

*Research Article***The effect of processing lentil straw with urea, molasses and cellulase enzyme on chemical composition, gas production, ruminal and intestinal digestibility***Zahra Abbasnavand, Jamal seifdavati<sup>\*</sup>, 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**<sup>\*</sup> Corresponding Author's email:  
[jseifdavati@yahoo.com](mailto:jseifdavati@yahoo.com)

Received: 24 July 2024

Reviewed: 29 August 2024

Revised: 31 October 2024

Accepted: 2 December 2024

## 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 میرزایی آقجه‌قشلاق، رضا سیدشریفی

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

## کلمات کلیدی

## چکیده

آنزیم سلولاز  
اوره  
کاه عدس  
شیرابه شکمبه  
قابلیت هضم  
ملاس

**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 ۵/۰ لیتر آب) به‌همراه سطوح صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد ملاس به ۲ کیلوگرم کاه عدس خیس‌انده شده با ۵/۴ کیلوگرم آب که با سطوح صفر، ۴۰ میکرولیتر آنزیم سلولاز قارچی، ۴۰ 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 هر سه آنزیم، ملاس و ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه و مخلوط دو آنزیم و ترکیب هر سه با سطح ۴ 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 ۲ و ۴ 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، ۱۴، ۱۶، ۱۸ و ۲۰ ساعت پس از انکوباسیون با سطوح ۲ و ۴ 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 ۴ درصد و آنزیم باعث افزایش پتانسیل تولید گاز شد. میانگین قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی شیردهی و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه در بین همه تیمارها در کاه عدس معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

**بحث و نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی تبدیل زیستی کاه عدس با هر سه 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 ۱۴۰۳

تاریخ داوری: ۸ شهریور ۱۴۰۳

تاریخ اصلاح: ۱۰ آبان ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۲ آذر ۱۴۰۳

## مقدمه

در ایران یکی از مشکلات عمده و اساسی تولیدات دامی، کمبود خوراک دام است و جمعیت کشور به سرعت در حال افزایش است که این امر باعث افزایش تقاضا برای تولیدات دامی (از جمله 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 به کارگیری 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 به عنوان بخش انرژی‌زا، و اوره به عنوان منبع نیتروژن غیر پروتئینی، به صورت 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 یون دوست نظیر مونسین)، تغذیه مستقیم میکروبی، تجزیه دیواره سلولی با استفاده از آنزیم به‌ویژه آنزیم‌های با منشأ جیره‌ای (Exogenous enzymes) جهت تجزیه فیبر به وسیله تحریک فعالیت‌های میکروبی هضم شکمبه‌ای، تجزیه خوراک‌های فیبری در نشخوارکنندگان را بهبود می‌بخشد. آنزیم‌های با منشأ 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 (Fibrolitic) در جیره نشخوارکنندگان معنی‌دار بوده و هضم دیواره سلولی و راندمان استفاده از خوراک توسط نشخوارکنندگان را افزایش می‌دهند (۸). اضافه کردن آنزیم‌های با منشأ خارجی به علوفه‌های خشک در مقایسه با علوفه‌های

تازه بازدهی بهتری دارد (۹). آنزیم‌های با منشأ 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 فراآوری 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 به صورت بهینه در تغذیه دام استفاده کرد.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه فراوری 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 شده است. بدین منظور 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 دولا به ریخته، هواگیری و فشرده شد و به مدت 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 به صورت 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 ۱۰×۵ سانتی‌متر و قطر سوراخ‌های ۵۰ میکرومتر ریخته شد و سپس درب

(میلی لیتر در ساعت) و بالاخره  $a+b$  برابر پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر) می‌باشد.

