	۱۰/۴۳^{b}	۵۲/۵۷^{a}	۳۸/۷۰^{a}	۵۵/۳۴^{b}	۱/۲۴^{b}	۰/۵۹^{b}
اکسید کلسیم	۹۶/۰۰^{a}	۲۴/۳۸^{a}	۷۵/۶۲^{d}	۱/۶۷^{c}	۷/۷۳^{d}	۵۲/۲۲^{a}	۳۷/۶۳^{ab}	۵۵/۱۹^{b}	۱/۲۳^{b}	۰/۵۹^{b}
خطای استاندارد میانگین	۰/۲۴۲	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۱۴۷	۰/۱۲۴	۰/۳۰۱	۰/۳۴۸	۰/۲۹۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹
سطح معنی‌داری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۷	<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 ($P<۰/۰۵$).

کنیتیک تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی: روند تولید گاز بقایای عدس عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با ترکیبات مختلف شیمیایی در شکل ۱ نشان داده شده است. در تیمار هیدروکسید سدیم تا زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون، مقدار تولید گاز کم‌تر از شاهد بود، اما از زمان ۳۶ تا ۹۶ ساعت، مقدار تولید گاز این تیمار با شاهد برابر بود. در سایر تیمارها مقدار تولید گاز در تمام زمان‌های انکوباسیون کم‌تر از شاهد بود. تأثیر عمل‌آوری شیمیایی بقایای عدس بر فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار پتانسیل و نرخ تولید گاز در تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴۷/۱۰ میلی‌لیتر و ۰/۰۵۸ میلی‌لیتر در ساعت به‌دست آمد. به‌جز هیدروکسید سدیم، سایر تیمارها پتانسیل تولید گاز را کاهش دادند ($p<0/05$). نرخ تولید گاز توسط تمام تیمارها کاهش یافت ($p<0/05$) که کم‌ترین مقدار در تیمار اکسیدکلسیم مشاهده شد. مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در نمونه‌های عمل‌آوری شده نسبت به شاهد کاهش یافت. کم‌ترین مقدار این صفات در تیمار اکسید کلسیم مشاهده شد. هرچند که اختلاف آن با پراکسید هیدروژن معنی‌دار نبود.



شکل ۱: روند تولید گاز بقایای عدس عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف انکوباسیون

جدول ۲: تأثیر عمل‌آوری شیمیایی بقایای عدس بر فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی

تیمارها	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر)	نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر درساعت)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد)
شاهد	۲۴۷/۱۰^{a}	۰/۰۵۸^{a}	۰/۸۱^{a}	۷/۲۰^{a}	۴۷/۹۳^{a}
هیدروکسید سدیم	۲۶۶/۸۰^{a}	۰/۰۳۴^{b}	۰/۷۰^{b}	۶/۴۷^{b}	۴۳/۱۰^{b}
پراکسید هیدروژن	۱۹۰/۰۰^{b}	۰/۰۲۸^{b}	۰/۴۶^{cd}	۵/۰۶^{cd}	۳۳/۸۱^{cd}
هیدروبرومیک اسید	۲۰۲/۴۰^{b}	۰/۰۳۰^{b}	۰/۵۲^{c}	۵/۳۸^{c}	۳۵/۹۱^{c}
اکسید کلسیم	۲۰۶/۷۰^{b}	۰/۰۲۰^{c}	۰/۳۸^{d}	۴/۵۴^{d}	۳۰/۳۶^{d}
خطای استاندارد میانگین	۶/۸۳۰	۰/۰۰۲	۰/۰۲۸	۰/۱۷۷	۱/۱۶۴
سطح معنی‌داری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

هر ستون اعداد با حروف غیرمشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P<0/05$).

قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری آزمایشگاهی: مقایسه میانگین قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، نیتروژن آمونیاکی و pH محیط کشت، عامل تفکیک، بازده تولید گاز و توده میکروبی تولیدشده و بازده آن در بقایای عدس عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با ترکیبات شیمیایی مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که به‌جز نیتروژن آمونیاکی، سایر صفات بین تیمارها اختلاف معنی‌داری باهم داشتند ($p<0/05$). قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در تیمار شاهد به‌ترتیب ۶۶/۰۰ و ۷۰/۶۷ درصد به‌دست آمد. قابلیت هضم ماده خشک توسط تیمارهای هیدروکسید سدیم و اکسیدکلسیم (به‌ترتیب ۵۶/۰۰ و ۴۴/۶۷ درصد) و قابلیت هضم ماده آلی توسط تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اکسید کلسیم (به‌ترتیب ۶۳/۳۳ و ۴۷/۴۰ درصد) کاهش پیدا کرد. مقدار pH در تیمارهای پراکسیدهیدروژن و اکسید کلسیم نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (به‌ترتیب ۶/۳۳ و ۶/۴۹ در برابر ۶/۲۰). مقدار عامل تفکیک در تیمار شاهد ۵/۸۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌دست آمد. عمل‌آوری بقایای عدس با ترکیبات شیمیایی عامل تفکیک را افزایش داد. بیش‌ترین مقدار در تیمارهای پراکسید هیدروژن (۱۲/۰۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و اکسیدکلسیم (۱۲/۴۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) مشاهده شد. در تیمارهای پراکسیدهیدروژن، اسیدهیدروبرومیک و اکسیدکلسیم بازده تولید گاز کم‌تر از شاهد بود (به‌ترتیب ۹۲/۷۱، ۱۲۹/۶۸ و ۶۷/۳۰ میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک). توده میکروبی تولید شده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون و بازده آن در تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۲۰/۶۰ میلی‌گرم بر گرم ماده‌خشک و ۰/۶۲ به‌دست آمد. مقدار توده میکروبی تولید شده در تیمار پراکسید هیدروژن (۲۹۱/۴۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)

افزایش، و در تیمار اکسید کلسیم (۱۵۳/۴۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) کاهش یافت. به‌جز اکسیدکلسیم(۰/۶۵)، سایر تیمارها بازده توده میکروبی تولید شده را افزایش دادند. بیش‌ترین مقدار در تیمار پراکسید هیدروژن (۰/۸۲) مشاهده شد.

