



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of using processed pinto bean straw in the diet on the growth performance of Farahani fattening lambs

A. Mirshamsollahi^{1*}

1. Agriculture and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran

(Received: 20-08-2025 – Revised: 06-12-2025 – Accepted: 06-12-2025 – Available online: 17-12-2025)

Abstract

Introduction: Livestock nutrition represents a significant portion of the total costs in animal husbandry. To enhance efficiency, identifying inexpensive feed sources is a key strategy. The gap between the demand and supply of feed ingredients has notably widened in recent decades, and livestock producers are facing numerous challenges in obtaining feed resources due to drought and rising prices of conventional feedstuffs. Consequently, there is an increasing need to utilize affordable alternative feed materials in ruminant diets. Processing and effectively using agricultural by-products and residues as feed for ruminants is essential for improving livestock production. Legume straws, particularly bean straw, have gained attention both domestically and internationally as an important and economical source of roughage in ruminant nutrition. With superior nutrient composition compared to cereal straws, legume straws offer greater potential for widespread use in animal diets. In regions where beans are cultivated, the production of bean residues is significant and can fulfill part of the nutritional needs of livestock. Feeding bean straw to ruminants may offer benefits over certain cereal straws, likely due to its higher crude protein content and other valuable nutrients. From a nutritional standpoint, processed legume straws serve as sources of energy and protein in the diets of fattening livestock, helping to reduce feeding costs and improve animal performance. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of incorporating processed and unprocessed bean straw into the diets of Farahani lambs on their growth performance and fattening characteristics.

Materials and methods: Bean straw was processed with urea by ensiling in plastic covers. For every 100 kg of bean residue, 50 kg of water (50%), 3 kg of chemical urea fertilizer (3%), 1 kg of calcium carbonate (1%), and 100 g of sulfur were added. One month after ensiling, dry matter, ether extract, ash, crude protein, and acid detergent fiber and neutral detergent fiber contents of the processed bean straw were determined. *In vitro* digestibility of samples was also assessed using the gas test method. Subsequently, at a sheep farm in Arak County, 45 lambs aged 4–5 months with similar average weights were randomly assigned to three experimental groups: 1) wheat straw (control), 2) bean straw, and 3) urea-treated bean straw. The experiment lasted 90 days, during which lambs' weight gain was measured every 30 days and daily dry matter intake was recorded by collecting feed refusals before morning feeding. Weight gain, feed conversion ratio (FCR) were examined monthly and over the entire fattening period. Data were analyzed using mixed model procedures in SAS software (version 9.1), and treatment means were compared by Duncan's multiple range test.

Results and discussion: The study found that treating bean straw with urea significantly increased its crude protein content by 25.51%, elevating it from 8% in untreated straw to 12.1% in urea-treated straw ($P<0.05$). Ammoniation effectively reduced both neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents ($P<0.05$). Additionally, urea treatment markedly improved the dry matter and organic matter digestibility of the bean straw compared to untreated samples ($P<0.05$). Ammoniation also resulted in higher gas production ($P<0.05$) and

* Corresponding author: A.mirshamsollahi@areo.ir



enhanced organic matter digestibility by approximately 11%, boosting the metabolizable energy content from 7.29 to 9.1 MJ/kg DM in treated straw ($P=0.01$). The feeding trial indicated that incorporating bean straw increased daily feed intake compared to the control diet, with urea-treated bean straw further enhancing intake over untreated straw ($P=0.03$). Furthermore, lambs fed urea-treated bean straw exhibited significantly greater daily weight gain than those in the control and untreated straw groups ($P=0.01$), along with an improved feed conversion ratio ($P=0.01$). Economic analysis showed that adding bean straw and urea-treated bean straw to the lambs' diet reduced the feeding cost per kilogram of weight gain compared to the control group.

Conclusions: Ammoniating bean by-products with urea is a straightforward and effective method to enhance their nutritional value. This technique significantly increases crude protein content and digestibility, allowing these by-products to replace conventional feeds like alfalfa, corn silage, and various oilseed meals in ruminant diets. As a result, it reduces overall feed costs and lowers meat production expenses.

