2025, 1(4): 13-26

JAER

*Journal of Animal Environmental Reaserch*

Journal homepage: http://www.journalaer.com

***Research Article***

# The effect of processing lentil straw with urea, molasses and cellulase enzyme on chemical composition, gas production, ruminal and intestinal digestibility

***Zahra Abbasinavand, Jamal seifdavati *, Hossein Abdi benamar, Farzad Mirzaei Aghjeh Gheshlagh, Reza Seyedsharifi***

*Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*

**Key Words**

Cellulase enzyme
Digestibility
Lentil straw
Molasses
Rumen liquid
Urea

## Abstract

**Introduction**: The optimum use of unusual and non-conventional feed sources that do not compete with human food is necessary to provide animal feed. This research was conducted with the aim of investigating the effect of lentil straw processing with urea, molasses and enzyme on chemical composition, ruminal and intestinal digestibility and invitro gas production.

**Materials & Methods:** Lentil straws were processed with urea, molasses and enzymes. The enzyme source was fungal cellulase and rumen liquid. The samples chemical measurements, gas production and the digestibility was determined using the rumen and postruminal digestibility by the three-step method of Gargalo.

**Results:** In lentil straw, the addition of all three enzymes, molasses and the combination of different levels of molasses with rumen liquid and the mixture of two enzymes and the combination of all three with a level of 4% molasses increased the digestibility of dry matter in the entire digestive system. In lentil straw, addition of molasses, rumen liquid and combination of molasses with fungal cellulase enzyme and mixture of two enzymes with different levels of molasses increased rumen digestibility of crude protein ($P<0.05$). In lentil straw, adding molasses only in hours 2 and 4 after incubation, the combination of fungal cellulase and a mixture of two enzymes with all three levels of molasses in hours 2, 4 and 6 after incubation and in hours 8, 10, 48, 24, 12, 72 and 96 Hour after incubation with levels of 2 and 4% molasses, an increase in gas production was observed. The results showed that the addition of 2% molasses increased the gas production potential, while the enzyme decreased it. The addition of molasses and enzyme and the combination of molasses with a mixture of two enzymes increased the constant rate of decomposition. The results showed that molasses and enzyme increased the constant rate of decomposition and 4% molasses and enzyme increased the gas production potential. The combination of molasses with fungal cellulase and the mixture of two enzymes decreased the constant rate of decomposition and gas production potential. The average laboratory digestibility of organic matter, metabolizable energy, lactation energy and short chain fatty acids among all treatments in lentil straw was significant ($P<0.05$).

**Conclusion**: In general, biotransformation of lentil straw biomass with all three types of enzymes (fungal cellulase-ruminal liquid and combination of two enzymes) along with different levels of molasses could improve its nutritional value.

**Article info**

* Corresponding Author's email: jseifdavati@yahoo.com

Received: 24 July 2024
Reviewed: 29 August 2024
Revised: 31 October 2024
Accepted: 2 December 2024

[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

## مقاله علمی - پژوهشی

# اثر فرآوری کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم سلولاز بر ترکیب شیمیایی، تولید گاز، قابلیت هضم شکمبه‌ای و روده‌ای

*زهرا عباسی‌ناوند، جمال سیف‌دواتی*، حسین عبدی‌بنمار، فرزاد میرزایی‌آقجه‌قشلاق، رضا سیدشریفی*

*گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران*

**کلمات کلیدی**

آنزیم سلولاز
اوره
کاه عدس
شیرابه شکمبه
قابلیت هضم
ملاس

## چکیده

**مقدمه:** این پژوهش با هدف اثر فرآوری کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم سلولاز بر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم شکمبه‌ای، روده‌ای و تولید گاز به‌روش آزمایشگاهی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم فراوری شدند. منبع آنزیمی سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه بود. اندازه‌گیری‌های ترکیب شیمیایی و تولید گاز به‌روش‌های استاندارد و تعیین قابلیت هضم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای و به‌روش سه مرحله‌ای گارگالو انجام شد. ساختار تیماری آزمایش‌ها عبارت بود از اوره (۷۰ گرم حل شده در ۰/۵ لیتر آب) به‌همراه سطوح صفر، ۲، ٤ و ٦ درصد ملاس به ۲ کیلوگرم کاه عدس خیسانده شده با ٤/۵ کیلوگرم آب که با سطوح صفر، ٤۰ میکرولیتر آنزیم سلولاز قارچی، ٤۰ میکرولیتر آنزیم از شیرابه شکمبه و مخلوط یکسان از آن‌ها) که به‌صورت فاکتوریل (چهار سطح ملاس و سه منبع آنزیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در کاه عدس افزودن هرسه آنزیم، ملاس و ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه و مخلوط دو آنزیم و ترکیب هر سه با سطح ٤ درصد ملاس باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد.

**نتایج:** در کاه عدس افزودن ملاس، شیرابه شکمبه و ترکیب ملاس با آنزیم سلولاز قارچی و مخلوط دو آنزیم با سطوح مختلف ملاس باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شد ($P<0/05$). در کاه عدس افزودن ملاس تنها در ساعات ۲و٤ بعد از انکوباسیون، ترکیب سلولاز قارچی و مخلوط دو آنزیم با هر سه سطح ملاس در ساعات ۲، ٤ و ٦ بعد از انکوباسیون و در ساعات ۸، ۱۰، ۱۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲ و ۹٦ ساعت پس از انکوباسیون با سطوح ۲ و ٤ درصد ملاس افزایش در تولید گاز مشاهده شد. ترکیب شیرابه شکمبه با سه سطح ملاس در تمامی ساعات انکوباسیون، باعث افزایش تولید گاز شدند. نتایج نشان داد که ملاس و آنزیم باعث افزایش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری شد و ملاس ٤ درصد و آنزیم باعث افزایش پتانسیل تولید گاز شد. میانگین قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی شیردهی و اسیدهای چرب زنجیرکوتاه در بین همه تیمارها در کاه عدس معنی‌دار بود ($P<0/05$).

**بحث و نتیجه‌گیری:** به‌طورکلی تبدیل زیستی کاه عدس با هرسه نوع آنزیم (سلولاز قارچی، شیرابه شکمبه و ترکیب دو آنزیم) به‌همراه با سطوح مختلف ملاس توانست ارزش غذایی آن را بهبود دهد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
jseifdavati@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۳ مرداد ۱٤۰۳
تاریخ داوری: ۸ شهریور ۱٤۰۳
تاریخ اصلاح: ۱۰ آبان ۱٤۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۲ آذر ۱٤۰۳



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

## مقدمه

در ایران یکی از مشکلات عمده و اساسی تولیدات دامی، کمبود خوراک دام است و جمعیت کشور به‌سرعت درحال افزایش است که این امر باعث افزایش تقاضا برای تولیدات دامی (ازجمله گوشت، شیر و الیاف) می‌شود. بنابراین استفاده بهینه از منابع خوراک غیرمتداول و غیرمتعارف که با غذای انسان نیز رقابت نمی‌کنند، جهت تامین خوراک دام ضروری می‌باشد. مهم‌ترین اهمیت حیوان نشخوارکننده، مصرف و هضم خوراک غنی از سلولز و کربوهیدرات‌های فیبری است که برای سایر حیوانات غیرقابل استفاده است (۱). در کل زمانی که جیره نشخوارکنندگان عمدتاً از این مواد تشکیل گردد، نمی‌تواند انرژی مورد نیاز حیوانات را حتی در سطوح نگه‌داری تأمین نماید (۲). ارزش تغذیه‌ای بسیاری از مواد خوراکی لیگنوسلولزی می‌تواند با به‌کارگیری روش‌های مختلف عمل‌آوری بهبود یابد. عمل‌آوری‌های مورد استفاده به ۵ روش تقسیم می‌گردند (۳) که روش شیمیایی با استفاده از موادی مثل اوره، آمونیاک، ادرار و هیدروکسیدسدیم انجام می‌گیرد. در جیره‌های کم پروتئین، اوره می‌تواند جایگزین قسمتی از پروتئین جیره گاو یا گوسفند گردد. با همراه کردن ملاس به‌عنوان بخش انرژی‌زا، و اوره به‌عنوان منبع نیتروژن غیر پروتئینی، به‌صورت هم‌زمان، منبع انرژی و پروتئین در اختیار میکروارگانیسم‌های شکمبه قرار می‌گیرد (۴). عامل مهم تاثیرگذار بر مقدار مصرف اوره در جیره غذایی نشخوارکنندگان، قابلیت و سرعت تخمیر جیره می‌باشد. جیره‌های حاوی انرژی قابل تخمیر بالا نظیر ملاس نتیجه خوبی با مصرف اوره می‌دهند (۵). مطالعات نشان داده است که مصرف ملاس در جیره نشخوارکنندگان در سطوح ۱۰ الی ۱۵ درصد دارای بیش‌ترین راندمان می‌باشد (۴). چندین مطالعه در سال‌های اخیر بر این متمرکز شده‌اند که استفاده از افزودنی‌های خوراکی مانند آیونوفرها (Ionophores یا ترکیبات یون‌دوست نظیر مونسین)، تغذیه مستقیم میکروبی، تجزیه دیواره سلولی با استفاده از آنزیم به‌ویژه آنزیم‌های با منشا جیره‌ای (Exogenous enzymes) جهت تجزیه فیبر به‌وسیله تحریک فعالیت‌های میکروبی هضم شکمبه‌ای، تجزیه خوراک‌های فیبری در نشخوارکنندگان را بهبود می‌بخشد. آنزیم‌های با منشا جیره‌ای با هدف بهبود قابلیت هضم خوراک به جیره غذایی دام‌ها افزوده می‌شوند (۶). استفاده از مکمل‌های آنزیمی در جیره غذایی نشخوارکنندگان سبب افزایش وزن روزانه می‌شود (۷). در پژوهش Colombatto و همکاران نشان داده است که استفاده از آنزیم‌های تجزیه‌کننده الیاف (Fibrolytic) در جیره نشخوارکنندگان معنی‌دار بوده و هضم دیواره سلولی و راندمان استفاده از خوراک توسط نشخوارکنندگان را افزایش می‌دهند (۸). اضافه کردن آنزیم‌های با منشا خارجی به علوفه‌های خشک در مقایسه با علوفه‌های تازه بازدهی بهتری دارد (۹). آنزیم‌های با منشا خارجی در شکمبه فعال باقی می‌مانند و از طریق هیدرولیز مستقیم خوراک مصرفی سبب افزایش هضم مواد مغذی می‌شوند. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر فرآوری کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم بر ترکیب شیمیایی، تولید گاز، قابلیت هضم شکمبه‌ای و روده‌ای تحت شرایط آزمایشگاهی انجام شد تا از نتایج این تحقیق و پژوهش بتوان به‌صورت بهینه در تغذیه دام استفاده کرد.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه فرآوری شد. مواد خوراکی مورد آزمایش با استفاده از آسیاب مخصوص دارای غربال با منافذ ۲ میلی‌متری آسیاب گردید و سپس با استفاده از الک ۵۰ میکرومتری غربال شدند تا ذرات کوچک‌تر از ۵۰ میکرومتر از آن خارج شود (۱۰). ابتدا نمونه خوراک مورد آزمایش (کاه عدس غنی شده با اوره، ملاس و آنزیم) با شبکه یک میلی‌متری آسیاب شده‌است. بدین‌منظور جهت فراوری کاه عدس با اوره، مقدار ۷۰ گرم اوره را در ۰/۵ لیتر آب حل کرده و جهت فراوری اوره با ملاس، مقدار ۷۰ گرم اوره را به همراه ۵۷ گرم ملاس برای سطح ۲ درصد، ۱۱۴ گرم ملاس برای سطح ۴ درصد و ۱۷۱ گرم برای سطح ۶ درصد ملاس را در ۰/۵ لیتر آب حل کرده و به ۲ کیلوگرم کاهی که با ۴/۵ لیتر آب مخلوط شده بود اضافه شده و به خوبی مخلوط گردید. مخلوط حاصل را در کیسه‌های پلاستیکی دولایه ریخته، هواگیری و فشرده شد و به‌مدت ۲۸ روز در دمای اتاق به صورت سیلو شده نگه‌داری شدند. سپس درب آن‌ها باز شده مقدار ۴۰ میکرولیتر از هر منبع آنزیمی (سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه و مخلوط مساوی آن‌ها) را به‌ازای هر گرم کاه را بر روی نمونه‌ها اسپری شد. برای مخلوط دو آنزیم از هریک از آنزیم‌ها ۲۰ میکرولیتر برداشته با هم مخلوط کرده و بر روی نمونه اسپری شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل فاکتور اول (چهار سطح صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد ملاس) و فاکتور دوم (سه منبع آنزیمی سلولاز قارچی، آنزیم از شیرابه شکمبه و مخلوط یکسان از آن‌ها) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. اندازه‌گیری‌های شیمیایی و تولید گاز به روش استاندارد انجام شد. تعیین قابلیت هضم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای و به روش سه مرحله‌ای Gargallo و همکاران انجام شد (۱۱). مرحله اول پیش انکوباسیون شکمبه‌ای که در این مرحله تقریباً ۵ گرم از نمونه مورد آزمایش (آسیاب شده با غربال ۲ میلی‌متری)، در داخل کیسه‌های نایلونی با ابعاد ۵×۱۰ سانتی‌متر و قطر سوراخ‌های ۵۰ میکرومتر ریخته شد و سپس درب