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

$$\text{SCFA (mmol)} = -0.00425 + 0.0222 \times \text{GP}$$

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 2.20 + 0.136 \times \text{GP} + 0.057 \times \text{CP}$$

$$\text{OMD (\%)} = 14.88 + 0.889 \times \text{GP} + 0.45 \times \text{CP} + 0.0651 \times \text{CA}$$

که در آن ME: انرژی متابولیسمی (مگاژول/کیلوگرم ماده خشک)، GP: گاز تولیدی خالص ۲۴ ساعت (میلی لیتر/۲۰۰ میلی گرم 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 (میلی مول). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع آوری شده به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. ثبت و پردازش داده‌ها توسط برنامه Excel (۲۰۰۷) و آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS با رویه GLM انجام گردید و سطح  $P < 0.05$  به عنوان سطح معنی دار 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 به همراه 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 (۱۱/۵۲ درصد) و بیش‌ترین مقدار را تیمار اوره به همراه ۴ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم (۱۵/۸۲ درصد) داشت. افزودن ملاس باعث کاهش دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) شده است. آنزیم شیرابه شکمبه باعث کاهش دیواره سلولی و مخلوط دو آنزیم باعث

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 به مدت 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 هربتری 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 به مدت 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 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> در pH ۷/۷۵ استاندارد شده که شامل ۵۰ ppm 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 به دست می‌آید (۱۱). بدین منظور برای تولید گاز از نمونه آسیاب شده مقدار  $(\pm 5)$  ۲۰۰ میلی گرم 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 به مدت 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 میلی متر و با حجم ۱۵۰ میلی لیتر، استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تجزیه پذیری و تولید گاز مواد خوراکی با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد (۱۲).

**فراسنجه‌های تجزیه پذیری:**  
 $C$  و  $A(a+b)$   
 $a$  برابر بخش محلول در زمان صفر (میلی لیتر)،  $b$  برابر بخش بالقوه قابل تجزیه (میلی لیتر)،  $C$  برابر نرخ ثابت تجزیه پذیری در طول زمان

بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار دیواره سلولی بدون همی سلولز نیز به ترتیب مربوط به تیمار اوره بدون ملاس به همراه شیرابه شکمبه (۲۷/۸۷ درصد) و تیمار اوره به همراه ۴ درصد ملاس با ترکیب دو آنزیم (۲۲/۵۳ درصد) بود.

کاهش دیواره سلولی بدون همی سلولز شد. ترکیب سطوح مختلف ملاس با آنزیم باعث کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار دیواره سلولی به ترتیب مربوط به تیمار اوره بدون ملاس و ترکیب دو آنزیم (۵۲/۲۷ درصد) و تیمار اوره به همراه ۲ درصد ملاس با شیرابه شکمبه (۳۹/۱۳ درصد)

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

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

NDF: دیواره سلولی، ADF: دیواره سلولی بدون همی سلولز

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 به همراه 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 به ترتیب 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

### 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

بدون آنزیم (۵۱/۰۴ درصد) داشت.