Keywords: Urea, Fattening lamb, Fattening performance, Processing, Bean straw

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare, and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Markazi Province, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this project.

Acknowledgment: The author thanks the Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province and the Livestock Affairs Department of the Markazi Province Agricultural Jihad Organization, for providing the laboratory and field facilities for this research.

How to cite this article:

Mirshamsollahi, A. (2026). Effect of using processed pinto bean straw in the diet on the growth performance of Farahani fattening lambs. *Animal Production Research*, 15(2), 19-30. doi: 10.22124/ar.2025.31459.1914



مقاله پژوهشی

اثر استفاده از کاه لوبیای چیتی فرآوری شده در جیره بر عملکرد رشد بره‌های پرواری فراهانی

آزاده میرشمس الهی^{*}

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۹ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۵ - تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶)

چکیده

این پروژه به منظور بررسی اثر استفاده از کاه لوبیای فرآوری شده در جیره بر صفات رشد و پروار بره‌های توده فراهانی انجام شد. سیلاژ کاه لوبیا با افزودن ۳ درصد اوره تهیه شد. یک ماه بعد از تهیه سیلاژ، میزان ماده خشک، عصاره اتری، خاکستر، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی کاه لوبیای فرآوری شده اندازه‌گیری شد. گوارش‌پذیری آزمایشگاهی سیلاژها با روش آزمون گاز اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، ۴۵ رأس بره ۴-۵ ماهه (با میانگین وزن برابر با ۲۲/۲۹ کیلوگرم) به سه گروه تقسیم شده و به جیره‌های آزمایشی اختصاص یافتند. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱- جیره شاهد، ۲- جیره دارای کاه لوبیای فرآوری نشده و ۳- جیره دارای کاه لوبیای فرآوری شده با اوره بودند. فرآوری کاه لوبیا با اوره، باعث افزایش پروتئین خام از ۸ درصد به ۱۲/۱ درصد شد ($P < 0/01$). آمونیاکی کردن کاه لوبیا سبب کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی آن شد ($P < 0/01$). افزایش وزن روزانه بره‌های گروه کاه لوبیای فرآوری شده، بیشتر از بره‌های دو گروه دیگر، و ضریب تبدیل غذایی نیز در بره‌های گروه کاه لوبیای فرآوری شده، بهبود نشان داد ($P < 0/01$). استفاده از کاه لوبیا و کاه لوبیای فرآوری شده با اوره در جیره غذایی بره‌ها سبب کاهش هزینه تغذیه به‌ازای هر کیلوگرم اضافه وزن بره‌ها نسبت به بره‌های گروه شاهد شد. در مجموع، آمونیاکی کردن کاه لوبیا با کود اوره، روشی ساده و مؤثر برای فرآوری و افزایش ارزش غذایی این پس‌ماند است.