جدول ۳: تأثیر عمل‌آوری شیمیایی بقایای عدس بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، نیتروژن آمونیاکی و pH محیط کشت، عامل تفکیک، بازده تولید گاز و توده میکروبی تولیدشده و بازده آن

تیمارها	قابلیت هضم ماده خشک (درصد)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد)	نیتروژن آمونیاکی محیط کشت (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	pH محیط کشت	عامل تفکیک (میلی‌گرم برمیلی لیتر)	بازده تولید گاز در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک)	توده میکروبی تولیدشده در پایان۲۴ ساعت انکوباسیون (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	بازده تولید میکروبی پایان۲۴ ساعت انکوباسیون
شاهد	۶۶/۰۰^{a}	۷۰/۶۷^{a}	۰/۶۴	۶/۲۰^{cd}	۵/۸۶^{c}	۱۸۲/۹۷^{a}	۲۲۰/۶۰^{b}	۰/۶۲^{d}
هیدروکسید سدیم	۵۶/۰۰^{b}	۷۱/۳۳^{a}	۰/۳۹	۶/۱۶^{d}	۷/۱۹^{b}	۱۷۷/۳۶^{a}	۲۴۷/۴۰^{b}	۰/۶۹^{bc}
پراکسید هیدروژن	۶۴/۰۰^{a}	۷۲/۴۸^{a}	۰/۴۹	۶/۳۳^{b}	۱۲/۰۲^{a}	۹۲/۷۱^{c}	۲۹۱/۴۰^{a}	۰/۸۲^{a}
اسید هیدروبرومیک	۶۲/۰۰^{a}	۶۳/۳۳^{b}	۰/۵۴	۶/۳۱^{bc}	۷/۹۱^{b}	۱۲۹/۶۸^{b}	۲۲۸/۶۷^{b}	۰/۷۲^{b}
اکسید کلسیم	۴۴/۶۷^{c}	۴۷/۴۰^{c}	۰/۵۱	۶/۴۹^{a}	۱۲/۴۵^{a}	۶۷/۳۰^{d}	۱۵۳/۴۸^{c}	۰/۶۵^{cd}
خطای استاندارد میانگین	۱/۸۱	۱/۸۴	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۲۵	۴/۱۳	۸/۷۸	۰/۰۲
سطح معنی‌داری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۶	۰/۰۰۱۰	<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).