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]
[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

کیسه‌های نایلونی، به وسیله سیم‌های مخصوص محکم بسته شد. کیسه‌ها شماره‌گذاری شده و از هر ماده خوراکی سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس از راه فیستولای شکمبه گوسفند به‌مدت ۱۶ ساعت در داخل شکمبه انکوباسیون گردید. مرحله دوم هضم شیردانی که در این مرحله حدود ۰/۵ تا ۱ گرم از باقی‌مانده مواد خوراکی که قبلاً در شکمبه انکوباسیون شده‌اند را در داخل کیسه‌های نایلونی با منافذ ۵۰ میکرومتر ریخته شده و ۳۰ عدد کیسه‌ها در داخل هربطری دستگاه هضم بعد شکمبه‌ای قرار گرفت. به هر بطری ۲ لیتر محلول ۰/۱ نرمال اسیدکلریدریک با pH ۱/۹ که شامل ۱ گرم در لیتر پپسین است، اضافه شد و با دور ثابت چرخش و دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱ ساعت انکوباسیون شد. بعد از انکوباسیون تمام مایعات از بطری خارج شده و تا زمانی که آب شفاف از آن‌ها خارج شود، شستشو گردید. مرحله سوم هضم روده‌ای کیسه‌ها در بطری انکوباسیون دیگری وارد شده و ۲ لیتر محلول پانکراتین (۰/۵ مولار بافر KH2PO4 در pH ۷/۷۵ استاندارد شده که شامل ppm ۵۰ تیمول و ۳ گرم در لیتر پانکراتین می‌باشد) به بطری‌ها اضافی گردید. کیسه‌ها به مدت ۲۴ ساعت با دور ثابت در ۳۹ درجه انکوباسیون شدند. بعد از انکوباسیون مجدداً تمام مایعات تخلیه شده و تا زمانی که آب شفاف از آن‌ها خارج شود، شسته شدند. سپس کیسه‌ها در داخل آون خشک شد و در محلی مناسب جهت اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر نگه‌داری شدند، مقدار هضم با پپسین و پانکراتین از مقدار نیتروژن نمونه‌ها (بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای) منهای نیتروژن باقیمانده بعد از انکوباسیون در پپسین- پانکراتین تقسیم بر مقدار نیتروژن نمونه‌ها به‌دست می‌آید (۱۱). بدین منظور برای تولید گاز از نمونه آسیاب شده مقدار (±۵) ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه در داخل سرنگ مخصوص قرار داده شده است. سپس با شیرابه، بافر و محلول‌های مربوطه مخلوط گردیده و سرنگ‌ها در دستگاه انکوباتور ساخت ایران مشابه دستگاه اتوماتیک آلمانی (Hiberle) دارای آون گردونه‌دار در جایگاه مربوطه قرار داده شد و گاز تولیدی در ساعت‌های مختلف ثبت گردید. این آزمایش به‌مدت پنج روز به طول انجامید. جهت تعیین میزان تولید گاز حاصل از تخمیر نمونه‌ها از سرنگ‌های شیشه‌ای مدرج مخصوص، با قطر داخلی ۳۲ و طول ۲۰۰ میلی‌متر و با حجم ۱۵۰ میلی‌لیتر، استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تجزیه‌پذیری و تولید گاز مواد خوراکی با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد (۱۲).

**فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری:** (C و A(a+b))

a برابر بخش محلول در زمان صفر (میلی‌لیتر)، b برابر بخش بالقوه قابل تجزیه (میلی‌لیتر)، C برابر نرخ ثابت تجزیه پذیری در طول زمان (میلی‌لیتر در ساعت) و بالاخره a+b برابر پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر) می‌باشد.

پس از اصلاح گاز تولید شده در هر زمان بر اساس نمونه‌های بلانک، انرژی قابل متابولیسم (Metabolizable energy :ME)، انرژی ویژه شیردهی (Net Energy Lactation :$NE_L$) و ماده آلی قابل هضم (Digestible Organic Matter :DOM) توسط معادلات Menke and Steinggass زیر محاسبه گردید (۱۳). میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (Short-Chain Fatty Acids :SCFA) طبق رابطه Getachew و همکاران به‌صورت زیر برآورد شد (۱۴):

$$SCFA\ (mmol) = -0.00425 + 0.0222 \times GP$$
$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 2.20 + 0.136 \times GP + 0.057 \times CP$$
$$OMD\ (\%) = 14.88 + 0.889 \times GP + 0.45 \times CP + 0.0651 \times CA$$

که در آن ME: انرژی متابولیسمی (مگاژول/کیلوگرم ماده خشک)، GP: گاز تولیدی خالص ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر/ ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP: پروتئین خام (درصد ماده خشک) و EE چربی خام (درصد ماده خشک)، CA: خاکستر خام (در صد ماده خشک). همین‌طور DOM: قابلیت هضم ماده آلی (درصد ماده خشک)، SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع آوری شده به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. ثبت و پردازش داده‌ها توسط برنامه Excel (۲۰۰۷) و آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS با رویه GLM انجام گردید و سطح $P<0/05$ به‌عنوان سطح معنی‌دار بودن در نظر گرفته شد (۱۲).

## نتایج

ترکیبات شیمیایی کاه عدس فراوری شده با اوره، ملاس و آنزیم در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزودن ملاس و افزودن آنزیم باعث افزایش درصد ماده خشک می‌شود. ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه و مخلوط دو آنزیم نیز باعث افزایش درصد ماده خشک می‌شود. از نظر میزان ماده خشک کم‌ترین مقدار را تیمار اوره همراه با ۴ درصد ملاس و سلولاز قارچی (۹۴/۷۷ درصد) و بیش‌ترین مقدار را تیمار اوره به‌همراه ۴ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۹۶/۷ درصد) داشت. افزودن ملاس، آنزیم سلولاز قارچی، شیرابه شکمبه و ترکیب آنزیم با سطوح مختلف ملاس باعث افزایش درصد پروتئین خام شد. از نظر میزان پروتئین خام کم‌ترین مقدار را تیمار اوره بدون ملاس و ترکیب دو آنزیم (۱۱/۵۲درصد) و بیش‌ترین مقدار را تیمار اوره به‌همراه ۴ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۱۵/۸۲ درصد) داشت. افزودن ملاس باعث کاهش دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) شده است. آنزیم شیرابه شکمبه باعث کاهش دیواره سلولی و مخلوط دو آنزیم باعث



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

کاهش دیواره سلولی بدون همی‌سلولز شد. ترکیب سطوح مختلف ملاس با آنزیم باعث کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار دیواره سلولی به‌ترتیب مربوط به تیمار اوره بدون ملاس و ترکیب دو آنزیم (۵۲/۲۷ درصد) و تیمار اوره به‌همراه ۲ درصد ملاس با شیرابه شکمبه (۳۹/۱۳ درصد) بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار دیواره سلولی بدون همی‌سلولز نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار اوره بدون ملاس به‌همراه شیرابه شکمبه (۲۷/۸۷ درصد) و تیمار اوره به‌همراه ۴ درصد ملاس با ترکیب دو آنزیم (۲۲/۵۳ درصد) بود.