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

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 <sup>d</sup>   | ۱۸/۹۳ <sup>cde</sup> | ۵۱/۰۴ <sup>d</sup>    |
| اوره + ۰ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۴۴ <sup>bcd</sup>    | ۱۸/۷۳ <sup>cde</sup> | ۵۴/۵۰ <sup>bcd</sup>  |
| اوره + ۰ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۳۷/۶۰ <sup>d</sup>   | ۲۴/۴۰ <sup>b</sup>   | ۵۲/۸۴ <sup>cd</sup>   |
| اوره + ۰ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۴۴/۸۰ <sup>bcd</sup> | ۱۸/۸۰ <sup>cde</sup> | ۵۵/۱۷ <sup>bcd</sup>  |
| اوره + ۲ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۴۴/۱۲ <sup>bcd</sup> | ۱۹/۶۰ <sup>cd</sup>  | ۵۲/۸۶ <sup>cd</sup>   |
| اوره + ۲ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۴۹/۲۹ <sup>ab</sup>  | ۱۶/۰۶ <sup>ef</sup>  | ۵۷/۴۴ <sup>abc</sup>  |
| اوره + ۲ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۴۷ <sup>abc</sup>    | ۱۵/۱۳ <sup>f</sup>   | ۵۵/۰۰۷ <sup>bcd</sup> |
| اوره + ۲ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۴۷/۱۳ <sup>abc</sup> | ۱۶/۱۳ <sup>ef</sup>  | ۵۵/۶۶ <sup>abcd</sup> |
| اوره + ۴ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۴۴/۱۳ <sup>bcd</sup> | ۲۰/۲۶ <sup>cd</sup>  | ۵۴/۶۶ <sup>bcd</sup>  |
| اوره + ۴ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۴۹/۴۰ <sup>ab</sup>  | ۱۸/۸۶ <sup>cde</sup> | ۵۲/۴۳ <sup>cd</sup>   |
| اوره + ۴ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۵۲/۴۶ <sup>a</sup>   | ۱۷/۷۳ <sup>def</sup> | ۶۰/۸۹ <sup>a</sup>    |
| اوره + ۴ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۴۷/۶۶ <sup>abc</sup> | ۱۹/۶۶ <sup>cd</sup>  | ۵۷/۹۵ <sup>abc</sup>  |
| اوره + ۶ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۴۷/۰۶ <sup>abc</sup> | ۲۱/۴۶ <sup>bc</sup>  | ۵۸/۴۲ <sup>ab</sup>   |
| اوره + ۶ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۴۹/۶۶ <sup>ab</sup>  | ۱۵/۲۰ <sup>f</sup>   | ۵۷/۳۰ <sup>abc</sup>  |
| اوره + ۶ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۳۸/۷۳ <sup>d</sup>   | ۳۰/۹۳ <sup>a</sup>   | ۵۷/۸۰ <sup>abc</sup>  |
| اوره + ۶ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۴۸/۶۶ <sup>abc</sup> | ۲۱/۸۰ <sup>bc</sup>  | ۵۹/۸۷ <sup>ab</sup>   |
| 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 a-b 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 ( $P < 0.05$ ). 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 ۲ درصد 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 ۴ درصد 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 به ترتیب افزایش و کاهش را در قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش داشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار قابلیت هضم

ملاس و بدون آنزیم (۱۳/۲۱ درصد) داشتند.

روده‌ای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه را به ترتیب تیمار اوره همراه با ۴ درصد ملاس و بدون آنزیم (۳۲/۹۳ درصد) و تیمار اوره بدون

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

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

SEM: میانگین خطای استاندارد و p-value: مقدار احتمال معنی‌داری و حروف b-a 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 آنکوباسیون، 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 آنکوباسیون بین میانگین گاز تولیدی تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. افزودن ملاس تنها در ساعات ۲ و ۴ بعد از آنکوباسیون 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 آنکوباسیون باعث افزایش تولید گاز شده است و در ساعات ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از آنکوباسیون در سطوح ۲ درصد و ۴ درصد ملاس افزایش در تولید گاز مشاهده شد. ترکیب شیرابه شکمبه با ۳ سطح ملاس در تمامی ساعات آنکوباسیون باعث افزایش تولید گاز شد. بیش‌ترین میزان گاز تولیدی برای تمام زمان‌های پس از آنکوباسیون به جز ساعت ۴ و ۱۲ مربوط به تیمار

اوره به همراه ۲ درصد ملاس و ترکیب دو آنزیم می‌باشد. بیش‌ترین میزان گاز تولیدی برای ساعت ۴ و ۱۲ پس از آنکوباسیون به ترتیب مربوط به تیمار اوره با ۶ درصد ملاس و شیرابه شکمبه (۲۰۱/۶۷ میلی‌لیتر به ازای هر گرم نمونه) و تیمار اوره با ۶ درصد ملاس و شیرابه شکمبه (۲۸۶/۶۸ میلی‌لیتر به ازای هر گرم نمونه) بود. بیش‌ترین میزان گاز تولیدی در تمامی زمان‌های آنکوباسیون در ترکیب سطوح ملاس ۲ و ۴ درصد با ترکیب دو آنزیم است و برای سطح ملاس ۶ درصد نیز مربوط به تیمار اوره به همراه ۶ درصد ملاس و شیرابه شکمبه بود. در سطح بدون ملاس در تمامی ساعات به جز ساعات‌های 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 ( $p > 0.05$ ). در حالی که میانگین پتانسیل تولید گاز برای تمامی

نرخ ثابت تجزیه پذیری شد. درحالی‌که ترکیب ملاس با سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه باعث کاهش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری شد. افزودن ملاس ۲ درصد باعث افزایش پتانسیل تولید گاز شد درحالی‌که آنزیم باعث کاهش آن گردید.