بحث

ترکیب شیمیایی: در این پژوهش تیمارها (به‌جز اکسیدکلسیم) مقدار ماده خشک را کاهش دادند. استفاده از آب در هنگام عمل‌آوری با ترکیبات شیمیایی، می‌تواند باعث کاهش ماده خشک نمونه‌ها شود. اما افزایش ماده خشک در تیمار اکسیدکلسیم می‌تواند مربوط به عدم محلولیت کامل این ترکیب قلیایی و باقی‌ماندن بخشی از آن بر روی نمونه باشد (۲۶). افزایش مقدار خاکستر (کاهش در مقدار ماده آلی) در اثر عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن و اکسید کلسیم در توافق با پژوهش‌های قبلی بود که در آن‌ها عمل‌آوری بقایای ماش، نخود زراعی و باقلا با هیدروکسیدسدیم، اکسیدکلسیم و پراکسیدهیدروژن سبب افزایش خاکستر نمونه‌ها شد (۱۱، ۱۲). 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 (۲۷). هم‌چنین از آن‌جایی‌که در عمل‌آوری با پراکسیدهیدروژن، ابتدا به‌منظور حفظ pH در محدوده ۱۱/۵ هیدروکسیدسدیم به ماده اضافه می‌شود، به‌همین دلیل درصد خاکستر در نمونه عمل‌آوری شده افزایش می‌یابد. کاهش مقدار ماده آلی نیز نتیجه رقیق شدن مواد قندی درنتیجه افزایش مقدار خاکستر می‌باشد(۱۳). به‌همین ترتیب Chaudhry، 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 کرد (۱۵). در پژوهش حاضر، عمل‌آوری با اسید هیدروبرومیک مقدار عصاره اتری را نسبت به شاهد افزایش داد. در مطالعه Babayi و همکاران، نیز استفاده از هیدروبرومیک در عمل‌آوری بقایای ماش باعث افزایش قابل توجه عصاره اتری شد (۱۱). ضمن این‌که افزایش مقدار این صفت در بقایای زراعی عمل‌آوری شده با سایر ترکیبات شیمیایی از جمله اکسیدکلسیم و هیدروکسید سدیم گزارش شده است (۱۰، ۲۸). افزایش در مقدار عصاره اتری در اثر تیمارهای شیمیایی به کاهش اجزای دیواره سلولی شامل سلولز و همی‌سلوز و درنتیجه افزایش نسبت این ماده مغذی نسبت داده شده است (۲۸). عمل‌آوری شیمیایی مقدار پروتئین خام بقایای عدس را کاهش داد. مطابق با پژوهش حاضر، Ghiasvand و همکاران، در بررسی تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی کاه کلزا مشاهده کردند که نمونه‌های عمل‌آوری شده با هیدروکسیدسدیم و هیدروکسید سدیم+ پراکسیدهیدروژن، درصد پروتئین خام کم‌تری نسبت به شاهد داشتند (۱۳). Aslaniyan، مشاهده کرد که تیمارهای اکسیدکلسیم و هیدروکسیدسدیم باعث کاهش مقدار پروتئین خام در کاه سویا شدند(۱۰). در مطالعه Alaei و همکاران، مقدار پروتئین خام در بقایای باقلای عمل‌آوری شده با تیمارهای هیدروکسیدسدیم، پراکسید هیدروژن و اکسیدکلسیم کم‌تر از نمونه‌های عمل‌آوری نشده بود (۲۹). 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. Khorvash و همکاران، کاهش در محتوای پروتئین خام کاه سویای عمل‌آوری شده با اکسیدکلسیم را به‌دلیل جداشدن نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده کاه بیان کردند. در این پژوهش تیمارهای هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را کاهش دادند (۳۰). از اهداف مهم عمل‌آوری ترکیبات لیگنوسلولزی مانند کاه‌ها، کاهش محتوی دیواره سلولی (سلوز، همی سلولز، لیگنین و پکتین)و درنتیجه 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 عمل‌آوری شیمیایی گزارش شده است (۳۱، ۳۲، ۳۳، ۲۸، ۳۴). مواد شیمیایی، به‌ویژه ترکیبات قلیایی، در جداسازی لیگنین از زیست توده بسیار موثر هستند. آن‌ها باعث تخریب اجزای دیواره سلولی ازجمله الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، همی‌سلولز و لیکنین، و در نتیجه کاهش مقدار آن‌ها می‌شوند (۳۲). ترکیبات قلیایی قادر به شکستن پیوند بین لیگنین و پلی‌ساکاریدها و سپس حل کردن همی سلولز موجود در کاه‌ها می‌باشند. بدین‌ترتیب مقدار سلولز و الیاف نامحلول در شوینده خثی در این مواد کاهش می‌یابد (۳۵). در یک مطالعه محتوی سلولز پوسته و کاه سویای پیش‌تیمارشده با هیدروکسید سدیم باعث تخریب ساختار دیواره سلولی و محلولیت لیگنین و همی‌سلولز شد(۳۶).مشاهده شده‌است که در اثر عمل‌آوری هیدروکسید سدیم در الیاف نامحلول دیواره سلولی حل شده و این منجر به کاهش همی‌سلولز، لیگنین و سیلیکا در کاه برنج شد (۳۷). به‌همین ترتیب کاهش محتوی الیاف خام بقایای ماش عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن گزارش شده است (۱۱). در یک مطالعه پیش تیمار با پراکسیدهیدروژن باعث کاهش محتوی لیگنین و در نتیجه الیاف نامحلول در شوینده خنثی در الیاف پالم شد (۳۸). اکسیدکلسیم تیمار قدرتمندی در لیگنین‌زدایی بوده و باعث کاهش مقدار الیاف نامحلول درشوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، همی سلولز زو لیگنین می‌شود (۳۹). علت کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در کاه برنج عمل‌آوری آوره شده با اوره را تغییر دیواره سلولی کاه و بهبود محلولیت سلولز و همی‌سلولز بیان شده است (۴۰). تیمار هیدروکسیدسدیم مقدار کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد را افزایش داد. کل مواد مغذی قابل‌هضم بیانگر مواد غذایی قابل دسترس برای دام است و به‌میزان غلظت الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه بستگی دارد. بنابراین، با افزایش غلظت الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، میزان کل مواد مغذی قابل‌هضم کاهش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، دام قادر به استفاده از مواد غذایی موجود در علوفه نیست (۴۱)، در پژوهش حاضر با کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در اثر تیمار هیدروکسید سدیم، 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 (۱۸). بنابراین در این تیمار با افزایش کل مواد مغذی قابل هضم که به آن اشاره شد، این فراسنجه‌ها نیز افزایش یافتند. در مطالعه Hossein Zadeh و همکاران، افزایش کل مواد مغذی و نیز انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد را در دانه جو عمل‌آوری شده به افزایش سطح پروتئین خام و کاهش غلظت اجزای دیواره سلولی در دانه عمل‌آوری شده نسبت دادند (۴۲). در مطالعه Soltani Naseri و همکاران، عدم تاثیر تیمارهای شیمیایی آب، هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن بر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و به‌دنبال آن بر کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و انرژی خالص برای رشد مشاهده شد (۱۲).