واژه‌های کلیدی: اوره، بره پرواری، عملکرد پروار، فرآوری، کاه لوبیا

* نویسنده مسئول: A.mirshamsolahi@areo.ir

مقدمه

حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان به‌ویژه برای بخش عظیمی از جمعیت کم درآمد جهان محسوب می‌شود (Ghorbani et al., 2005). سطح زیر کشت لوبیا در کشور در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ حدود ۱۰۱۱۸۷ هکتار و تولید دانه آن نیز ۲۲۴۰۸۳ تن بوده است. در همان سال، سطح زیر کشت لوبیا در استان مرکزی، ۱۴۵۶۲ هکتار و تولید دانه آن، ۳۴۴۷۱ تن و میانگین عملکرد لوبیا در استان مرکزی، ۲۵۳۰ کیلوگرم در هکتار بوده است که شهرستان‌های شازند، خمین، اراک و خنداب دارای بیشترین سطح زیر کشت لوبیا در استان مرکزی هستند (Agricultural Statistical Yearbook, 2023). مقدار تولید بقایای لوبیا در مناطقی که کشت این محصول انجام می‌شود، قابل توجه بوده و می‌تواند بخشی از نیاز غذایی دام‌ها را تأمین کند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کاه لوبیا دارای پروتئین خام در بازه ۷/۱ تا ۸/۳ درصد، الیاف خام حدود ۳۰ تا ۳۱ درصد و لیگنین بین ۶/۷ تا ۷/۲ درصد است که نسبت به کاه گندم، پروتئین و مواد معدنی بیشتری دارد. تغذیه کاه لوبیا در نشخوارکنندگان ممکن است نسبت به برخی از کاه‌های غلات دارای مزیت باشد که می‌تواند مربوط به بالاتر بودن پروتئین خام، کلسیم و فسفر آن‌ها باشد (Mirzaei et al., 2016). کاه حبوبات مانند کاه نخود و لوبیا به دلیل محتوای پروتئین بالاتر نسبت به کاه غلات، ارزش غذایی بهتری برای دام‌های پرواری دارد، اما همچنان به دلیل ساختار الیافی بالا و لیگنین زیاد، گوارش‌پذیری پایینی دارد (Mirzaei et al., 2016). فرآوری کاه لوبیا به منظور افزایش گوارش‌پذیری و ارزش غذایی آن شامل روش‌هایی مانند خرد کردن، تیمار شیمیایی با آمونیاک یا اوره، و تخمیر بیوشیمیایی است (Mirzaei et al., 2008). تیمار آمونیاکی باعث شکستن پیوندهای لیگنین-سلولز و افزایش پروتئین قابل استفاده می‌شود که گوارش‌پذیری کاه را تا ۴۰ درصد افزایش می‌دهد (Mirzaei et al., 2008). از نظر تغذیه‌ای، کاه حبوبات فرآوری شده به عنوان یک منبع انرژی و پروتئین در جیره دام‌های پرواری کاربرد داشته و می‌تواند هزینه‌های تغذیه را کاهش داده و عملکرد تولیدی دام‌ها را بهبود بخشد (Mirzaei et al., 2016).

El-Rahman et al. (1989) گزارش نمودند که فرآوری آمونیاکی کاه لوبیا و کاه سویا، میزان پروتئین خام آنها را

به ترتیب ۶۲/۷ و ۲۱/۹ درصد افزایش داد. مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که فرآوری آنزیمی کاه نخود، علاوه بر افزایش تولید گاز و هضم ماده آلی، باعث افزایش انرژی قابل سوخت و ساز و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در شکمبه می‌شود. این ترکیب فرآوری شده، بیشترین بهبود ارزش غذایی را نسبت به کاه خام دارد (Abbasi navand et al., 2024).

(Abd El-Galil & Ebtehaq (2011) با بررسی تأثیر فرآوری باکتریایی بر ارزش غذایی کاه لوبیا و عملکرد پروار بزه‌های بلدی گزارش کردند که در کاه لوبیای فرآوری شده، گوارش‌پذیری ماده آلی، پروتئین خام، الیاف خام، عصاره اتری، عصاره عاری از نیتروژن، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و سلولز، بیشتر از کاه لوبیای فرآوری نشده و کاه برنج بود و کاه لوبیای فرآوری شده دارای بالاترین درصد پروتئین خام و کمترین مقدار الیاف خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، لیگنین و سلولز بود. نشان داده شده است که کاه سویای فرآوری شده با دو درصد کود اوره در جیره گاوهای شیرده بدون هیچ‌گونه تأثیر منفی بر عملکرد گاو‌ها استفاده شده است (Shelke et al., 2014). این پژوهش با هدف بررسی اثر تغذیه سیلاژ کاه لوبیای فرآوری شده با کود اوره بر شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل غذایی و بهره‌وری اقتصادی در پرواربندی بره‌های پرواری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پروژه در دو مرحله اجرا شد. در مرحله نخست، بعد از برداشت محصول لوبیا چیتی از مزارع کشاورزی واقع در شهرستان اراک، کاه لوبیای مورد نیاز تهیه شده و در هوای آزاد خشک شد. فرآوری کاه لوبیا با کود اوره، به روش سیلو کردن در زیر پلاستیک روی زمین انجام شد. برای این منظور، به ازای هر صد کیلوگرم کاه لوبیا، ۵۰ کیلوگرم آب (۵۰ درصد)، ۳ کیلوگرم کود شیمیایی اوره (۳ درصد)، یک کیلوگرم کرینات کلسیم (یک درصد) و ۱۰۰ گرم گوگرد (یک گرم به ازای هر کیلوگرم کاه) در نظر گرفته شد و محلول متشکل از ترکیبات ذکر شده، به صورت یکنواخت روی کاه لوبیا اسپری شده و به خوبی مخلوط شد. بعد از فشرده‌سازی پشته، اقدام به پوشاندن روی آن با پلاستیک شد. مدت زمان لازم جهت آماده شدن سیلو، یک ماه در نظر گرفته شد. پس از اتمام زمان لازم برای فرآوری،