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 به‌ازای هر گرم نمونه) بود. افزودن ملاس و آنزیم و ترکیب ملاس با مخلوط دو آنزیم باعث افزایش

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                      | ساعت ۲               | ساعت ۴ | ساعت ۶               | ساعت ۸                | ساعت ۱۲                | ساعت ۲۴                | ساعت ۴۸                 | ساعت ۷۲                | ساعت ۹۶                |
|-------------------------------------|----------------------|--------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| اوره + ۰ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۹۱/۶۷ <sup>ab</sup>  | ۱۳۵    | ۱۶۶/۶۷ <sup>ab</sup> | ۱۹۰/۰۲ <sup>abc</sup> | ۲۲۳/۳۵ <sup>abcd</sup> | ۲۴۸/۳۳ <sup>abcd</sup> | ۲۸۳/۳۳ <sup>abcde</sup> | ۳۰۴/۱۷ <sup>abcd</sup> | ۳۰۵/۸۲ <sup>abcd</sup> |
| اوره + ۰ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۸۳/۳۳ <sup>b</sup>   | ۱۳۶/۶۷ | ۱۷۰ <sup>ab</sup>    | ۱۹۰/۰۲ <sup>abc</sup> | ۲۲۵/۰۲ <sup>abcd</sup> | ۲۵۲/۵۰ <sup>abcd</sup> | ۲۹۰ <sup>abcde</sup>    | ۳۰۹/۱۷ <sup>abcd</sup> | ۳۱۰/۸۲ <sup>abcd</sup> |
| اوره + ۰ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۱۰۸/۳۲ <sup>ab</sup> | ۱۴۵    | ۱۶۶/۶۸ <sup>ab</sup> | ۱۸۶/۶۸ <sup>abc</sup> | ۲۰۸/۳۳ <sup>cd</sup>   | ۲۵۴/۹۸ <sup>abcd</sup> | ۲۸۸/۳۰ <sup>abcde</sup> | ۲۸۸/۴۵ <sup>abcd</sup> | ۲۸۸/۴۵ <sup>abcd</sup> |
| اوره + ۰ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۱۱۱/۶۵ <sup>ab</sup> | ۱۴۶/۶۷ | ۱۷۰/۰۲ <sup>ab</sup> | ۱۸۲/۰۲ <sup>abc</sup> | ۲۰۵ <sup>cd</sup>      | ۲۵۱/۶۵ <sup>abcd</sup> | ۲۸۳/۳۰ <sup>abcde</sup> | ۲۸۳/۷۸ <sup>bcd</sup>  | ۲۸۳/۷۸ <sup>bcd</sup>  |
| اوره + ۲ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۱۱۳/۳۲ <sup>ab</sup> | ۱۴۸/۳۳ | ۱۶۰/۰۲ <sup>b</sup>  | ۱۷۶/۶۸ <sup>bc</sup>  | ۱۹۵ <sup>cd</sup>      | ۲۳۶/۶۵ <sup>bcd</sup>  | ۲۶۳/۳۰ <sup>cde</sup>   | ۲۶۳/۹۵ <sup>cd</sup>   | ۲۶۳/۹۲ <sup>dc</sup>   |
| اوره + ۲ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۱۳۳/۳۳ <sup>ab</sup> | ۱۷۶/۶۷ | ۲۰۱/۶۷ <sup>ab</sup> | ۲۱۸/۳۵ <sup>abc</sup> | ۲۴۶/۶۸ <sup>abcd</sup> | ۲۷۱/۶۵ <sup>abcd</sup> | ۲۹۸/۳۳ <sup>abcde</sup> | ۳۰۵/۸۲ <sup>abcd</sup> | ۳۰۷/۴۸ <sup>abcd</sup> |
| اوره + ۲ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۱۲۵ <sup>ab</sup>    | ۱۷۸/۳۳ | ۲۰۱/۶۷ <sup>ab</sup> | ۲۲۳/۳۵ <sup>abc</sup> | ۲۶۳/۳۵ <sup>abc</sup>  | ۲۸۳/۳۳ <sup>abcd</sup> | ۳۱۳/۳۳ <sup>abcde</sup> | ۳۳۵/۵۰ <sup>abcd</sup> | ۳۳۴/۱۵ <sup>abc</sup>  |