**جدول ۱: ترکیبات شیمیایی کاه عدس فراوری شده با اوره، ملاس و آنزیم (درصد در ماده خشک)**

| ترکیبات تیماری | ماده خشک | پروتئین | چربی | خاکستر | NDF | ADF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **کاه عدس فراوری نشده (خام)** | ۹۳/۶۶ | ۹/۵۲ | ۱/۷۵ | ۱۲/۵۷ | ۳۹/۰۷ | ۲۴/۴ |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹۵/۹۴ | ۱۲/۱۵ | ۲/۷۵ | ۱۱/۴۹ | ۴۴/۰۷ | ۲۶/۴ |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۹۶/۶۸ | ۱۳/۰۷ | ۲/۷۵ | ۱۳/۸۹ | ۴۹ | ۲۶/۹۳ |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۹۵/۹۵ | ۱۳/۷۱ | ۲/۶۸ | ۱۲/۳۳ | ۴۱/۹۳ | ۲۷/۸۷ |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۹۶/۰۵ | ۱۱/۵۲ | ۲/۸۳ | ۱۱/۶۷ | ۵۲/۲۷ | ۲۴/۸ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹۶/۳۱ | ۱۴/۲۲ | ۲/۳۵ | ۱۳/۱۱ | ۴۴ | ۲۳/۱۳ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۹۶/۳۷ | ۱۴/۶۸ | ۲/۷۸ | ۱۱ | ۴۲/۹۳ | ۲۶/۲۷ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۹۶/۴۸ | ۱۴/۶۵ | ۲/۸۲ | ۱۷/۴۴ | ۳۹/۱۳ | ۲۷/۶ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۹۶/۰۷ | ۱۵/۷۳ | ۲/۷ | ۱۱/۴۴ | ۴۶/۸ | ۲۴ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹۵/۱۳ | ۱۵/۳۸ | ۱/۸۸ | ۱۵/۱۱ | ۴۳/۲ | ۲۳/۸ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۹۴/۷۷ | ۱۵/۰۹ | ۲/۹ | ۱۱/۶۷ | ۴۴/۰۷ | ۲۵/۰۷ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۹۶/۶۵ | ۱۵/۲۲ | ۲/۰۳ | ۱۳ | ۳۹/۷۳ | ۲۶/۳۳ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۹۶/۷ | ۱۵/۸۲ | ۲/۱۵ | ۱۱/۸۹ | ۴۵/۱۳ | ۲۲/۵۳ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹۵/۷۷ | ۱۴/۸۵ | ۲/۷ | ۱۲/۲۲ | ۳۹/۴۷ | ۲۳/۳۳ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۹۵/۸۸ | ۱۳/۶۳ | ۱/۲۸ | ۱۵/۴۴ | ۴۳/۲ | ۲۵/۶۷ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۹۶/۰۵ | ۱۵ | ۲/۲۸ | ۱۳/۰۴ | ۴۰/۷۳ | ۲۵/۲۷ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۹۶/۰۴ | ۱۵ | ۲/۰۷ | ۱۱/۳۳ | ۴۱/۰۷ | ۲۲/۶ |

NDF: دیواره سلولی، ADF: دیواره سلولی بدون همی‌سلولز

## نتایج قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای

**قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای ماده خشک:** نتایج تاثیر عمل‌آوری کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم بر قابلیت هضم شکمبه‌ای، بعد شکمبه‌ای و قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش ماده خشک در جدول ۲ آورده شده است. قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک، قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک و قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش در بین همه تیمارها در کاه عدس غنی شده با اوره، ملاس و آنزیم معنی‌دار بودند ($P<0/05$). افزودن ملاس در هر سه سطح باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای، بعد شکمبه‌ای و قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شده و با افزایش سطح ملاس نیز افزایش یافته است. آنزیم سلولاز قارچی و مخلوط دو آنزیم باعث افزایش در قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک شد درحالی‌که تنها شیرابه شکمبه باعث افزایش در قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک شده است. افزودن هرسه آنزیم به کاه عدس باعث افزایش در قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد. ترکیب مخلوط دو آنزیم با سطوح مختلف ملاس در فراوری کاه عدس روند افزایشی را در قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک داشت. بیش‌ترین مقدار قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک مربوط به تیمار اوره به‌همراه ۴ درصد ملاس و شیرابه شکمبه ۵۲/۴۶ درصد بود. شیرابه شکمبه باعث افزایش قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک را به‌ترتیب تیمار اوره با ۶ درصد ملاس و شیرابه شکمبه (۳۰/۹۳ درصد) و تیمارهای اوره با ۶ درصد ملاس و سلولاز قارچی (۱۵/۲۰ درصد) و اوره با ۲ درصد ملاس و شیرابه شکمبه (۱۵/۱۳ درصد) بود. افزودن هرسه آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد. ترکیب سطوح مختلف ملاس با مخلوط دو آنزیم روند افزایشی را در قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش داشت. ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد. بیش‌ترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]
[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

در کل دستگاه گوارش را تیمار اوره با ۴ درصد ملاس و شیرابه شکمبه (۶۰/۸۹ درصد) و کم‌ترین مقدار آن را تیمار اوره بدون ملاس و بدون آنزیم (۵۱/۰۴ درصد) داشت.

**جدول ۲: قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای ماده خشک کاه عدس فراوری شده با اوره، ملاس و آنزیم (درصد در ماده خشک)**

| ترکیبات تیماری | RDDM (ruminal) | IDDM (post-ruminal) | IDTDM (total tract) |
|---|---|---|---|
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۳۹/۶۰ d | ۱۸/۹۳ cde | ۵۱/۰۴ d |
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۴۴ bcd | ۱۸/۷۳ cde | ۵۴/۵۰ bcd |
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۳۷/۶۰ d | ۲۴/۴۰ b | ۵۲/۸۴ cd |
| اوره+۰ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۴۴/۸۰ bcd | ۱۸/۸۰ cde | ۵۵/۱۷ bcd |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۴۴/۱۲ bcd | ۱۹/۶۰ cd | ۵۲/۸۶ cd |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۴۹/۲۹ ab | ۱۶/۰۶ ef | ۵۷/۴۴ abc |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۴۷ abc | ۱۵/۱۳ f | ۵۵/۰۰۷ bcd |
| اوره+۲ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۴۷/۱۳ abc | ۱۶/۱۳ ef | ۵۵/۶۶ abcd |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۴۴/۱۳ bcd | ۲۰/۲۶ cd | ۵۴/۶۶ bcd |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۴۹/۴۰ ab | ۱۸/۸۶ cde | ۵۲/۴۳ cd |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۵۲/۴۶ a | ۱۷/۷۳ def | ۶۰/۸۹ a |
| اوره+۴ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۴۷/۶۶ abc | ۱۹/۶۶ cd | ۵۷/۹۵ abc |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۴۷/۰۶ abc | ۲۱/۴۶ bc | ۵۸/۴۲ ab |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۴۹/۶۶ ab | ۱۵/۲۰ f | ۵۷/۳۰ abc |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۳۸/۷۳ d | ۳۰/۹۳ a | ۵۷/۸۰ abc |
| اوره+۶ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۴۸/۶۶ abc | ۲۱/۸۰ bc | ۵۹/۸۷ab |
| p-value | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۹ |
| SEM | ۱/۶۳ | ۱/۰۴ | ۲/۲۰ |

SEM: میانگین خطای استاندارد، p-value: مقدار احتمال معنی‌داری و حروف b-a غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. (RDDM (ruminal): قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک، IDDM (post-ruminal): قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک، IDTDM (total tract) : قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش می‌باشد. حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده احتمال معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشد.

**قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای پروتئین خام:** نتایج تاثیر عمل‌آوری کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم بر قابلیت هضم شکمبه‌ای، بعد شکمبه‌ای و قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش در جدول ۳ گزارش شده است. قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش در بین همه تیمارها در کاه عدس غنی شده با اوره، ملاس و آنزیم معنی‌دار بودند (P<۰/۰۵). افزودن ملاس باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شد. افزودن شیرابه شکمبه باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شد. ترکیب ملاس با آنزیم سلولاز قارچی و ترکیب دو آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شد. بیش‌ترین افزایش را هم در سطح ملاس ۲ درصد ماده خشک کاه نشان دادند. ترکیب شیرابه شکمبه با ملاس باعث کاهش در قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام به ترتیب مربوط به تیمار اوره با ۲درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۱۸ درصد) و تیمار اوره بدون ملاس با سلولاز قارچی (۳/۹۵ درصد) بودند. افزودن ملاس و آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه شد. ترکیب ملاس با سلولاز قارچی، شیرابه شکمبه و ترکیب دو آنزیم در دو سطح ۴درصد و ۶ درصد ماده خشک کاه روند افزایشی را در قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه داشت. بیش‌ترین مقدار قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه را تیمار قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (۳۲/۴۲ درصد) داشت و کم‌ترین آن را اوره همراه با ۲ درصد ملاس و سلولاز قارچی (۶/۰۷ درصد) داشت. افزودن ملاس و آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش شد. ترکیب آنزیم سلولاز قارچی با سطوح مختلف ملاس روند افزایشی را در قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش داشت. ترکیب دو آنزیم و شیرابه شکمبه با سطوح مختلف ملاس به‌ترتیب افزایش و کاهش را در قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش داشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار قابلیت هضم



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه را به‌ترتیب تیمار اوره همراه با ۴ درصد ملاس و بدون آنزیم (۳۲/۹۳ درصد) و تیمار اوره بدون ملاس و بدون آنزیم (۱۳/۲۱ درصد) داشتند.

**جدول ۳: قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای پروتئین خام کاه عدس فراوری شده با اوره، ملاس و آنزیم (درصد در ماده خشک)**

| ترکیبات تیماری | RDP (ruminal) | IDRUP (post–ruminal) | IDCP (total tract) |
|---|---|---|---|
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۵/۲۵ g | ۸/۴۰ ij | ۱۳/۲۱ e |
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۳/۹۵ h | ۱۵/۵۴ ef | ۱۸/۸۸ d |
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۳/۷۸ c | ۱۲/۲۵ gh | ۲۴/۳۵ bc |
| اوره+۰ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۴/۶۸ gh | ۱۹/۶۹ d | ۲۳/۴۵ bc |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۱۲/۶۰ d | ۱۳/۱۸ fg | ۲۴/۱۲ bc |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۱۶/۸۸ b | ۶/۰۷ j | ۲۱/۹۳ cd |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۲/۱۰ d | ۸/۸۱ ij | ۱۹/۸۵ d |
| اوره+۲ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۸ a | ۹/۷۲ hi | ۲۵/۹۷ b |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۱۲/۴۰ d | ۳۲/۴۲ a | ۳۲/۹۳ a |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۷/۰۸ f | ۱۸/۳۱ de | ۲۴/۰۹ bc |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۲/۰۴ d | ۱۵/۸۸ ef | ۱۹/۳۵ d |
| اوره+۴ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۳/۲۶ c | ۲۴/۵۲ c | ۲۴/۷۲ bc |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۱۲/۲۰ d | ۲۶/۸۶ b | ۲۶/۳۹ b |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۶/۶۴ f | ۲۳/۶۷ c | ۲۶/۴۴ b |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۱/۰۵ e | ۱۹/۳۸ d | ۱۹/۴۰ d |
| اوره+۶ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۲/۸۲ d | ۲۸/۰۴ b | ۳۳/۶۷ a |
| p-value | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| SEM | ۰/۲۶۶ | ۱/۰۰۵ | ۰/۵۵۵ |

SEM : میانگین خطای استاندارد و p-value: مقدار احتمال معنی‌داری و حروف a-b غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.
RDP: قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، IDRUP: قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و IDCP (total tract): قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش می‌باشد. حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده احتمال معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشد.