کنیتیک تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی: اندازه‌گیری گاز تولیدی در شرایط برون‌تنی اطلاعات مفیدی را در مورد سرعت و میزان هضم و اثرات عوامل ضدتغذیه‌ای خوراک فراهم می‌کند (۴۳). نرخ تولید گاز می‌تواند به‌نحوه دسترسی کربوهیدرات‌ها در شکمبه بستگی داشته باشد، به‌صورتی که دسترسی بیش‌تر و راحت‌تر میکروارگانیسم‌ها به کربوهیدرات‌ها در شکمبه می‌تواند نرخ سریع‌تر تولید گاز را به‌دنبال داشته باشد (۴۴). به‌طورکلی در پژوهش حاضر مقدار تولید گاز و فراسنجه‌های مربوط به آن در اثر عمل‌اوری با تیمارهای شیمیایی کاهش یافتند. Chen و همکاران، با عمل‌آوری بقایا با استفاده از سود و بی‌کربنات آمونیوم، نشان داد که تولید گاز در نمونه‌های عمل‌آوری شده نسبت به نمونه عمل‌آوری نشده، تولید گاز بیش‌تری داشته و تیمار هیدروکسیدسدیم نیز پتانسیل و نـرخ تولید گاز بیش‌تری نیز نسبت به بی‌کربنات آمونیوم نشان داد که مخالف با پژوهش موردنظر بود (۴۵). Liu و همکاران، گزارش کردند که عمل‌آوری کاه برنج با هیدروکسیدسدیم تولید گاز را در ۴۸ ساعت انکوباسیون افزایش داده و نرخ تولید گاز کاه برنج را از ۰/۶۴ به ۱/۵۱ میلی‌لیتر در ساعت رساند (۴۶). Chaji و همکاران، پیشنهاد کردند عمل‌آوری گیاه نیشکر با هیدروکسیدسدیم ۵ درصد+ بخارآب به‌طور معنی‌داری باعث افزایش فراسنجه‌های تولید گاز از طریق افزایش دسترسی سلولز برای میکروارگانیسم‌های شکمبه شده و در نتیجه قابلیت هضم گیاه نیشکر افزایش یافت. با عمل‌آوری قلیائی، سلولز از درون مـاتریکس

رها شده و در اختیار میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد در نتیجه انرژی تولیدی از ترکیبات مثل سلولز و همی‌سلولز افزایش می‌یابد (۴۷). در آزمایشی که Al-Masri، بر عمل‌آوری ضایعات کشاورزی شامل کاه گندم، پوسته آفتابگردان، کنجاله چوبی زیتون، هسته نخل خرما و پوسته بادام‌زمینی با استفاده از تیمارهای اسید هیدروبرومیک و هیدروکسید سدیم انجام داد، مشخص شد در تمامی مواد عمل‌آوری شده قابلیت هضم ماده آلی و نیز انرژی قابل متابولیسم افزایش معنی‌داری نشان دادند (۴۸). افزایش گاز تولیدی حاصل از کاهش الیاف خام، ممکن است درنتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌دلیل دریافت منابع کربوهیدرات محلول باشد (۴۹). ساختارهای الیافی به‌خصوص لیگنین به‌طور منفی تولید گاز را کاهش می‌دهند. بنابراین افزایش بیشتر پتانسیل تولید گاز در کاه جو عمل‌آوری شده نسبت به سایر تیمارها می‌تواند با کاهش بیش‌تر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در اثر عمل‌آوری در این ماده خوراکی و هم‌چنین در دسترس بودن راحت‌تر کربوهیدرات‌های آن برای میکروارگانیسم‌های شکمبه در ارتباط باشد (۴۴). Liu و همکاران، دریافتند که هیدروکسید سدیم تولید گاز کاه برنج را در طی ۴۸ ساعت انکوباسیون افزایش داد (۴۶). در پژوهش Danesh Mesgaran و همکاران، قابلیت هضم ماده آلی کاه کنجد در اثر افزودن هیدروکسیدسدیم تغییری نکرد (۴۹). هم‌سو با نتایج Soltani Naseri و همکاران، تیمارهای هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن باعث کاهش مقدار گاز تولیدی بقایای نخود زراعی در تمام زمان‌های انکوباسیون شد (۱۲). افزایش گاز تولیدی حاصل از کاهش الیاف خام، ممکن است درنتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌دلیل دریافت منابع کربوهیدرات محلول باشد (۴۹). ساختارهای الیافی به‌خصوص لیگنین به‌طور منفی تولید گاز را کاهش می‌دهند. بنابراین افزایش بیش‌تر پتانسیل تولید گاز در کاه جو عمل‌آوری شده نسبت به سایر تیمارها می‌تواند با کاهش بیش‌تر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در اثر عمل‌آوری در این ماده خوراکی و هم‌چنین در دسترس بودن راحت‌تر کربوهیدرات‌های آن برای میکروارگانیسم‌های شکمبه در ارتباط باشد (۴۴). Mahala و Khalifa، گزارش کردند که 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 (۵۰). 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 عدس در نمونه‌های عمل‌آوری شده افزایش یابد (۵۱)، اما برعکس در این تیمارها فراسنجه‌های تولید گاز (پتانسیل و نرخ تولید گاز) و تخمینی (قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه) کاهش یافتند. کاهش تولید گاز (متان) ناشی از اثرات مستقیم و غیرمستقیم حضور عوامل ضدتغذیه‌ای در بقایای عدس می‌باشد. چراکه این متابولیت‌های ثانویه با میکروارگانیسم‌های شکمبه اثرات متقابل دارند. آن‌ها هم‌چنین اثر بازدارندگی بر هضم الیاف دارند. به‌عبارتی کاهش در تولید گاز اول به‌خاطر برهمکنش میکروارگانیسم‌ها با عوامل ضدتغذیه‌ای عدس و دوم به‌خاطر کاهش تولید یون‌های هیدروژن در شکمبه درنتیجه تجزیه پذیری کم‌تر خوراک می‌باشد (۱۲). عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در عدس شامل اسید فایتیک، بازدارنده‌های پروتئاز، تانن‌ها و لکتین‌ها می‌باشند (۵۲). هم‌سو با نتایج پژوهش حاضر، Soltani Naseri و همکاران، تیمارهای هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن باعث کاهش مقدار گاز تولیدی بقایای نخود زراعی در تمام زمان‌های انکوباسیون شد. ضمن این‌که به‌دنبال آن، فراسنجه‌های تولید گاز و تخمینی بقایا هم کاهش یافتند (۱۲). همبستگی مثبت بالایی بین تولید گاز با اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و انرژی قابل متابولیسم گزارش شده است (۵۳). در پژوهش حاضر نیز همراه با کاهش تولید گاز در اثر تیمارهای شیمیایی، مقدار انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر کاهش یافت که هم‌سو با نتایج پژوهش Soltani Naseri و همکاران (۱۲) بود.

قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری آزمایشگاهی: در پژوهش حاضر، قابلیت هضم ماده خشک توسط تیمارهای هیدروکسید سدیم و اکسیدکلسیم، و قابلیت هضم ماده آلی توسط تیمارهای اسید هیدروبرومیک و اکسیدکلسیم کاهش پیدا کرد. برخلاف پژوهش حاضر، Mishra و همکاران، نشان دادند که قابلیت هضم برون‌تنی ماده آلی بقایای گیاه خردل عمل‌آوری شده با هیدروکسیدسدیم به‌طور معنی‌داری نسبت نمونه عمل‌آوری نشده افزایش یافت (۵۴). Babayi و همکاران، مشاهده کردند که عمل‌آوری با پراکسیدهیدروزن و هیدروبرومیک اسید قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی بقایای ماش را در شرایط برون‌تنی افزایش داد (۱۱). Aslaniyan و همکاران، نیز افزایش قابلیت هضم برون‌تنی بقایای کاه سویای عمل‌آوری شده با هیدروکسیدسدیم را گزارش کردند (۱۰). اصولاً بین مقادیر دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز با قابلیت هضم یک ماده خوراکی رابطه معکوس وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر، هرقدر این ترکیبات در ماده خوراکی کاهش یابند، قابلیت هضم آن ماده خوراکی افزایش خواهد یافت (۵۵). در پژوهش حاضر مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بقایای عدس در اثر تیمارهای هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن 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 قابلیت هضم کاهش هم 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 (۵۶). همان‌گونه که‌در آزمون تولید گاز توضیح داده‌شد، عمل‌آوری شیمیایی در این پژوهش باعث کاهش مقدار تولید گاز نمونه‌ها شد که این می‌تواند دلیل تاثیر منفی تیمارها بر مقدار قابلیت هضم باشد. ضمن این‌که یادآوری می‌گردد که از دلایل مهم کاهش تولید گاز و در نتیجه قابلیت هضم، حضور عوامل ضدتغذیه‌ای در نمونه بیان شده است. محققان گزارش کردند که عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در خوراک‌ها ممکن است سبب کند شدن انتقال مواد مغذی به‌داخل سلول و تاخیر در رشد باکتری شود که در نتیجه آن، توان باکتری در هضم الیاف و ماده خشک کاهش می‌یابد. این مواد در سطوح بالا و در دوره‌های طولانی، مصرف خوراک و تولید حیوان و نرخ تخلیه مواد هضمی از شکمبه را کاهش می‌دهند (۵۷). محققین مختلفی تاثیر منفی تانن بر قابلیت هضم مواد مغذی را گزارش کرده و نشان داده‌اند که تانن موجود در خوراک باعث کاهش قابلیت هضم دیواره سلولی و پروتئین می‌شود. چون کمپلکس تانن با پروتئین سبب می‌شود که نیتروژن از دسترس میکروارگانیسم‌های شکمبه خارج شود که درنهایت باعث کاهش پروتئین می‌شود (۵۷).مشابه با پژوهش حاضر، در مطالعه Alaei و همکاران، عمل‌آوری بقایای باقلا با اکسید کلسیم باعث کاهش قابلیت هضم برون‌تنی ماده خشک و ماده آلی شد(۲۹).در مطالعه Soltani Naseri و همکاران، تیمارهای هیدروکسید سدیم و پراکسیدهیدروژن تاثیری بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی بقایای نخود زراعی نداشت (۱۲). Khorvash و همکاران، مشاهده کردند علی‌رغم این‌که تیمارهای هیدروکسیدسدیم و اکسید کلسیم باعث کاهش اجزای دیواره سلولی کاه سویا شد، اما تأثیری بر قابلیت هضم برون‌تنی آن نداشت (۳۰). در یک پژوهش دیگر هیدروکسیدسدیم تاثیری بر قابلیت هضم کلش کنجد نداشت (۴۹). درخصوص تأثیر اکسیدکلسیم بر مواد لیگنوسلولزی، شرایط عمل‌آوری (حرارت، رطوبت، زمان و.....) بسیار مهم است (۳۹). هنوز شرایط مناسب برای عمل‌آوری با آهک به‌درستی شناخته نشده‌است. استفاده از اکسیدکلسیم برای عمل‌آوری با وجود مزایای فراوانی که دارد، در عمل با محدودیت‌های فراوانی نیز همراه است. اکسیدکلسیم ماده شیمیایی ضعیف‌تری نسبت به هیدروکسیدسدیم بوده و تأثیر آن بر دیواره سلولی کم‌تر است. محلولیت اکسیدکلسیم در آب کم بوده و در مقایسه با هیدروکسیدسدیم مدت بیش‌تری برای عمل‌آوری با آن لازم است (۵۸). در این پژوهش، پایین‌ترین مقدار قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک در بقایای باقلا در تیمار اکسیدکلسیم مشاهده‌شد. مطابق آن‌چه در شرایط آزمایش مشاهده شد، محلول اکسیدکلسیم بر روی بقایا باقی می‌ماند که به‌دلیل ماهیت نامحلول بودن، سبب رقیق نشدن مواد مغذی و تأثیر بر قابلیت هضم و دیگر فراسنجه‌های مورد اندازه‌گیری شد. Khorvash و همکاران، تأثیر اکسیدکلسیم و هیدروکسیدکلسیم را بر قابلیت هضم برونتنی کاه سویا بررسی کردند. در نتایج مشاهده شد که تیمارهای اعمال شده علی‌رغم این‌که دیواره سلولی کاه سویا را کاهش دادند، اما تأثیری بر قابلیت هضم برونتنی آن نداشتند(۳۰). 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 توسط Babayi و همکاران (۱۱) و Soltani Naseri و همکاران (۱۲) تیمارهای اسید هیدروبرومیک، هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن تاثیری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی بقایای ماش و نخود زراعی نداشتند. Aslaniyan و همکاران، گزارش کردند که استفاده از هیدروکسیدسدیم میزان نیتروژن آمونیاکی را کاهش داد (۱۰). در مطالعه Alaei و همکاران، تیمارهای اکسیدکلسیم و هیدروکسیدسدیم باعث کاهش و تیمار هیدروبرومیک اسید باعث افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی بقابای باقلا شد (۲۹). در این پژوهش، مقدار pH در تیمارهای پراکسیدهیدروژن و اکسید کلسیم افزایش پیدا کرد. 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 افزایش‌یافته که این باعث کاهش pH شکمبه می‌گردد. درنتیجه pH شکمبه شاخصی از میزان تخمیر شکمبه است (۱۷). در پژوهش حاضر نیز همان‌گونه که در بخش قبلی توضیح داده‌شد، فراسنجه‌های تولید گاز و نیز فراسنجه‌های تخمینی ازجمله اسیدهای چرب فرار در اثر تیمارهای شیمیایی کاهش یافت که افزایش pH محیط کشت در اثر این تیمارها را توجیه می‌کند. هم‌چنین یکی از علل بالاتر بودن pH در نمونه‌های عمل‌آوری شده با تیمارهای شیمیایی می‌تواند مربوط به ماهیت قلیایی این ترکیبات باشد (۲۹). Trach، بیان کرد زمانی که اکسیدکلسیم طی عمل‌آوری با آب ترکیب می‌شود، سریعاً به هیدروکسیدکلسیم تبدیل می‌شود (۳۹). بیان شده است که عمل‌آوری با هیدروکسیدسدیم باعث ترکیب سدیم با کربن‌های دیواره کاه و تشکیل کربنات سدیم شده و در نتیجه pH افزایش می‌یابد (۲۹). هم‌سو با پژوهش حاضر Alaei و همکاران(۱۳۹۸) افزایش pH محیط کشت را در نمونه بقایای باقلای عمل‌آوری شده با اکسیدکلسیم، هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن گزارش کردند (۲۹).در مطالعه Soltani Naseri و همکاران (۱۳۹۷)، pH مایع شکمبه در نمونه‌های بقایای نخود زراعی عمل‌آوری شده با هیدروکسیدسدیم و پراکسید هیدروژن تفاوتی با شاهد نداشت. در این مطالعه مقدار عامل تفکیک