نمونه‌گیری از سیلاژ انجام شد و نمونه فرآوری شده به همراه نمونه کاه لوبیای اولیه مورد تجزیه شیمیایی شامل اندازه‌گیری پروتئین خام، الیاف خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی قرار گرفته و گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی با استفاده از روش هضم دو مرحله‌ای و انرژی قابل سوخت و ساز نمونه‌ها با روش آزمون تولید گاز (Menke & Steingass, 1988) تعیین شد. مقدار پروتئین خام نمونه‌ها مطابق با توصیه‌های انجمن رسمی شیمی‌دانان کشاورزی (AOAC) تعیین شد و میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نمونه‌ها با استفاده از روش Van Soest et al. (1991) در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور تعیین شد.

در مرحله دوم، تعداد ۴۵ رأس بره ۴-۵ ماهه با میانگین وزن اولیه برابر با $22/14 \pm 1/80$ کیلوگرم به‌طور تصادفی به سه گروه آزمایشی (هر گروه شامل ۱۵ رأس) با میانگین وزنی تقریباً یکسان تقسیم شدند و برای هر گروه آزمایشی، سه تکرار پنج رأسی در نظر گرفته شد که به‌طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱- جیره شاهد، ۲- جیره دارای ۱۵ درصد کاه لوبیای فرآوری نشده و ۳- جیره دارای ۲۰ درصد کاه لوبیای فرآوری شده با اوره بودند. جیره‌های غذایی سه گروه، با انرژی و پروتئین یکسان و با توجه به میانگین سنی و وزنی بره‌ها بر اساس جدول استاندارد غذایی نشخوارکنندگان کوچک (NRC, 2007) تنظیم شده و به‌شکل خوراک کاملاً مخلوط و در حد اشتها در اختیار بره‌ها قرار گرفت. مقدار خوراک مصرفی به‌گونه‌ای تنظیم شد که در پایان ۲۴ ساعت، آخور بره‌ها حدود ۳ درصد باقیمانده خوراک داشته باشد. اجزاء و ترکیب جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. بره‌ها در تمام مدت شبانه‌روز به آب تازه و سنگ نمک دسترسی داشتند. طول دوره آزمایشی معادل ۱۰۰ روز، شامل ۱۰ روز دوره عادت‌پذیری و ۹۰ روز دوره آزمایش بود. برای اندازه‌گیری مقدار خوراک مصرفی بره‌ها، مقدار خوراک داده شده و باقی‌مانده آن در آخور بره‌ها به‌طور روزانه ثبت شد. جهت تعیین تغییرات وزن بدن بره‌ها طی مدت آزمایش، بره‌ها در شروع آزمایش و سپس، ماهیانه یک‌بار با رعایت ۱۴ تا ۱۶ ساعت گرسنگی و قبل از تغذیه وعده صبح، وزن-کشی شدند.

آزمون تولید گاز و تعیین فراسنجه‌های تخمینی: برای اندازه‌گیری میزان تولید گاز، از روش ارائه شده Menke et al. (1979) استفاده شد. در این روش، ۲۰۰ میلی گرم از نمونه خشک آسیاب شده در سرنگ‌های مخصوص قرار داده شد و هر نمونه در سه تکرار آزمایش شد. محلول شکمبه صاف شده با بزاق مصنوعی به نسبت یک به دو، ترکیب شده و ۳۰ میلی‌لیتر از این مخلوط به هر سرنگ حاوی نمونه افزوده شد. سپس سرنگ‌ها در دستگاه انکوباتور در دمای 39 ± 1 درجه سلسیوس قرار گرفتند. به‌منظور تصحیح میزان تولید گاز، برای هر سه تکرار، یک سرنگ شاهد که فقط شامل ۳۰ میلی‌لیتر از محلول ترکیب شده مایع شکمبه و بزاق مصنوعی بود، در نظر گرفته شد. میزان گاز تولید شده در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از شروع انکوباسیون در دستگاه ثبت شد. به‌علاوه، گوارش‌پذیری ماده آلی یا OMD و انرژی قابل سوخت و ساز (ME) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند (Menke & Steingass, 1988):