**آزمون تولید گاز:** نتایج تولید گاز کاه عدس فراوری شده با اوره، ملاس و آنزیم در جدول ۴ گزارش شده است. میزان گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای یک گرم خوراک) تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف انکوباسیون، بر اساس نمونه‌های شاهد و وزن ماده خوراکی موجود در سرنگ‌ها طبق فرمول‌های تصحیح شده، در زمان‌های ۲، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون بین میانگین گاز تولیدی تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. افزودن ملاس تنها در ساعات ۲ و ۴ بعد از انکوباسیون باعث افزایش تولید گاز شده است. ترکیب سلولاز قارچی و مخلوط دو آنزیم با هر سه سطح ملاس در ساعات ۲، ۴ و ۶ بعد از انکوباسیون باعث افزایش تولید گاز شده است و در ساعات ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون در سطوح ۲ درصد و ۴ درصد ملاس افزایش در تولید گاز مشاهده شد. ترکیب شیرابه شکمبه با ۳ سطح ملاس در تمامی ساعات انکوباسیون باعث افزایش تولید گاز شد. بیش‌ترین میزان گاز تولیدی برای تمام زمان‌های پس از انکوباسیون به‌جز ساعت ۴ و ۱۲ مربوط به تیمار اوره به‌همراه ۲ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم می‌باشد. بیش‌ترین میزان گاز تولیدی برای ساعت ۴ و۱۲ پس از انکوباسیون به‌ترتیب مربوط به تیمار اوره با ۶ درصد ملاس و شیرابه شکمبه (۲۰۱/۶۷ میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم نمونه) و تیمار اوره با ۶درصد ملاس و شیرابه شکمبه (۲۸۶/۶۸ میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم نمونه) بود. بیش‌ترین میزان گاز تولیدی در تمامی زمان‌های انکوباسیون در ترکیب سطوح ملاس ۲ و ۴ درصد با ترکیب دو آنزیم است و برای سطح ملاس ۶ درصد نیز مربوط به‌تیمار اوره به‌همراه ۶ درصد ملاس و شیرابه شکمبه بود. در سطح بدون ملاس در تمامی ساعات به‌جز ساعت‌های ۲، ۴ و ۲۴ بیش‌ترین گاز تولیدی را تیمار اوره بدون ملاس و با سلولاز قارچی داشت.

**پتانسیل و نرخ تولید گاز:** مقایسه میانگین فراسنجه‌های تولید گاز کاه عدس فراوری شده در جدول ۵ نشان داد که میانگین نرخ ثابت تجزیه‌پذیری کاه عدس برای تمامی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). درحالی‌که میانگین پتانسیل تولید گاز برای تمامی



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]
[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن به ترتیب مربوط به تیمار اوره با ۶ درصد ملاس و سلولاز قارچی (۳۵۲/۵۵ میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم نمونه) و تیمار اوره بدون ملاس با شیرابه شکمبه ( ۲۳۳/۹۷ میلی‌لیتر به ازای هر گرم نمونه ) بود. افزودن‌ملاس‌و آنزیم و ترکیب‌ملاس با مخلوط دو آنزیم باعث افزیش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری شد. درحالی‌که‌ترکیب‌ملاس با سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه باعث کاهش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری شد. افزودن ملاس ۲درصد باعث افزایش پتانسیل تولید گاز شد درحالی‌که آنزیم باعث کاهش آن گردید.

**جدول ۴: بررسی تاثیر فراوری کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم بر میزان گاز تولید شده (میلی‌لیتر به ازای هر گرم نمونه) در ساعات مختلف انکوباسیون**

| ترکیبات تیماری | ساعت۲ | ساعت۴ | ساعت۶ | ساعت۸ | ساعت۱۲ | ساعت۲۴ | ساعت۴۸ | ساعت۷۲ | ساعت۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اوره + ۰ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹۱/۶۷$^{ab}$ | ۱۳۵ | ۱۶۶/۶۷$^{ab}$ | ۱۹۰/۰۲$^{abc}$ | ۲۲۳/۳۵$^{abcd}$ | ۲۴۸/۳۳$^{abcd}$ | ۲۸۳/۳۳$^{abcde}$ | ۳۰۴/۱۷$^{abcd}$ | ۳۰۵/۸۲$^{abcd}$ |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۸۳/۳۳$^{b}$ | ۱۳۶/۶۷ | ۱۷۰$^{ab}$ | ۱۹۰/۰۲$^{abc}$ | ۲۲۵/۰۲$^{abcd}$ | ۲۵۲/۵۰$^{abcd}$ | ۲۹۰$^{abcde}$ | ۳۰۹/۱۷$^{abcd}$ | ۳۱۰/۸۲$^{abcd}$ |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۰۸/۳۲$^{ab}$ | ۱۴۵ | ۱۶۶/۶۸$^{ab}$ | ۱۸۶/۶۸$^{abc}$ | ۲۰۸/۳۳$^{cd}$ | ۲۵۴/۹۸$^{abcd}$ | ۲۸۸/۳۰$^{abcde}$ | ۲۸۸/۴۵$^{abcd}$ | ۲۸۸/۴۵$^{abcd}$ |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۱۱/۶۵$^{ab}$ | ۱۴۶/۶۷ | ۱۷۰/۰۲$^{ab}$ | ۱۸۲/۰۲$^{abc}$ | ۲۰۵$^{cd}$ | ۲۵۱/۶۵$^{abcd}$ | ۲۸۳/۳۰$^{abcde}$ | ۲۸۳/۷۸$^{bcd}$ | ۲۸۳/۷۸$^{bcd}$ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۱۱۳/۳۲$^{ab}$ | ۱۴۸/۳۳ | ۱۶۰/۰۲$^{b}$ | ۱۷۶/۶۸$^{bc}$ | ۱۹۵$^{cd}$ | ۲۳۶/۶۵$^{bcd}$ | ۲۶۳/۳۰$^{cde}$ | ۲۶۳/۹۵$^{cd}$ | ۲۶۳/۹۲$^{dc}$ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۱۳۳/۳۳$^{ab}$ | ۱۷۶/۶۷ | ۲۰۱/۶۷$^{ab}$ | ۲۱۸/۳۵$^{abc}$ | ۲۴۶/۶۸$^{abcd}$ | ۲۷۱/۶۵$^{abcd}$ | ۲۹۸/۳۳$^{abcde}$ | ۳۰۵/۸۳$^{abcd}$ | ۳۰۷/۴۸$^{abcd}$ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۲۵$^{ab}$ | ۱۷۸/۳۳ | ۲۰۱/۶۷$^{ab}$ | ۲۲۳/۳۵$^{abc}$ | ۲۶۳/۳۵$^{abc}$ | ۲۸۳/۳۳$^{abcd}$ | ۳۱۳/۳۳$^{abcde}$ | ۳۳۵/۵۰$^{abcd}$ | ۳۳۴/۱۵$^{abc}$ |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۳۶/۶۷$^{ab}$ | ۱۹۵ | ۲۲۸/۳۳$^{a}$ | ۲۴۸/۳۵$^{a}$ | ۲۸۳/۳۵$^{ab}$ | ۳۲۵$^{a}$ | ۳۵۶/۶۷$^{a}$ | ۳۶۹/۱۷$^{a}$ | ۳۷۰/۸۲$^{a}$ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۱۱۱/۶۵$^{ab}$ | ۱۴۳/۳۳ | ۱۶۰/۰۲$^{b}$ | ۱۷۱/۶۸$^{bc}$ | ۱۸۳/۳۳$^{d}$ | ۲۱۳/۳۲$^{d}$ | ۲۴۸/۳۰$^{e}$ | ۲۴۸/۶۲$^{d}$ | ۲۴۸/۶۲$^{d}$ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۱۳۳/۳۳$^{ab}$ | ۱۸۵ | ۲۰۸/۳۳$^{ab}$ | ۲۳۰/۰۲$^{ab}$ | ۲۶۶/۶۸$^{abc}$ | ۳۰۱/۶۷$^{abc}$ | ۳۳۰$^{abcde}$ | ۳۳۷/۵۰$^{abc}$ | ۳۳۹/۱۵$^{abc}$ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۴۱/۶۵$^{a}$ | ۱۸۱/۶۷ | ۲۰۸/۳۵$^{ab}$ | ۲۲۱/۶۸$^{abc}$ | ۲۴۸/۳۳$^{abcd}$ | ۲۹۸/۳۲$^{abc}$ | ۳۳۹/۹۷$^{abcd}$ | ۳۴۰/۷۸$^{abc}$ | ۳۴۰/۷۸$^{abc}$ |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۴۵$^{a}$ | ۱۹۰ | ۲۲۰$^{ab}$ | ۲۳۸/۳۵$^{ab}$ | ۲۷۱/۶۸$^{abc}$ | ۳۱۳/۳۳$^{ab}$ | ۳۵۱/۶۷$^{ab}$ | ۳۵۹/۱۷$^{ab}$ | ۳۶۰/۸۲$^{ab}$ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۱۱۱/۶۵$^{ab}$ | ۱۳۶/۶۷ | ۱۵۵/۰۲$^{b}$ | ۱۶۱/۶۸$^{c}$ | ۱۸۰$^{d}$ | ۲۲۶/۶۵$^{cd}$ | ۲۵۸/۳۰$^{de}$ | ۲۶۰/۱۲$^{cd}$ | ۲۶۰/۱۲$^{cd}$ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۱۲۴/۹۸$^{ab}$ | ۱۵۶/۶۷ | ۱۷۳/۳۵$^{ab}$ | ۱۸۰/۰۲$^{bc}$ | ۱۹۸/۳۳$^{cd}$ | ۲۳۸/۳۲$^{bcd}$ | ۲۶۶/۶۳$^{bcde}$ | ۲۶۷/۲۸$^{cd}$ | ۲۶۷/۲۸$^{cd}$ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۴۱/۶۷$^{a}$ | ۲۰۱/۶۷ | ۲۳۰$^{a}$ | ۲۵۰/۰۲$^{a}$ | ۲۸۶/۶۸$^{a}$ | ۳۱۵$^{ab}$ | ۳۴۸/۳۳$^{abc}$ | ۳۵۲/۵۰$^{ab}$ | ۳۶۴/۱۵$^{ab}$ |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۱۸/۳۲$^{ab}$ | ۱۴۸/۳۳ | ۱۷۱/۶۸$^{ab}$ | ۱۸۶/۶۸$^{abc}$ | ۲۰۰$^{cd}$ | ۲۳۳/۳۲$^{cd}$ | ۲۶۶/۶۳$^{bcde}$ | ۲۶۷/۱۲$^{cd}$ | ۲۶۷/۱۲$^{cd}$ |
| P-value | ۰/۰۳ | ۰/۲ | ۰/۰۸ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| SEM | ۱۶/۲۲ | ۱۹/۷۴ | ۱۹/۶۷ | ۱۹/۷۷ | ۲۲/۶ | ۲۳/۳ | ۲۵/۸ | ۲۵/۲ | ۱۹/۷۴ |