در دامنه ۵/۸۶ تا ۱۲/۴۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر قرار داشت که بیش‌تر از دامنه گزارش شده (۲/۷۴ تا ۴/۶۵ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) برای خوراک‌های متعارف بود (۵۹). بالاتر بودن عامل تفکیک از محدوده متعارف، نشان‌دهنده وجود عوامل ضدتغذیه‌ای در ماده خوراکی است. قبلاً هم بیان شد که عدس با توجه به این‌که در دسته حبوبات قرار دارد، حاوی عوامل مختلف ضدتغذیه‌ای می‌باشد. دلیل افزایش عامل تفکیک در اثر عوامل ضدتغذیه‌ای 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 (۶۰). عامل تفکیک شاخصی برای بیان کیفیت یک علوفه است و عبارت از نسبت مقدار ماده آلی ناپدیدشده واقعی (برحسب میلی‌گرم) به‌حجم گاز تولیدی (برحسب میلی‌لیتر) در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون است. به‌عبارت دیگر، عامل تفکیک بیان‌گر این واقعیت است که چه مقدار ماده آلی تجزیه شده در شکمبه به‌سمت تولید اسیدهای چرب فرار و یا تولید توده میکروبی رفته است و هرچقدر مقدار این ضریب بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده کیفیت بالاتر نمونه خوراک می‌باشد. عامل تفکیک بالاتر نشان‌دهنده این است که مواد تجزیه شده به‌جای تولید گاز، به‌سمت تولید توده میکروبی هدایت شده و راندمان سنتز پروتئین میکروبی آن بیش‌تر است (۶۱). در پژوهش حاضر در نمونه‌های عمل‌آوری شده مقدار عامل تفکیک بالاتر از شاهد بود که بدین معنا است که سهم بالاتری از ماده آلی هضم‌شده به‌سمت تولید توده میکروبی رفته تا تولید گاز که داده‌های به‌دست آمده موید همین موضوع است. به طوری‌که به‌جز تیمار هیدروکسیدسدیم، 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 یک همبستگی منفی بالایی بین اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تولید شده در شکمبه و سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه گزارش شده است (۵۳). در پژوهش حاضر نیز همین روند مشاهده شد. بدین صورت که در تیمارهای شیمیایی که اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر کاهش یافت مقدار سنتز پروتئین میکروبی و بازده آن (به‌جز اکسیدکلسیم) بیش‌تر بود. در مطالعه Polyorach و Wanapat، عمل‌آوری کاه برنج با اوره و اکسیدکلسیم (۳۵) و در مطالعه Soltani Naseri و همکاران، عمل‌آوری بقایای نخود زراعی باعث افزایش توده میکروبی تولید شده و بازده آن شدند (۱۲).