$$= 0/9991 (GP) + 0/0595 (CP) + 0/0181 (TA) + 9 \\ OMD(\%) \\ + 0/0084 (CP) + 0/022 (EE) - 0/0081 (TA) + 1/06 \\ ME (MJ/Kg DM) = 0/157 (GP)$$

در این معادلات، GP، تولید گاز (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی گرم نمونه) پس از ۲۴ ساعت، CP، مقدار پروتئین خام (درصد ماده خشک)، EE، میزان عصاره اتری و TA مقدار خاکستر کل (درصد ماده خشک) است.

داده‌ها با استفاده از رویه مدل مختلط (Proc Mixed) در نرم‌افزار آماری SAS (9.2, 2003) و با در نظر گرفتن تیمار به‌عنوان اثر ثابت و وزن اولیه دام‌ها به‌عنوان متغیر کمکی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. تجزیه داده‌های مربوط به مصرف خوراک و افزایش وزن دام‌ها به‌صورت اندازه‌گیری‌های تکرار شده در زمان و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

اثر فرآوری کاه لوبیا با کود اوره بر ترکیب شیمیایی و گوارش-پذیری آن، در جدول ۲ ارائه شده است. پروتئین خام کاه لوبیا در نتیجه فرآوری با اوره، ۵۱/۲۵ درصد افزایش یافت، به‌طوری که میزان پروتئین خام از میزان ۸ درصد در کاه لوبیای اولیه به ۱۲/۱ درصد در کاه لوبیای آمونیاکی افزایش یافت.

جدول ۱- ترکیبات غذایی و تجزیه ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی بره‌های پرواری (بر اساس ۱۰۰ درصد ماده خشک)
Table 1. Feed ingredients and chemical composition of experimental diets for fattening lambs (based on 100% dry matter)

Feed ingredients	Experimental diets		
	Control	Diet containing untreated bean straw	Diet containing treated bean straw
Alfalfa hay	26	15	10
Wheat straw	4	-	-
Bean straw	-	15	-
Urea-treated bean straw	-	-	20
Corn grain	40	23.63	30
Barley grain	21.04	36.44	24.94
Wheat bran	-	-	6.81
Soybean meal	7.46	8.42	6.75
Calcium carbonate	0.5	0.5	0.5
Mineral and vitamin mix ¹	1	1	1
Chemical composition, % of DM			
NE _m (Mcal/kg DM)	1.76	1.61	1.53
NE _g (Mcal/kg DM)	1.14	1.07	1.02
ME (Mcal/kg DM)	2.6	2.6	2.6
DM (%)	89.9	89.69	87.85
Organic matter	95.08	94.93	94.82
Crude protein (%)	12.5	12.5	12.5
Calcium (%)	0.57	0.49	0.46
Phosphorus (%)	0.29	0.29	0.346
Neutral detergent fiber (%)	18.74	21.47	22.01
Acid detergent fiber (%)	12.72	13.2	13.26
Ash (%)	4.92	5.07	5.18

¹ Mineral and vitamin mix consisted of 600,000 IU/kg of vitamin A, 200,000 IU/kg of vitamin D, 200 mg/kg of vitamin E, 2500 mg/kg antioxidant, 195 g/kg of Ca, 80 g/kg of P, 21000 mg/kg Mg, 2200 mg/kg of Mn, 3000 mg/kg of Fe, 300 mg/kg of Zn, 300 mg/kg of Cu, 100 mg/kg of Co, 120 mg/kg of I, and 1/1 mg/kg of Se.