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) برای هر متغیر می‌باشد، SEM: میانگین خطای استاندارد و P-Value عبارت است از مقدار احتمال معنی‌داری

**انرژی‌قابل‌متابولیسم، اسیدهای‌چرب‌کوتاه‌زنجیر، قابلیت هضم‌ماده‌آلی و انرژی ویژه شیردهی‌داده‌های‌حاصل از آزمون گاز مواد خوراکی مورد آزمایش:** میزان انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی ویژه شیردهی برآورد شده کاه عدس در جدول ۶ ارایه شده است. اختلاف معنی داری بین ترکیبات تیماری از نظر این فاکتورها وجود داشت (P<۰/۰۵). روندقابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیرده و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. افزودن ملاس در سطح ۲ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش در انرژی قابل متابولیسم شد درحالی‌که سطوح ملاس ۴ درصد و ۶ درصد ماده خشک کاه باعث کاهش آن شد. افزودن آنزیم‌های سلولاز قارچی، شیرابه شکمبه و مخلوط دو آنزیم هر سه باعث افزایش در مقدار انرژی قابل متابولیسم شد. سلولاز قارچی در ترکیب با سطوح ملاس ۲ درصد و۴ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش انرژی قابل متابولیسم شده اما ملاس ۶ درصد ماده خشک کاه باعث کاهش آن شده است. شیرابه شکمبه و ترکیب دو آنزیم در ترکیب با تمامی سطوح ملاس باعث افزایش در انرژی قابل متابولیسم شدند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار انرژی قابل متابولیسم به‌ترتیب مربوط به تیمار اوره به‌همراه ۲ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۱۲/۵۱ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) و تیمار اوره با ۴ درصد ملاس و بدون آنزیم (۸/۵۴ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک ) بود. افزودن ملاس به تنهایی فقط درسطح ۲ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش‌در قابلیت‌هضم ماده آلی‌شد. افزودن هر سه آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی شد. آنزیم سلولاز قارچی درترکیب با سطوح ملاس ۲ درصد و ۴ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش در قابلیت هضم ماده آلی و در سطح ۶ درصد ماده خشک کاه باعث کاهش آن شد.



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

**جدول ۵: مقایسه میانگین پتانسیل و نرخ تولید گاز برای کاه عدس فراوری شده با اوره، ملاس و آنزیم**

| ترکیبات تیماری | عدس | |
|---|---|---|
| | C | A |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۰/۱۴ b | ۲۸۷/۸۲ abcde |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۰/۲۲ a | ۲۵۴/۱۱ de |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۰/۲۰ ab | ۲۳۳/۹۷ e |
| اوره + ۰ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۰/۱۶ ab | ۲۴۷/۹۴ de |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۰/۱۵ ab | ۲۹۳/۵۰ abcde |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۰/۲۱ ab | ۲۹۰/۸۶ abcde |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۰/۱۸ ab | ۳۲۳/۹۱ abc |
| اوره + ۲ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۰/۲۱ ab | ۲۵۲/۸۹ de |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۰/۱۵ ab | ۲۷۸/۶۲ bcde |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۰/۱۸ ab | ۳۱۳/۸۳ abcd |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۰/۱۷ ab | ۳۲۵/۵۲ abc |
| اوره + ۴ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۰/۱۹ ab | ۳۴۳/۸۵ ac |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۰/۱۶ ab | ۲۷۲/۹۱ cde |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۰/۱۷ ab | ۳۵۲/۵۵ a |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۰/۱۷ ab | ۳۴۳/۱۸ ab |
| اوره + ۶ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۰/۲ ab | ۲۵۳/۴۷ de |
| P-Value | ۰/۶۱۳۹ | ۰/۰۱۲۴ |
| SEM | ۰/۰۲۴۲ | ۲۳/۸۹۰ |

A: پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم نمونه)، C: نرخ ثابت تجزیه‌پذیری در طول زمان (میلی‌لیتر در ساعت) و حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) برای هر متغیر می‌باشد، SEM، میانگین خطای استاندارد و P-Value عبارت است از مقدار احتمال معنی‌داری.

ترکیب شیرابه شکمبه با هر سه سطح ملاس باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی شد. ترکیب دو آنزیم سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه درترکیب با سطوح ملاس ۲ درصد و ۴ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی شد. بیش‌ترین مقدار قابلیت هضم ماده آلی مربوط به تیمار اوره با ۲ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۸۴/۹۹ درصدماده خشک) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار اوره با ۴ درصد ملاس و بدون آنزیم (۵۸/۰۱ درصد ماده خشک) بود. افزودن‌ملاس‌باعث‌کاهش انرژی‌شیردهی‌و افزودن‌آنزیم باعث افزایش آن شد. ترکیب آنزیم سلولاز قارچی با ملاس تا سطح ملاس۴ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش انرژی ویژه شیردهی شد درحالی‌که در سطح ملاس ۶درصدماده خشک کاه باعث‌کاهش‌انرژی‌ویژه شیردهی شد. در ترکیب شیرابه شکمبه با ملاس با افزایش سطح ملاس انرژی ویژه‌شیردهی نیز افزایش یافت. بیش‌ترین‌مقدار انرژی ویژه شیردهی مربوط به تیمار اوره با ۲ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۷/۲۲ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار اوره به‌همراه۴ درصد ملاس لیکن بدون آنزیم (۴/۵۴ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) بود. افزودن ملاس باعث کاهش و افزودن آنزیم باعث افزایش اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد. ترکیب سلولاز قارچی با ملاس در سطوح ملاس ۲ درصد و ۴ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش و در سطح ۶درصد باعث‌کاهش اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شده است. ترکیب‌شیرابه شکمبه با تمامی‌سطوح‌ملاس‌باعث افزایش اسیدهای چرب‌کوتاه‌زنجیر شده است. بیش‌ترین‌مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر مربوط به تیمار اوره با ۲ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۱/۴۴ میلی مول) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار اوره به‌همراه ۴ درصد ملاس لیکن بدون آنزیم (۰/۹۵ میلی‌مول) بود.

## بحث

باتوجه‌به‌نتایج به‌دست آمده مشاهده‌شد که‌با فراوری‌کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم میزان‌پروتئین خام تیمارها افزایش یافته است. درگزارش Ghiasvand و همکاران پروتئین خام بیش‌تری در مقایسه با گروه‌شاهد در کاه کلزای فراوری شده با اوره و اوره+ملاس دریافت شده بودند(۱۵). این امرمی‌تواندبه‌علت‌افزودن اوره‌وترکیب آمونیاک حاصل از تجزیه اوره و تشکیل کربنات آمونیوم در کاه کلزای فراوری شده با اوره و اوره همراه ملاس باشد (۱۶) به‌طوری‌که با یافته‌های Gunun و همکاران‌در تحقیق روی تأثیر فراوری اوره بر ارقام مختلف



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]
[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

کاه برنج، هم خوانی داشت (۱۷). عمل آوری کاه گندم با اوره و ملاس، افزایش محتوی پروتئین خام کاه را از ۳/۴درصد به ۷/۵درصد در پژوهش Mehdikhani و همکاران نشان داده شده است (۱۸). در گزارشی عمل آوری کاه گندم با ۵ درصد اوره میزان پروتئین خام کاه از ۴/۰۶ در کاه خام به ۸/۳۸ درصد در کاه عمل آوری شده با اوره افزایش داده است (۱۹). فراوری برگ خرما با آنزیم، آنزیم با اوره ، آنزیم با ملاس و آنزیم با ملاس و اوره در تحقیق Khorasani و همکاران باعث افزایش میزان پروتئین خام شده است (۲۰). نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که افزودن ملاس، افزودن آنزیم و ترکیب ملاس با شیرابه شکمبه و مخلوط دو آنزیم باعث افزایش درصد ماده خشک کاه عدس شده است. ماده خشک سیلو در گزارش Alikhani و همکاران با افزودن ملاس افزایش معنی‌داری داشت(۲۱). زیرا ملاس با ۷۵ درصد ماده خشک، با افزودن ۴ درصد ملاس، منطقی است که نسبت به بهبود کیفیت تخمیر، افزایش ماده خشک سیلوها را بیش‌تر به‌دلیل افزوده شدن ملاس ملاحظه شود. علی‌رغم بهبود کیفیت تخمیر در اثر اضافه شدن ملاس از کاهش ماده خشک سیلو هم ممانعت شده است(۲۲). برخلاف این تحقیق، در گزارش de Figuerido و همکاران، ماده خشک سیلاژ گراس کیکویو با اختلاط ملاس تفاوت معنی‌داری نسبت به سیلاژ شاهد نشان نداد (۲۳). در یافته‌های Khorasani و همکاران، افزودن ملاس و ترکیب ملاس با آنزیم به سیلاژ برگ درخت خرما موجب افزایش درصد ماده خشک شده است (۲۰) درحالی‌که به تنهایی آنزیم اضاف کردن به آن منجر به کاهش درصدماده خشک شده است. طبق نتایج به‌دست آمده افزودن ملاس و ترکیب ملاس با آنزیم در کاه عدس باعث کاهش درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز می‌شود. افزودن مخلوط دو آنزیم نیز باعث کاهش دیواره سلولی بدون همی‌سلولز شد. Alikhani و همکاران نشان دادند که افزودن ملاس به تنهایی بر سیلاژ آفتابگردان دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز آن را کاهش معنی‌داری داد (۲۱). این محققین خاطر نشان کردند که کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در این تیمارها احتمال می‌رود به علت عملیات پروسه سیلو کردن و یا افزوده شدن ملاس و نیز به دلیل عمل میکروارگانیسم‌های سیلو روی کربوهیدرات‌های ساختمانی و بالاخره در اثر رقیق کنندگی ملاس بوده که دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز را به‌مقدار بیش‌تری هضم و کاهش داده است. سایر تحقیقات نشان داده که ترکیب اوره با ملاس، اوره با آنزیم و اوره، ملاس و آنزیم در سیلاژ برگ درخت خرما می‌تواند منجر به کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز شوند (۲۰). طبق گزارش Ghiasvand و همکاران در فراوری کاه کلزا با روش‌های شیمیایی مختلف، میزان دیواره سلولی بدون همی‌سلولز فقط در تیمار اوره با ملاس به‌طور معنی‌دار تنزل داشت(۱۵). طبق یافته‌های پژوهشی قابلیت هضم ماده خشک با افزوده شدن ملاس و کاه برنج تیمار شده با اوره به علوفه‌های مختلف پایین آمده است (۲۴). در تحقیق حاضر افزودن آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای، بعد شکمبه‌ای و قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد. در پژوهشی افزودن آنزیم به جیره با فیبر بالا نشان داد که افزودن آنزیم فیبروزیم به جیره موجب افزایش ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک شده است (۲۵). قابلیت هضم ماده خشک در چندین مطالعه تحت شرایط in vitro و in vivo با افزوده شدن آنزیم افزایش را نشان دادند (۲۷ ،۲۶). به‌طوری که افزودن آنزیم باعث بهتر شدن قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی مواد خوراکی شده است (۲۸). طبق گزارش سایر محققین افزودن آنزیم فیبرولیتیک به جیره بره‌ها منجر به زیاد شدن قابلیت هضم ماده خشک شده است (۲۹، ۳۰). این امر در یافته Mahmoodi و Aliarabi مبنی بر استفاده از سطوح مختلف آنزیم فیبرولیتیک با منشا خارجی در جیره ضمن تائید، گزارش شده است (۳۱). دلیل افزایش گوارش پذیری ماده خشک با استفاده و به کاربردن آنزیم فیبرولیتیک با منشا خارجی در جیره نشخوارکنندگان را می‌توان به‌افزایش تعداد میکروارگانیسم‌های شکمبه و افزایش ظرفیت شکمبه برای هضم خوراک احتمال داد (۳۲، ۳۳). در توجیه این امر مکانیسم‌های مختلفی در گزارش محققین برای افزایش گوارش پذیری خوراک با افزودن آنزیم فیبرولیتیک با منشا خارجی قبل از خوراک‌دهی ازجمله هیدرولیز مستقیم، افزایش حمله میکروبی، تغییر در مکان گوارش پذیری مواد مغذی و اضافه شدن آنزیم‌های داخلی شکمبه آمده‌است(۳۴، ۳۵، ۳۶).بنابراین در پژوهش حاضر نیز به‌دلایل ترکیب سطوح مختلف ملاس با آنزیم در کاه عدس باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزودن ملاس به کاه عدس باعث افزایش در قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش می‌شود. طبق یافته‌های Alam و همکاران افزودن ملاس و کاه برنج تیمار شده با اوره به علوفه‌های مختلف موجب افزایش قابلیت هضم پروتئین خام می‌شود (۲۴). هم‌چنین فرآوری با آنزیم در کاه عدس باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش شده است. علاوه بر این افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام در جیره غنی از فیبر گوساله‌ها با افزوده شدن آنزیم فیبرولیتیک دریافت شد (۲۵). در تحقیقی گزارش کردند که قابلیت هضم شکمبه‌ای نیتروژن با به کاربردن آنزیم فیبرولیتیک با منشاخارجی به‌صورت افزودنی به جیره