در پژوهش حاضر عمل‌آوری باعث بهبود ترکیب شیمیایی بقایای عدس شد. اما برخلاف انتظار بهبودی در مقدار فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی نمونه‌ها مشاهده نشد که احتمالاً مربوط به اثر بازدارندگی عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در بقایای عدس و یا رسوب ترکیبات شیمیایی بر روی نمونه‌ها باشد. نکته قابل توجه آن که مقدار عامل تفکیک در توده میکروبی تولید شده و بازده آن در تیمارهای هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن افزایش یافت. به‌همین دلیل پژوهش‌های بعدی به‌منظور تعیین ارزش تغذیه‌ای بقایای عدس عمل‌آوری شده با این تیمارها در شرایط مزرعه‌ای پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. **Abbeddou, S., Rihawi, S., Hess, H.D., Iniguez, L., Mayer, A.C. and Kreuzer. M., 2011**. Nutritional composition of lenti straw, vetch hay, olive leaves, and saltbush leaves and their digestibility as measured in fat-tailed sheep. Small Ruminant Research. 96: 126-135.
2. **Rodrigues M.A.M., Pinto, P., Bezerra, R.M.F., Dias, A.A., Guedes, C.V.M., Cardoso, V.M.G., Cone, J.W., Ferreira, L.M.M., Co-laco, J. and Sequeria, C.A., 2008**. Effect of enzyme extract iso-lated from white-rot fungi on chemical composition and in vi-tro digestibility of wheat straw. Animal Feed Science and Technology. 141: 326-338.
3. **Jami, S., Yosef, E., Nikbachat, M., Miron, J. and Mizrahi, I., 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.
4. **Nie, H., Wang, Z., You, J., Zhu, G., Wang, H. and Wang, F., 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.
5. **Brodie, G., Bootes, N., Dunshea, F. and Leury, B., 2019.** Microwave processing of animal feed. A brief review. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 63: 705-717.
6. **Valizadeh Ghale-Beig, A., Ghoorchi, T. and Hasani, S., 2020.** Effects of physicochemical processing of wheat grain on ruminal microbial population, biochemical parameters and blood safety in Afshari male lambs. Journal of Animal Environment. 12(3): 41-50. (In Persian)
7. **Sarnklong, C., Cone, J.W., Pellikaan, W. and Hendriks, W.H., 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.
8. **Bouchard, J., Methot, M. and Jordan, B., 2006.** The effects of ionizing radiation on the cellulose of woodfree paper. Cellulose. 13: 601-610.
9. **Sheikh, G.G., Ganai, A.M., Reshi, P.A., Sheikh, B. and Shabir, M., 2018.** Improved paddy straw and ruminant feed. A review. JoJ Sciences. 1: 10-17.
10. **Aslaniyan, A., Ghanbari, F., Bayat Kouhsar, J. and Karimi Shahraki, B., 2016.** Effects of processing with gamma ray, sodium hydroxide and calcium oxide on gas

production parameters and digestibility of soybean straw. Animal Production. 18(2): 235-248. (In Persian)

11. **Babayi, M., Ghanbari, F., Gharehbash, A.M. and Bayat Kouhsar, J., 2016.** Effects of processing with electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid on the nutritional value of vetch wastes. Iranian Journal of Animal Science Reaserch. 8(3): 441-454. (In Persian)

12. **Soltani Naseri, K., Ghanbari, F., Bayat Kouhsar, J. and Taliey, F., 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(22): 72-82. (In Persian)

13. **Ghiasvand, M., Reza Yazdi, K. and Dehghan Banadaki, M., 2013.** The effect of different processing methods on the chemical composition and ruminal degradability of rapeseed straw and its effect on fattening performance of male Holstein calves. Iranian Journal of Animal Science Reaserch. 22(1): 1-13. (In Persian)

14. **Mudgal, V., Mehta, M.K. and Rane, A.S., 2018.** Lentil straw: An alternative and nutritious feed resource for kids. Aniimal Nutrition. 4: 417-421.

15. **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.

16. **AOAC. 2005.** Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.

17. **Van Soest, P.J., 1994.** Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornel University Press, Ithaca, New York. 374 p.

18. **National Research Council (NRC). 2001**. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academies Press.

19. **Menke, K.H. and Steingass, H., 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.

20. **Orskov, E.R. 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.

21. **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.

22. **Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J., 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.

23. **Broderick, G.A. and Kang, J.H., 1980.** Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Animal Science. 63: 64-75.

24. **Makkar H.P.S., 2010**. *In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. Journal of Animal Science. 107-144. DOI: 10.1007/978-90-481-3297-3-7.

25. **SAS. 2003**. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC, USA.

26. **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.

27. **Baytok, E., Aksu, T., Karsli, M.A. 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 Science. 29: 469-474.

28. **Zhao, L., Ren, L., Zhou, Zh., Meng, Q., Huo, Y. and Wang, F., 2016.** Improving ruminal degradability and energetic values of bamboo shoot shell using chemical treatments. Journal of Animal Science. 87(7): 895-903. doi.org/10.1111/asj.12512.