| اوره + ۲ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۱۳۶/۶۷ <sup>ab</sup> | ۱۹۵    | ۲۲۸/۳۳ <sup>a</sup>  | ۲۴۸/۳۵ <sup>a</sup>   | ۲۸۳/۳۵ <sup>ab</sup>   | ۳۲۵ <sup>a</sup>       | ۳۵۶/۶۷ <sup>a</sup>     | ۳۶۹/۱۷ <sup>a</sup>    | ۳۷۰/۸۲ <sup>a</sup>    |
| اوره + ۴ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۱۱۱/۶۵ <sup>ab</sup> | ۱۴۳/۳۳ | ۱۶۰/۰۲ <sup>b</sup>  | ۱۷۱/۶۸ <sup>bc</sup>  | ۱۸۳/۳۳ <sup>d</sup>    | ۲۱۳/۳۲ <sup>d</sup>    | ۲۴۸/۳۰ <sup>e</sup>     | ۲۴۸/۶۲ <sup>d</sup>    | ۲۴۸/۶۲ <sup>d</sup>    |
| اوره + ۴ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۱۳۳/۳۳ <sup>ab</sup> | ۱۸۵    | ۲۰۸/۳۳ <sup>ab</sup> | ۲۳۰/۰۲ <sup>ab</sup>  | ۲۶۶/۶۸ <sup>abc</sup>  | ۳۰۱/۶۷ <sup>abc</sup>  | ۳۳۰ <sup>abcde</sup>    | ۳۳۷/۵۰ <sup>abc</sup>  | ۳۳۹/۱۵ <sup>abc</sup>  |
| اوره + ۴ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۱۴۱/۶۵ <sup>a</sup>  | ۱۸۱/۶۷ | ۲۰۸/۳۵ <sup>ab</sup> | ۲۲۱/۶۸ <sup>abc</sup> | ۲۴۸/۳۳ <sup>abcd</sup> | ۲۹۸/۳۲ <sup>abc</sup>  | ۳۳۹/۹۷ <sup>abcd</sup>  | ۳۴۰/۷۸ <sup>abc</sup>  | ۳۴۰/۷۸ <sup>abc</sup>  |
| اوره + ۴ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۱۴۵ <sup>a</sup>     | ۱۹۰    | ۲۲۰ <sup>ab</sup>    | ۲۳۸/۳۵ <sup>ab</sup>  | ۲۷۱/۶۸ <sup>abc</sup>  | ۳۱۳/۳۳ <sup>ab</sup>   | ۳۵۱/۶۷ <sup>ab</sup>    | ۳۵۹/۱۷ <sup>ab</sup>   | ۳۶۰/۸۲ <sup>ab</sup>   |
| اوره + ۶ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۱۱۱/۶۵ <sup>ab</sup> | ۱۳۶/۶۷ | ۱۵۵/۰۲ <sup>b</sup>  | ۱۶۱/۶۸ <sup>c</sup>   | ۱۸۰ <sup>d</sup>       | ۲۲۶/۶۵ <sup>cd</sup>   | ۲۵۸/۳۰ <sup>de</sup>    | ۲۶۰/۱۲ <sup>cd</sup>   | ۲۶۰/۱۲ <sup>cd</sup>   |
| اوره + ۶ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۱۲۴/۹۸ <sup>ab</sup> | ۱۵۶/۶۷ | ۱۷۳/۳۵ <sup>ab</sup> | ۱۸۰/۰۲ <sup>bc</sup>  | ۱۹۸/۳۳ <sup>cd</sup>   | ۲۳۸/۳۲ <sup>bcd</sup>  | ۲۶۶/۶۳ <sup>bcd</sup>   | ۲۶۷/۲۸ <sup>cd</sup>   | ۲۶۷/۲۸ <sup>cd</sup>   |
| اوره + ۶ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۱۴۱/۶۷ <sup>a</sup>  | ۲۰۱/۶۷ | ۲۳۰ <sup>a</sup>     | ۲۵۰/۰۲ <sup>a</sup>   | ۲۸۶/۶۸ <sup>a</sup>    | ۳۱۵ <sup>ab</sup>      | ۳۴۸/۳۳ <sup>abc</sup>   | ۳۵۲/۵۰ <sup>ab</sup>   | ۳۶۴/۱۵ <sup>ab</sup>   |
| اوره + ۶ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۱۱۸/۳۲ <sup>ab</sup> | ۱۴۸/۳۳ | ۱۷۱/۶۸ <sup>ab</sup> | ۱۸۶/۶۸ <sup>abc</sup> | ۲۰۰ <sup>cd</sup>      | ۲۳۳/۳۲ <sup>cd</sup>   | ۲۶۶/۶۳ <sup>bcd</sup>   | ۲۶۷/۱۲ <sup>cd</sup>   | ۲۶۷/۱۲ <sup>cd</sup>   |
| 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 ( $P < 0.05$ ) برای هر متغیر می‌باشد، SEM: میانگین خطای استاندارد و P-Value عبارت است از مقدار احتمال معنی‌داری

### انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر، قابلیت

### هضم ماده آلی و انرژی ویژه شیردهی داده‌های حاصل 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 معنی‌داری بین ترکیبات تیماری از نظر این فاکتورها وجود داشت ( $P < 0.05$ ). روند قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی 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 و ۴ 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 به‌تنهایی فقط در سطح ۲ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش در قابلیت هضم ماده آلی شد. افزودن هر سه آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی شد. آنزیم سلولاز قارچی در ترکیب 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.

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

| ترکیبات تیماری                      |                    | عدس                     |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|
|                                     |                    | A                       |
| اوره + ۰ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۰/۱۴ <sup>b</sup>  | ۲۸۷/۸۲ <sup>abcde</sup> |
| اوره + ۰ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۰/۲۲ <sup>a</sup>  | ۲۵۴/۱۱ <sup>de</sup>    |
| اوره + ۰ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۰/۲۰ <sup>ab</sup> | ۲۳۳/۹۷ <sup>c</sup>     |
| اوره + ۰ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۰/۱۶ <sup>ab</sup> | ۲۴۷/۹۴ <sup>de</sup>    |
| اوره + ۲ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۰/۱۵ <sup>ab</sup> | ۲۹۳/۵۰ <sup>abcde</sup> |
| اوره + ۲ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۰/۲۱ <sup>ab</sup> | ۲۹۰/۸۶ <sup>abcde</sup> |
| اوره + ۲ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۰/۱۸ <sup>ab</sup> | ۳۲۳/۹۱ <sup>abc</sup>   |
| اوره + ۲ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۰/۲۱ <sup>ab</sup> | ۲۵۲/۸۹ <sup>de</sup>    |
| اوره + ۴ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۰/۱۵ <sup>ab</sup> | ۲۷۸/۶۲ <sup>bcd</sup>   |
| اوره + ۴ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۰/۱۸ <sup>ab</sup> | ۳۱۳/۸۳ <sup>abcd</sup>  |
| اوره + ۴ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۰/۱۷ <sup>ab</sup> | ۳۲۵/۵۲ <sup>abc</sup>   |
| اوره + ۴ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۰/۱۹ <sup>ab</sup> | ۳۴۳/۸۵ <sup>ac</sup>    |
| اوره + ۶ درصد ملاس + بدون آنزیم     | ۰/۱۶ <sup>ab</sup> | ۲۷۲/۹۱ <sup>cde</sup>   |
| اوره + ۶ درصد ملاس + سلولاز قارچی   | ۰/۱۷ <sup>ab</sup> | ۳۵۲/۵۵ <sup>a</sup>     |
| اوره + ۶ درصد ملاس + شیرابه شکمبه   | ۰/۱۷ <sup>ab</sup> | ۳۴۳/۱۸ <sup>ab</sup>    |
| اوره + ۶ درصد ملاس + ترکیب دو آنزیم | ۰/۲ <sup>ab</sup>  | ۲۵۳/۴۷ <sup>de</sup>    |
| 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 ( $P < 0.05$ ) 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 در ترکیب 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 درصد ماده خشک) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار اوره با ۴ درصد ملاس و بدون آنزیم (۵۸/۰۱ درصد ماده خشک) بود. افزودن ملاس باعث کاهش انرژی شیردهی و افزودن آنزیم باعث افزایش آن شد. ترکیب آنزیم سلولاز قارچی با ملاس تا سطح ملاس ۴ درصد ماده خشک کاه باعث افزایش انرژی ویژه شیردهی شد در حالی که در سطح ملاس ۶ درصد ماده خشک کاه باعث کاهش انرژی ویژه شیردهی شد. در ترکیب شیرابه شکمبه با ملاس با افزایش سطح ملاس انرژی ویژه شیردهی نیز افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار 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 به‌همراه ۴ 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 ۶ درصد باعث کاهش اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شده است. ترکیب شیرابه شکمبه با تمامی سطوح ملاس باعث افزایش اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شده است. بیش‌ترین مقدار 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 میلی مول) بود.

## بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که با فراوری کاه عدس با اوره، ملاس و آنزیم میزان پروتئین خام تیمارها افزایش یافته است. در گزارش Ghiasvand و همکاران پروتئین خام بیش‌تری در مقایسه با گروه شاهد در کاه کلزای فراوری شده با اوره و اوره+ملاس دریافت شده بودند (۱۵). این امر می‌تواند به علت افزودن اوره و ترکیب آمونیاک حاصل از تجزیه اوره و تشکیل کربنات آمونیوم در کاه کلزای فراوری شده با اوره و اوره همراه ملاس باشد (۱۶) به‌طوری که با یافته‌های Gunun و همکاران در تحقیق روی تأثیر فراوری اوره بر ارقام مختلف

کاه برنج، هم خوانی داشت (۱۷). عمل آوری کاه گندم با اوره و ملاس، افزایش محتوی پروتئین خام کاه را از ۳/۴ درصد به ۷/۵ درصد 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 به دلیل 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 کیکوی 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 درصد ماده خشک شده است. طبق نتایج به دست آمده افزودن ملاس و ترکیب ملاس با آنزیم در کاه عدس باعث کاهش درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز می‌شود. افزودن مخلوط دو آنزیم نیز باعث کاهش دیواره سلولی بدون همی سلولز شد. Alikhani و همکاران نشان دادند که افزودن ملاس به تنهایی بر سیلاژ آفتابگردان دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز آن را کاهش معنی‌داری داد (۲۱). این محققین خاطر نشان کردند که کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز در این تیمارها احتمال می‌رود به علت عملیات پروسه سیلو کردن و یا افزوده شدن ملاس و نیز به دلیل عمل میکروارگانیزم‌های سیلو روی کربوهیدرات‌های ساختمانی و بالاخره در اثر رقیق‌کنندگی ملاس بوده که دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز را به مقدار 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 همی سلولز شوند (۲۰). طبق گزارش Ghiasvand و همکاران در فراوری کاه کلزا با روش‌های شیمیایی مختلف، میزان دیواره سلولی بدون همی سلولز 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 (۲۶، ۲۷). به‌طوری‌که 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 تأیید، گزارش شده است (۳۱). دلیل افزایش گوارش پذیری ماده خشک با استفاده و به کار بردن آنزیم فیبرولیتیک با منشا خارجی در جیره نشخوارکنندگان را می‌توان به افزایش تعداد میکروارگانیزم‌های 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 از جمله هیدرولیز مستقیم، افزایش حمله میکروبی، تغییر در مکان گوارش پذیری مواد مغذی و اضافه شدن آنزیم‌های داخلی شکمبه آمده است (۳۴، ۳۵، ۳۶). بنابراین در پژوهش حاضر نیز به دلایل 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 فراوری 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 کار بردن آنزیم فیبرولیتیک با منشا خارجی به‌صورت افزودنی به جیره