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

گاوهای شیری ۵درصد بیش‌تر شد (۳۷). این یافته در گزارش Yang و همکاران برای افزایش قابلیت هضم پروتئین تائید شده که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت داشت (۳۸). ترکیب آنزیم با سطوح مختلف ملاس باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش شد. دلیل این امر احتمال می‌رود آنزیم‌های فیبرولیتیک با تجزیه دیواره سلولی کاه عدس محتوی سلولی آن را که شامل پروتئین خام آن نیز می‌شود بیش‌تر در معرض تجزیه و ناپدید شدن به‌واسطه منابع آنزیمی به‌خصوص مخلوط آنزیمی می‌شود، باشد. در این پژوهش تاثیر عمل‌آوری کاه عدس با اوره، ملاس، آنزیم (سلولاز قارچی، مایع شکمبه فرآوری شده و ترکیب دو آنزیم) به‌ازای هر گرم ماده خشک در بین تیمارها بر تولید گاز مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده شد که افزودن آنزیم باعث افزایش تولید گاز می‌شود که با گزارش Yu و همکاران مبنی بر افزودن آنزیم، تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی را به‌طور موثری بهبود می‌بخشد مطابقت داشت (۲۸). هم‌چنین طبق یافته Elghandour و همکاران افزودن آنزیم بر خوراک میزان تولید گاز در ۲۴ ساعت به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (۳۹). با افزودن ملاس تولید گاز در تمامی ساعات انکوباسیون افزایش یافت این افزایش در سطح ملاس۲ درصد بیش تر بود که با مطابق با گزارش Soltani Naseri و همکاران بود (۴۰). در پژوهشی روی کاه کنجد عمل‌آوری شده با اوره، ملاس و آنزیم مشاهده شده که افزودن ملاس به کاه کنجد تولید گاز را افزایش داده است (۴۱). افزودن آنزیم به کاه عدس موجب افزایش تولید گاز همه تیمارها در تمامی ساعات انکوباسیون شد. در پژوهشی که روی کاه کنجد عمل‌آوری شده با آنزیم‌های اضافه شده به جیره مشاهده شده که افزودن آنزیم باعث افزایش تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون می‌شود که با نتایج حاضر مطابقت داشت (۴۲). به‌طوری‌که افزودن آنزیم سلولاز و زایلاناز به خوراک با کیفیت پایین باعث افزایش تولید گاز تجمعی می‌شود که این افزایش با بیش‌تر شدن سطح آنزیم نیز بیش‌تر می‌شود (۴۳). در مطالعات Yang و همکاران روی تاثیر ۲۶ آنزیمی به‌صورت افزودنی در فراوری کاه برنج و علوفه یونجه نشان داده شد که افزوده شدن هریک از آنزیم‌ها منجر به افزایش تولید گاز می‌شود (۴۴). در پژوهش حاضر نتایج حاصل از تاثیر آنزیم بر تولید گاز کاه عدس فراوری شده با یافته‌های Sujani و همکاران نیز هم‌خوانی داشت (۴۵). هم‌چنین نتایج پژوهش‌های حاضر نشان می‌دهد که ترکیب آنزیم با ملاس باعث افزایش تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون می‌شود که هم‌سو با گزارش Khorasani و همکاران مبنی بر افزودن ترکیب اوره با ملاس، اوره با آنزیم و اوره با ملاس و آنزیم به سیلاژ برگ درخت خرما موجب افزایش تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون شده است بوده است (۲۰). افزودن ملاس ۴ درصد و ۶ درصد به کاه عدس باعث کاهش پتانسیل تولید گاز شد. دلیل کاهش معنی‌دار در پتانسیل تولید گاز در سطوح بالای ملاس طبق گزارش Mashayekhi و همکاران احتمالاً مربوط به عدم برقراری هم‌زمانی بین منبع کربوهیدرات و منبع نیتروژن برای میکروب‌ها باشد (۴۶). بین منبع کربوهیدرات و منبع نیتروژن برای فراسنجه‌های تولید گاز اثر متقابل وجود دارد و هرچه هم زمانی بین این دو منبع در جیره، بیش‌تر باشد و هر چه نسبت نیتروژن به کربوهیدرات برای برآورد نیاز میکروارگانیسم‌ها، مناسب تر باشد، بهبود در فرآیند تخمیر در محیط تولید گاز بهتر تامین خواهد شد (۴۷). طبق گزارش Yulistiani و همکاران توت و کاه برنج فراوری شده با اوره و ملاس با افزودن ملاس تاثیر معنی‌داری بر پتانسیل تولید گاز ایجاد نکرد (۴۸). لیکن در گزارش Khorasani و همکاران افزودن ملاس به سیلاژ برگ درخت خرما باعث کاهش پتانسیل تولید گاز شد (۲۰). در تحقیق حاضر ترکیب سطوح مختلف ملاس با هر سه آنزیم در کاه عدس باعث افزایش پتانسیل تولید گاز شد که با نتایج Khorasani و همکاران هم‌خوانی داشت (۲۰). طبق یافته‌های Menke و Steinggass هنگامی که برای تعیین خصوصیات هضمی مواد خوراکی از فن آزمون گاز کمک گرفته می‌شود اساس این است که گاز تولیدی صرفاً متاثر از عامل ماهیت فیزیکوشیمیایی و خصوصیات ذاتی خوراک می‌باشد (۱۲). در این خصوص گاز تولیدی حاصل از تخمیر پروتئین خام نسبت به کربوهیدرات (۴۹) در حد کم می‌باشد (۱۲، ۵۰). لیکن تغییر در فعالیت میکروارگانیسم‌های مایع شکمبه احتمال دارد روی نرخ تخمیر اثرگذار باشد. به‌طوری‌که عواملی مانند منشأ میکروبی مایع شکمبه، گونه و جیره غذایی دام دهنده، زمان جمع‌آوری و حتی مدت نگه‌داری و نوع مواد نگه‌دارنده مایع شکمبه می‌توانند روی ماهیت مایع شکمبه و فعالیت میکروارگانیسمی آن تأثیر بگذارند (۵۳، ۵۲، ۵۱). میانگین نرخ ثابت تجزیه پذیری در واحد زمان (C) در کاه عدس در بین تیمارها معنی‌دار نبود. در گزارش Yulistiani و همکاران افزودن ملاس تا ۱۰ درصد ماده خشک به توت و کاه برنج منجر به بالا رفتن نرخ ثابت تجزیه پذیری در واحد زمان شد (۴۸). هم‌چنین در یافته‌های Shoryabi افزوده شدن ملاس به کاه کنجد موجب کاهش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری در واحد زمان ضمن گزارش، تایید شده است (۴۱). محققین دیگری نشان دادند که افزودن یک مخلوط آنزیمی در سطوح مختلف به کاه کنجد توانسته است نرخ ثابت تجزیه پذیری را بالا ببرد (۴۲). چنان چه مشاهده شده افزودن آنزیم باعث افزایش در انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد که یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج Elghandour و همکاران مبنی بر افزودن آنزیم بر خوراک میزان قابلیت هضم ماده آلی، انرژی متابولیسمی و اسیدهای



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]
[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