می‌دهد، بلکه گوارش‌پذیری و کارایی مصرف مواد مغذی را نیز بهبود می‌بخشد (Walli et al., 1995).

Talebian Masoudi et al. (2024) نیز افزایش مقدار پروتئین خام کاه گندم از ۴/۷۸ درصد به حداقل ۸/۹۵ و حداکثر ۱۳/۰۳ درصد در کاه آمونیاکی را که به سطوح مختلف گاز و رطوبت فرآوری شده بود، گزارش دادند. در تحقیق Rodriguez-Garza et al. (1985) نیز با فرآوری کاه لوبیای سیاه با هیدروکسید آمونیم و اوره، میزان پروتئین خام به‌ترتیب از ۳/۹۵ (بدون فرآوری) به ۱۰/۶۹ و ۱۱/۱۸ درصد در نتیجه فرآوری با هیدروکسید آمونیم و اوره افزایش یافت. همچنین، همی سلولز تحت تأثیر آمونیاک و اوره به-ترتیب به‌میزان ۵۵/۹ و ۳۷/۹ درصد کاهش پیدا کرد.

در پژوهش حاضر، آمونیاکی کردن کاه لوبیا باعث افزایش ۳/۵ درصدی خاکستر کاه لوبیا شد، به‌طوری که میزان خاکستر خام کاه لوبیا قبل از فرآوری، ۱۰ درصد و بعد از فرآوری به ۱۳/۵ درصد رسید (جدول ۲).

بررسی منابع علمی نشان می‌دهد که افزایش خاکستر خام کاه لوبیا پس از تیمار با کود اوره عمدتاً ناشی از تغییرات

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فرآوری بقایای گیاهی از جمله کاه لوبیا، سویا، گندم و سایر باقی‌مانده‌های کشاورزی با اوره یا آمونیاک، به طور معنی‌داری پروتئین خام را افزایش داد؛ به طوری که پروتئین خام کاه فرآوری‌شده می‌تواند دو تا سه برابر کاه غیرفرآوری شده بود (El-Shinnawy et al., 2001; Walli et al., 1995).

افزایش پروتئین خام، یکی از شناخته‌شده‌ترین نتایج و از اهداف فرآیند آمونیاکی کردن ضایعات کشاورزی است، اگرچه مقدار افزایش بسته به عوامل متعددی نظیر منبع و سطح آمونیاک مورد استفاده، رطوبت، دما و نوع پسماند متغیر است (Schneider & Flachowsky, 1990). اوره و آمونیاک هر دو از منابع غیرپروتئینی نیتروژن (NPN) هستند. هنگام افزودن اوره یا آمونیاک به کاه، بخشی از نیتروژن وارد ساختار کاه شده و به‌صورت فرم غیرپروتئینی در آن باقی می‌ماند. افزایش نیتروژن غیرپروتئینی در کاه فرآوری‌شده باعث فراهم‌سازی نیتروژن لازم برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و ساخت پروتئین میکروبی می‌شود. این موضوع نه تنها ارزش غذایی کاه لوبیا را افزایش

شیمیایی و ترکیب مواد معدنی در نتیجه افزودن اوره به بقایای گیاهی است. همچنین، اوره موجب افزایش pH و تجزیه دیواره‌های سلولی کاه شده و تخریب ساختار سلولزی و لیگنین موجب آزاد شدن مواد معدنی محبوس در ساختار می‌شود و در نتیجه، میزان خاکستر بالا می‌رود (Cui et al., 2016).