گاوه‌های شیری ۵ درصد بیش‌تر شد (۳۷). این یافته در گزارش Yang و همکاران برای افزایش قابلیت هضم پروتئین تأیید 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 آن‌را که شامل پروتئین خام آن نیز می‌شود بیش‌تر در معرض تجزیه و ناپدید شدن به واسطه منابع آنزیمی به خصوص مخلوط آنزیمی می‌شود، باشد. در این پژوهش تأثیر عمل‌آوری کاه عدس با اوره، ملاس، آنزیم (سلولاز قارچی، مایع شکمبه فراوری 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 ملاس ۲ درصد بیش‌تر 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 تأثیر 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 تأثیر 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 هم‌زمانی بین این دو منبع در جیره، بیش‌تر باشد و هر چه نسبت نیتروژن به کربوهیدرات برای برآورد نیاز میکروارگانیسم‌ها، مناسب‌تر باشد، بهبود در فرآیند تخمیر در محیط تولید گاز بهتر تأمین خواهد شد (۴۷). طبق گزارش Yulistiani و همکاران توت و کاه برنج فراوری شده با اوره و ملاس با افزودن ملاس تأثیر 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 Steingass هنگامی که برای تعیین خصوصیات هضمی مواد خوراکی از فن آزمون گاز کمک گرفته می‌شود اساس این است که گاز تولیدی صرفاً متأثر از عامل ماهیت فیزیکی و شیمیایی 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 تجزیه‌پذیری 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 تجزیه‌پذیری 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، تأیید شده است (۴۱). محققین دیگری نشان دادند که افزودن یک مخلوط آنزیمی در سطوح مختلف به کاه کنجد توانسته است نرخ ثابت تجزیه‌پذیری را بالا ببرد (۴۲). چنان‌چه 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

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 و Chaji 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 در سطح 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 اگزوزنوس 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 فیزیکی‌وشیمیایی 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 ارباب بودن اعداد حاصل از روابط رگرسیونی مذکور می‌شود. 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

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

ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی مول)؛ 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.

- 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: 10.2527/1996.7461349x
  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.S0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(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 Steingass, 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/S0377-8401\(02\)00212-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(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. Cornell 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., Torbatinejad, 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://jcprp.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.
- در کاه عدس 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 ( $P < 0.05$ ). در کاه عدس افزودن ملاس تنها در ساعات ۲ و ۴ 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 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. به‌طور کلی 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. **Banchornhevakul, 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/S0969-806X\(01\)00678-8](https://doi.org/10.1016/S0969-806X(01)00678-8)
3. **Ghanbari, F., Ghoorchi, T., Shavrang, 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. **Stanton, T.L. and Whittier, J., 2007.** Urea and NPN for cattle and sheep. Colorado state university. Extension. <http://www.ext.colostate.edu/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

- urea and molasses in fattening performance of Turkey Ghashghai 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](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-1503-8>
  46. **Mashayekhi, M.R., Fazaeli, H. and Zahedifar, M., 2007.** Effect of Urea-Molasses on the Nutritive Value of Roughage Based Ration Incubated in Buffalo 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 Technol*. 71: 131-143. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00124-7](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 suplementasi 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/S0021859600065795>
  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.2008.05.024>
  26. **Gado, H.M., Salem, A.Z.M., Odongo, N.E. 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 Lubbadah, 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](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.S0022-0302(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 stalkage with

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](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., Frutosos, 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 inocula. *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