چرب کوتاه زنجیر افزایش یافت، هم‌خوانی داشت (۳۹). هم‌چنین Yu و همکاران در گزارش خود دریافتند که افزوده شدن آنزیم بر خوراک نشخوارکنندگان فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای نظیر قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را به‌طور معنی‌داری بهبود می‌بخشد (۲۸). در گزارش Mohammadabadi وChaji اضافه شدن آنزیم به کاه کنجد منجر به افزایش قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شده است (۴۲). افزودن ملاس درسطح ۲ درصد ماده خشک باعث افزایش در انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی کاه عدس شد. افزودن ملاس در کاه عدس باعث کاهش انرژی ویژه شیردهی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد. در گزارش Ehsani و همکاران دریافت شده که افزوده شدن ملاس در سطوح ۲، ۴ و ۶ درصد ماده خشک به سیلاژ علوفه ذرت منجر به افزایش در انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی می‌شود (۵۴) مشابه این یافته توسط Shahraki و Saravani مبنی بر این که افزودن ملاس به سیلاژ علوفه گراس باعث افزایش انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی شده، گزارش شده است (۵۵). در این پژوهش ترکیب سطوح مختلف ملاس با هر یک از سه آنزیم (سلولاز قارچی، شیرابه شکمبه و ترکیب این دو) باعث افزایش در انرژی متابولیسمی و قابلیت هضم ماده آلی شد. ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه و سلولاز قارچی باعث افزایش انرژی ویژه شیردهی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد. مکانیسم این افزایش در مقادیر انرژی متابولیسمی و قابلیت هضم ماده آلی کاه کنجد ناشی از شکستن دیواره سلولی توسط آنزیم‌های اگزوژنوس است که افزودن ترکیب ملاس با آنزیم باعث آن شده است (۴۱، ۵۶). لیکن استفاده از مقادیر تخمینی از معادلات رگرسیونی با بهره‌جویی از نتایج تولید گاز بر پایه مایع شکمبه و داده‌های تجزیه تقریبی خوراک‌ها، علی‌رغم شاخص اولیه کمک‌کننده، خالی از اشتباه نخواهد بود. زیرا که این معادلات خواص فیزیکوشیمیایی متفاوت خوراک‌ها در شکمبه (محلول بودن و محتوی مواد ضد تغذیه‌ای) و هم‌چنین تفاوت‌های هضمی در بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش را در نظر نمی‌گیرند (۵۷، ۵۸) و در نهایت خطای موجود در برآورد تجزیه تقریبی خوراک باعث اریب بودن اعداد حاصل از روابط رگرسیونی مذکور می شود. با توجه به کاربرد روش تولید گاز در ارائه اطلاعات اضافی (مثل انرژی قابل متابولیسم، انرژی شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین میکروبی)، می‌توان از این روش در برآورد میزان تخمیر و مهارشدگی تخمیر و انتقال آن به بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش و تخمین ارزش غذایی خوراک‌ها برای تنظیم جیره غذایی نشخوارکنندگان استفاده کرد. این امر در افزایش میزان قابلیت هضم روده‌ای در تیمارهای با افزایش سطح ملاس و مخلوط آن با منابع آنزیمی قابل توجیه است.

**جدول ۶: پارامترهای تغذیه‌ای برای کاه عدس فراوری شده با اوره، ملاس و آنزیم**

| ترکیبات تیماری | ME | OMD | NEL | SCFA |
|---|---|---|---|---|
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹/۶۵ bcd | ۶۵/۲۵ cd | ۵/۳۹ bcde | ۱/۱۰ abcd |
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۹/۸۱ bcd | ۶۶/۵۴ bcd | ۵/۴۷ abcde | ۱/۱۲ abcd |
| اوره+ ۰ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۰/۴۳ abc | ۷۱/۴۷ bcd | ۵/۵۹ abcde | ۱/۱۳ abcd |
| اوره+۰ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۹/۷۰ bcd | ۶۵/۵۶ bcd | ۵/۴۵ abcde | ۱/۱۲ abcd |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹/۷۴ bcd | ۶۶/۴۶ bcd | ۵/۱۵ bcde | ۱/۰۵ bcd |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۱۰/۸۳abc | ۷۳/۵۶ abc | ۵/۹۸ abcde | ۱/۲۱ abcd |
| اوره+ ۲ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۱/۰۹ abc | ۷۵/۶۸ abc | ۶/۲۰ abcde | ۱/۲۶ abcd |
| اوره+۲ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۲/۵۱ a | ۸۴/۹۹ a | ۷/۲۲ a | ۱/۴۴ a |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۸/۵۴ d | ۵۸/۰۱ d | ۴/۵۴ e | ۰/۹۵ d |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۱۱/۲۷ abc | ۷۶/۰۷ abc | ۶/۶۲ abcd | ۱/۳۴ abc |
| اوره+ ۴ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۰/۸۴abc | ۷۲/۹۱ abc | ۶/۵۰ abcd | ۱/۳۲ abc |
| اوره+۴ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۱/۲۳abc | ۷۵/۳۳ abc | ۶/۸۶ abc | ۱/۳۹ ab |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ بدون آنزیم | ۹/۵۰ cd | ۶۴/۹۱ cd | ۴/۹۲ de | ۱/۰۱ cd |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ سلولاز قارچی | ۹/۴۰ cd | ۶۳/۹۴ cd | ۵/۱۲ bcde | ۱/۰۶ bcd |
| اوره+ ۶ درصد ملاس+ شیرابه شکمبه | ۱۱/۷۴ ab | ۷۹/۳۸ ab | ۶/۹۳ ab | ۱/۴۰ ab |
| اوره+۶ درصد ملاس+ ترکیب دو آنزیم | ۱۱/۵۹ cd | ۶۴/۷۵ cd | ۵/۰۶ cde | ۱/۰۴ cd |
| p-value | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ |
| SEM | ۰/۶۳ | ۴/۱۳ | ۰/۵۴ | ۰/۱۰ |

ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)؛ OMD: ماده آلی قابل هضم (درصد ماده خشک)؛ NEL :انرژی شیردهی (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک). حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده احتمال معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشد. SEM میانگین خطای استاندارد و p-value عبارت است از مقدار احتمال معنی‌داری.



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

در کاه‌عدس افزودن هرسه آنزیم (سلولاز قارچی-شیرابه شکمبه و ترکیب دو آنزیم)، ملاس (۲ درصد، ۴ درصد و ۶ درصد ماده خشک) و ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد. در کاه عدس افزودن ملاس، شیرابه شکمبه و ترکیب ملاس با آنزیم سلولاز قارچی و مخلوط دو آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شد (P<۰/۰۵). در کاه عدس افزودن ملاس تنها در ساعات ۲ و۴ بعد از انکوباسیون، ترکیب سلولاز قارچی و مخلوط دو آنزیم با هر سه سطح ملاس در ساعات ۲، ۴ و ۶ بعد از انکوباسیون و در ساعات ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون با سطوح ۲ درصد و ۴ درصد ملاس افزایش در تولید گاز مشاهده شد. ترکیب شیرابه شکمبه با ۳ سطح ملاس در تمامی ساعات انکوباسیون، باعث افزایش تولید گاز شدند. به‌طورکلی تبدیل زیستی بیومس کاه عدس با هر ۳ نوع آنزیم (سلولاز قارچی-شیرابه شکمبه و ترکیب دو آنزیم) و اوره به‌همراه با سطوح مختلف ملاس توانست ارزش غذایی آن را بهبود دهد.

## منابع


1. **Poppi, D.P., Norton, B.W., Minson, D.J. and Hendricksen, R.E., 1980.** The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. Agric Sci (Camb). 94: 275-280. https://doi.org/10.1017/S0021859600028859
2. **Banchorndhevakul, S., 2002.** Effect of urea and urea-gamma treatments on cellulose degradation of Thai rice straw and corn stalk. Radiat Phys Chem. 64: 417-422. https://doi.org/10.1016/S0969-806 X (01)00678-8
3. **Ghanbari, F., Ghoorchi, T., Shawrang, P., Mansouri, H. and Torbatinejad, N.M., 2015.** Ruminal disappearance of protein and amino acids of untreated and treated canola meal with gamma ray and electron beam. Anim Prod. 17(1): 83-93. doi: 10.22059/jap. 2015. 54022. (In Persian)
4. **Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. and Heinemann, W.W., 1990.** Feed and Nutrition. Second edition. Ensminger publishing company. 388-389.
5. **Stsnton, T.L. and Whittier, J., 2007.** Urea and NPN for cattle and sheep. Colorado state university. Extension. http//: www.ext.Colostate.ed/ pubs/livestock/ 01608.htm. No.1. P: 608.
6. **Newbold, J., 1997.** Proposed mechanisms for enzymes as modifiers of ruminal fermentation. In: Proceedings of the 8th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL, USA. 146-159.
7. **Beauchemin, K.A. and Rode, L.M., 1996.** Use of feed enzymes in ruminant nutrition. In Rode L.M. (ed) Animal Science Research and Development Meeting Future Challenges. Proc Can Soc Anim Sci, Lethbridge. 103-130.
8. **Colombatto, D., Mould, F.L., Bhat, M.K., Morgavi, D.P., Beauchemin, K.A. and Owen, E., 2003.** Influence of fibrolytic enzymes on the hydrolysis and fermentation of pure cellulose and xylan by mixed ruminal micro organisms in vitro. J Anim Sci. 81(4): 1040-1050. doi: 10. 2527/2003.8141040x
9. **Feng, P., Hunt, C.W., Pritchard, G.T. and Julien, W.E., 1996.** Effect of enzyme preparations on in situ and in vitro degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. J Anim Sci. 74: 1349-1357. doi: 10. 2 527/1996.7461349x
10. **Nocek, J.E., 1988.** In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility, A Review. J Dairy Sci. 67: 2599-2612. https://doi.org/10.3168/jds.S00 22-0302(88)79781-7
11. **Gargallo, S., Calsamiglia, S. and Ferret. A., 2006.** Technical note: A modified three-step *in vitro* procedure to determine intestinal digestion of proteins. J Anim Sci. 84: 2163-2167. doi: 10.2527/jas.2004-704
12. **SAS/STAT User's Guide. 2003.** Version 9.1 Edition. SAS Inst. Cary, NC.
13. **Menke, K. and Steinggass, H., 1988.** Estimation of the energetic feed value from chemical analyses and *in vitro* gas production using rumen fluid. Anim Res Develop. 28: 7-55.
14. **Getachew, G., Crovetto, G.M., Fondevila, M., Krishnamoorthy, U., Singh, B., Spanghero, M., Steingass, H., Robinson, P.H. and Kailas, M.M., 2002.** Laboratory variation of 24 h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. Anim Feed Sci Technol. 102: 169-180. https://doi.org/10. 1016/S0377-84 01(02)00212-2
15. **Ghiasvand, M., Rezayazdi, K. and Dehghan Banadaki, M., 2012.** 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 Anim Sci Res. 22(1): 93. (In Persian)
16. **Van Soest, P.J., 1994.** Nutrition ecology in the ruminants. Cornel university press. Ithaca, New York, Comstock publishing associate. 156-176.
17. **Gunun, P., Wanapat, M. and Anantasook, N., 2013.** Effects of physical form and urea treatment of rice straw on rumen fermentation, microbial protein synthesis and nutrient digestibility in dairy steers. Asian-australas J Anim Sci. 26(12): 1689-1697. https://doi.org/10.5713/ ajas.2013.13190
18. **Mehdikhani Bazehoze, J., Yazdani, A.R., Torbatinegad, N.M. and Ghorbani, B., 2009.** Effect of treating wheat straw with urea and molasses on crude protein and crude fiber of it and blood metabolites of Dalagh lamb. J Agri Sci Natural Resour. 16 ((SPECIAL ISSUE 2)): 333-337. (In Persian)
19. **Celik, K.I., Ersoy, E. and Savran, F., 2003.** Feeding of urea treated wheat straw in Saanen goat male kids. Pakistan J Nutrition. 2: 258-261. doi: 10.3923/pjn.2003. 258.261
20. **Khorasani, H., Shojaeian, K., Yousef, M., Lahi, E. and Sharifi M., 2014.** Effects of urea, molasses and fibrolytic enzymes on nutritional value of date palm leaves silage. Annu Res Rev Biol. 4(24): 4305-4313. doi: 10.9734/ ARRB/2014/7307
21. **Alikhani, M., Alamooti, A.A., Ghorbani, Gh. R. and Sadeghi, N., 2005.** Effect of urea, molasses and a bacterial inoculant on chemical composition and dry matter degradability of sunflower silage. J Crop Prod. 9(3): 171-183. http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-373-en.html
22. **Mc Donald, L., Henderson, N. and Heron, S., 1990.** The biochemistry of silage. 2nd ed., Chalcombe Pub., UK.