29. **Alaei, A., Ghanbar, F., Bayatkouhsar, J. and Farivar, F., 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. DOI: 10.29252/rap.10.26.19. (In Persian)

30. **Khorvash, M., Kargar, S., Yalchi, T. and Ghorbani, G.R., 2010.** Effect 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.

31. **Manokhoon, P. and Rangseesuriyachai, T., 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. 13: 864-871.

32. **Zhang, W., Pan, K., Liu, C., Qu, M., Yang, K.O., Song, X. and Zhao, X., 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.

33. **Kim, S., 2018.** Evaluation of alkali-pretreated soybean straw for lignocellulosic bioethanol production. International Journal of Polymer Science. 1-7. https://doi.org/10.1155/2018/5241748.

34. **Harun, S. and Geok, S.K., 2016.** Effect of sodium hydroxide pretreatment on rice straw composition. Indian Journal of Science and Technology. 9: 1-9.

35. **Polyorach, S. and Wanapat, M., 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(3): 449-456.

36. **Qing, Q., Guo, Q., Zhou, L., Gao, X., Lu, X. and Zhang, Y., 2017.** Comparison of alkaline and acid pretreatments for enzymatic hydrolysis of soybean hull and soybean straw to produce fermentable sugars. Industrial Crops & Products. 109: 391-397.

37. **Bahraini, Z., Salari, S., Sari, M., Fayazi, J. and Behgar, M., 2017.** Effect of radiation on chemical composition and protein quality of cottonseed meal. Animal Science Journal. 88: 1435-1435

38. **Chang, S., Li, W. and Zhang, Y., 2018.** Impact of double alkaline peroxide pretreatment on enzymatic hydrolysis of palm fibre. Carbon Resource Conversion. 1: 147-152.

39. **Trach, N.X., 2001.** Treatment and supplementation of rice straw for ruminant feeding in Vietnam. Doctor Scientarium Thesis. Agricultural University of Norway. As, Norway. 174 p.

40. **Ma, Y., Chen, X., Zahoor Khan, M., Xiao, J., Lio, S., Wang, J., He, Z., Li, C. and Cao, Z., 2020.** The impact of ammoniation treatment on the chemical composition and *in*

54. **Mishra, A.S., Chaturvedi, O.H., Khali, A., Prasad, R., Santra, A., Misra, A.K., Parthasarathy, S. and Jakhmola, R.C., 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.

55. **Nazem, K., Rouzbehan, Y. and Shojaosadati, S.A., 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.

56. **Sommart, K., Parker, D.S., 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.

57. **Mohammadabadi, T., 2020.** Effect of using pruning foliage of conocarpus on digestibility, rumen fermentation and blood parameters of Arabi sheep. Animal Production Research. 9(3): 59-69. (In Persian)

58. **Owen, E., Klopfenstan, T. and Urio, N.A., 1984.** Treatement with other chemicals in straw and other fibrous by-product as feed. Sundstol and Owened. Elsevier Science publishers, Amesterdam. 248-273.

59. **Blummel, M., Steingass, H. and Becker, K., 1997.** The relationship between gas production, microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. British Journal of Nutrition. 77: 911-921.

60. **Makkar, H.P.S., Blummel, M. and Becker, K., 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.

61. **Blummel, M. and Orskov, E.R., 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.

vitro digestibility of rice straw in Chinese Holsteins. Animals. 10: 1854-1837.

41. **Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A. and Yiakoulaki, M.D., 2006.** Forage yield and quality of commen vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research. 99: 106-113.

42. **Hossein Zadeh, H.A., Bayat Koohsar, J., Ghanbari, F. and Farivar, F., 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. DOI: 10.29252/rap.11.27.46. (In Persian)

43. **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.

44. **Akinfemi, A., Adu, O.A. and Adebiyi, O.A., 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.

45. **Chen, X.L., Wang, J.K., WU, Y.M. and liu, J.X., 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.

46. **Liu, J.X., Susenbeth, A. and Sudekum, K.H. 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.

47. **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.

48. **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.

49. **Danesh Mesgaran M., Malakkhahi, M., Heravi Moussavi, B., Vakili, A.R. and Tahmasbi, A., 2010.** *In situ* ruminal degradation and *in vitro* gas production of chemically treated sesame stover. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9: 2256-2260.

50. **Mahala, A.G. and Khalifa, I.M., 2007.** The effect of molasses on quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. Res. Journal of Animal Veterinaly Science. 2: 43-46.

51. **Keshavarz, Z., Bayat Kouhsar, J., Ghanbari, F. and Talei, F., 2020.** Effect of using organic acid and alcoholic extract of propolis on chemical composition, aerobic stability, microbial population and gas production parameters of barley silage in ruminant nutrition. Journal of Animal Environment. 12(4): 111-122. DOI: 10.22034/AEJ.2020.124977. (In Persian)

52. **Joehnke, M.S., Jeske, S., Ispiryan, L., Zannini, E., Arendt, E.K., Bez, J., Sørensen, J.C. and Petersen, I.L., 2021.** Nutritional and anti-nutritional properties of lentil (*Lens culinaris*) protein isolates prepared by pilot-scale processing. Food Chemistry. 9: 100-112.

53. **Hatami, A., Alipour, D., Tabatabai, M. and Hejbari, F., 2014.** The effect of ensiling pomegranate peel on chemical compounds, parameters of gas production and microbial mass production in vitro. Animal production research. 4: 79-93.