[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

urea and molasses in fattening performance of Turky Ghashghaii male lambs. J Anim Environ. 11(3): 45-50. doi: 20.1001.1.27171388.1398.11.3.6.0

37. **Zinn, R.A. and Salinas, J., 1999.** Influence of Fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate growing diet. in Proc. 15th Annu. Symp. Biotechnology in the Feed Industr Loughborough, Leics, UK. 313-319.

38. **Yang, W.Z., Beauchemin, K.A. and Rode, L.M., 2000.** A comparison of methods of adding fibrolytic enzymes to lactating cow diets. J Dairy Sci. 83: 2512-2520. https://doi.org/ 10.3168/jds.S0022-0302(00)75143-5

39. **Elghandour, M.M.Y., Salem, A.Z.M., Gonzalez Ronquillo, M., Borquez, J.L., Gado, H.M., Odongo, N.E. and Penuelas, C.G., 2013.** Effects of exogenous enzymes on *in vitro* gas production kinetics and ruminal fermentation of four fibrous feeds. Anim Feed Sci Technol. 179: 46-53. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci. 2012.11.010

40. **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. Res Anim Prod. 9(22): 72-82. doi: 10. 29252/rap.9.22.72

41. **Shoryabi, Z., 2014.** Study of chemical composition and nutritive value of treated sesame straw by using in vitro gas production method. Journal of Novel Applied Sciences. ISSN 2322-5149.

42. **Mohammadabadi, T. and Chaji, M., 2011.** Effect of exogenous enzyme on in vitro fermentation of sesame straw by rumen bacteria culture. J Appl Anim Res. 39: 161-163. https://doi.org/10.1080/09712119.2011.565227

43. **Gemeda, B.S., Hassen, A. and Odongo, N.E., 2014.** Effect of fibrolytic enzyme products at different levels on in vitro ruminal fermentation of low-quality feeds and total mixed ration. J Anim Plant Sci. 24(5): 1293-1302. http://hdl.handle.net/2263/43587

44. **Yang, H.E, Son, Y.S. and Beauchemin, K.A., 2011.** Effects of exogenous enzymes on ruminal fermentation and degradability of alfalfa hay and rice straw. Asian Aust J Anim Sci. 24: 56-64. https://doi.org/10.5713/ajas. 2011.90369

45. **Sujani, M., Piyasena, T., Seresinhe, T., Pathirana, I. and Gajaweera, Ch., 2016.** Supplementation of rice straw (*Oryza sativa*) with exogenous fibrolytic enzymes improves in vitro rumen fermentation characteristics. Turk J Vet Anim Sci. 41: 4. https://doi.org/10.3906/vet-1 503-8

46. **Mashayekhi, M.R., Fazaeli, H. and Zahedifar, M., 2007.** Effect of Urea-Molasses on the Nutritive Value of Roughage Based Ration Incubated in Buffaloe Rumen Liquor. Ital J Anim Sci. 6: 454-457. doi: 10.4081/ijas. 2007.s2.454

47. **Dryhurst, D. and Wood, C.D., 1998.** The effect of nitrogen source and concentration on in vitro gas production using rumen micro-organisms. Anim Feed Sci Techno. 71: 131-143. https://doi.org/10.1016/S0377-8401 (97)00124-7

48. **Yulistiani, D., Jelan, Z.A., Liang, J.B., Yaakub dan, H. and Abdullah, N., 2007.** Penggunaan teknik *in vitro* produksi gas untuk mengevaluasi pengaruh supplementasi molasses pada pakan basal campuran jerami dan hijauan murbei (*Morus alba*). JITV 12(4): 255-261.

49. **Wolin, M.J., 1960**. A theoretical rumen fermentation balance. J Dairy Sci. 43: 1452-1459.

23. **De Figuerido, M. and Marais, J.P., 1994.** The effect of bacterial inoculants on kikuyu silage quality. J Agric Sci Cambridge. 122: 53-60. https://doi.org/10.1017/S002185 9600065795

24. **Alam, M.K., Ogata, Y., Sato, Y. and Sano, H., 2016.** Effects of rice straw supplemented with urea and molasses on intermediary metabolism of plasma glucose and leucine in sheep. Asian-Australas J Anim Sci. 29(4): 523-529. https://doi.org/10.5713/ ajas.15.0358

25. **Alvarez, G., Pinos-Rodriguez, J.M., Herrera, J.G., Garcia, J.C., Gonzalez, S.S. and Barcena, R., 2009.** Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal digestibility in steers fed high fibre rations. Livest Sci. 121:150-154.https://doi.org/10.1016/j.livsci.20 08.05.024

26. **Gado, H.M., Salem, A.Z.M., Odongo, NE. and Borhami, B.E., 2011.** Influence of exogenous enzymes ensiled with orange pulp on digestion, blood metabolites and growth performance in lambs. Anim Feed Sci Technol. 165: 131-136. https://doi.org/10.1016/j. anifeedsci. 2011.02.016

27. **Gado, H.M., Salem, A.Z.M., Robinson, P.H. and Hasan, M., 2009.** Influence of exogenous enzymes on nutrient digestibility, extent of ruminal fermentation as well as milk production and composition in dairy cows. Anim Feed Sci Technol. 154: 36-46. https:// doi.org/10. 1016/j.anifeedsci.2009.07.006

28. **Yu, P., Mckinnon, J.J. and Christensen, D.A., 2005.** Improving the nutritional value of oat hulls for ruminant animals with pre-treatment of a multi-enzyme cocktail: in vitro studies. J Anim Sci. 83: 1133-1141. doi: 10.2527/ 2005.8351133x

29. **Titi, H.H. and Lubbadeh, W.F., 2004.** Effect of feeding cellulase enzyme on productive responses of pregnant and lactating ewes and goats. Small Rumin Res. 52: 137-143. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00254-2

30. **Muwalla, M.M, Haddad, S.G. and Hijazeen, M.A., 2007.** Effect of fibrolytic enzyme inclusion in high concentrate fattening diets on nutrient digestibility and growth performance of Awassi lambs. Livest Sci. 255-258. https://doi.org/10.1016/j.livsci. 2007.03.003

31. **Mahmoodi, A. and Aliarabi H., 2012.** Effect of using different levels of exogenous fibrolytic enzymes on performance of early lactation Holstein cows. Anim Sci Res. 22(2): 25-34. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015. 09.001

32. **Beauchemin, K.A., Rode, L.M., Maekaw, M., Morgavi, D. and Kampen, R., 2000.** Evaluation of a nonstarch polysaccharides feed enzyme in dairy cow diets. J Dairy Sci. 83: 543-553. doi: 10.3168/jds.S0022-03 02(00)74914-9

33. **Yang, W.Z., Beauchemin, K.A. and Rode, L.M., 1999.** Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. J Dairy Sci. 82: 391-403. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75245-8

34. **Kung, L.J.R., Lazartic, J., Wuerfel, R.L., Rode, L.M., Beauchemin, K.A. and Treacher, R.J., 2000**. The effect of various combinations of fibrolytic enzymes on the feeding value of a TMR fed to lactating cows. J Dairy Sci 83(1): 297.

35. **Kung, L.J.R., Treacher, R.J., Nauman, G.A., Smagala, A.M., Endres, K.M. and Cohen, M.A., 2000.** The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. J Dairy Sci. 83:115-122. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)74862-4

36. **Karimi, A., Safaei, A. and Aghashahi, A., 2019**. Evaluation of the effect of treated maize stalklage with



[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]

**50.** **Getachew, G., Makkar, H.P.S. and Becker, K., 1998.** The *in vitro* gas coupled with ammonia measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using incubation medium of different buffering capacity. J Sci Food Agric. 77: 87-95. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1<87:AID-SFA7>3.0.CO;2-X

**51.** **Mould, F.L., Kliem, K.E., Morgan, R. and Mauricio, R.M., 2005.** In vitro microbial inoculum: A review of its function and properties. Anim Feed Sci Technol. 123-124: 31- 50. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.028

**52.** **Bueno, I.C.S., Sergio Calbral Filho, S.L.S., Gobbo, S.P., Louvandini, H., Vitti, D.M.S.S. and Abdalla, A.L., 2005.** Influence of inoculum source in a gas production method. Anim Feed Sci Technol. 124: 95-105. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.05.003

**53.** **Hervas, G., Frutusos, P., Giraldez, F.J., Mora, M.J., Fernandez, B. and Mantecon, A.R., 2005.** Effect of preservation on fermentative activity of rumen fluid inoculum for *in vitro* gas production techniques. Anim Feed Sci Technol. 123-124: 107-118. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.05.004

**54.** **Ehsani, P., Teimouri, Yansari, A.A., Chashnidel, Y. and Ghorbani, G., 2019.** The effect of Particle size and harvesting steps of forage corn on silage characteristics, digestibility and Nutrients consumption of Holstein dairy cows. J Anim Environ. 11(2): 53-62.

**55.** **Shahraki, E. and Saravani, M., 2013.** A Study on the Effects of Urea and Molasses on the Nutritional Value of Nutgrass (Cyperus Rotundus) Forage Silos of Sistan Region. Int Res J Applied. 6 (12): 1793-1800.

**56.** **Xing, L., Chen, L.J. and Han, L.J., 2009.** The effect of an inoculants and enzymes on fermentation and nutritive value of sorghum straw silages. J Bio Tech. 100: 488-491. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.017

**57.** **Parand, E. and Taghizadeh, A., 2011.** Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of inocola. Anim Sci Res. 20-24(2): 1-13.

**58.** **Naraghi Rad, Z., Ghoreishi, S. and Kargar, S., 2021.** Chemical Composition and In Vitro Digestibility of Pomegranate Byproducts in Ruminant diet. J Anim Environ. 13(2): 67-74. doi: 10.22034/aej.2021.135375


[ Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15 ]

[ DOI: 10.22034/aer/1.4.13 ]