در پژوهش حاضر، آمونیاکی کردن کاه لوبیا سبب کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی، همی سلولز و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شد (جدول ۲). کاهش مقدار NDF و همی سلولز به واسطه آمونیاکی کردن کاه با گاز آمونیاک در پژوهش‌های قبلی گزارش شده است (Saenger et al., 1983; Talebian Masoudi et al. 2022). (Atta Elmnan et al. 2007) گزارش کردند که فرآوری محصولات جانبی کشاورزی با اوره، باعث آزاد شدن آمونیاک شده که با مواد لیگنوسلولزی واکنش داده و ارزش تغذیه‌ای آنها را بهبود می‌بخشد. کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، می‌تواند ناشی از اثر قلیایی اوره بر شکست پیوندهای لیگنین و همی سلولز، و در نتیجه کاهش میزان همی سلولز در دیواره سلولی گیاه باشد که باعث افزایش قابلیت هضم و کاهش محتوی الیاف نامحلول می‌شود (Van Soest et al., 1984; Ghorbani et al., 2021). بیان شده که همی سلولز، بیشترین تأثیر را در آمونیاکی شدن می‌پذیرد و بخشی از آن، محلول می‌شود که به علت افزایش گروه‌های کربوکسیل آزاد به دنبال شکافتن پیوندهای استری اسیدهای اورونیک در همی سلولز است (Schneider & Flachowsky, 1990).

آمونیاکی کردن، به ترتیب باعث افزایش ۳/۸۵ و ۵/۴۰ درصدی گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه لوبیای آمونیاکی نسبت به نمونه کاه لوبیای اولیه شد، به طوری که گوارش پذیری ماده خشک کاه لوبیای شاهد و کاه لوبیای فرآوری شده به ترتیب ۸۸/۴ و ۹۱/۸ درصد و گوارش پذیری ماده آلی آن‌ها به ترتیب ۸۷/۱ و ۹۱/۸ درصد بود (جدول ۲). در تحقیق Rodriguez-Garza et al. (1985) نیز فرآوری کاه لوبیای سیاه با هیدروکسید آمونیم به ترتیب باعث افزایش ۲/۳ و ۵/۵ درصدی تجزیه پذیری ماده خشک و ماده آلی، و فرآوری آن با اوره باعث افزایش ۹/۷ و ۱۲/۸ درصدی تجزیه پذیری ماده خشک و ماده آلی شد.

در پژوهش Hanan (2019)، فرآوری کاه لوبیا با قارچ تریکودرما و یا کود اوره (در سطح ۲، ۳ و ۴ درصد) سبب

افزایش میزان پروتئین خام کاه لوبیا و کاهش مقادیر ماده خشک، ماده آلی، الیاف خام، عصاره عاری از نیتروژن، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، سلولز، همی سلولز و لیگنین، و افزایش گوارش پذیری الیاف خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی، لیگنین، سلولز و همی سلولز نسبت به کاه لوبیای تیمار نشده، شد. در پژوهش انجام شده به وسیله Talebian Masoudi et al. (2021) نیز افزایش گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی کاه به ترتیب از ۴۷/۵ و ۴۴/۰۴ درصد به حداقل ۵۱/۶۳ و ۵۴/۵۵ و حداکثر ۶۸/۷۸ و ۶۸/۹۷ درصد در کاه آمونیاکی بسته به سطح گاز و رطوبت مورد استفاده گزارش شده است. نتایج پژوهش‌های دیگر نشان داده است که با توجه به محلول شدن بخشی از همی سلولز در پی آمونیاکی کردن کاه، سوپسترای بیشتری در دسترس باکتری‌های شکمبه قرار گرفت و گوارش پذیری محصول آمونیاکی افزایش یافت (Schneider & Flachowsky, 1990).

آثار آمونیاکی کردن با اوره بر تولید گاز و خصوصیات تخمیر شکمبه‌ای کاه لوبیا: جدول ۳، گوارش پذیری ماده آلی، انرژی قابل سوخت و ساز و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تخمین زده شده کاه لوبیا را قبل و بعد از فرآوری نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که آمونیاکی کردن باعث افزایش تولید گاز و افزایش میزان گوارش پذیری ماده آلی کاه لوبیا (حدود ۱۱ درصد) نسبت به کاه لوبیای اولیه شد و متعاقب آن، میزان انرژی قابل سوخت و ساز از ۷/۲۹ به ۹/۱ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک در کاه لوبیای آمونیاکی افزایش پیدا کرد. تولید گاز دارای همبستگی منفی با میزان اجزای دیواره سلولی است. بیشتر بودن NDF و کمتر بودن کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی در کاه عمل‌آوری نشده باعث کاهش تولید گاز می‌شود (De Boever et al., 2005).

همسو با نتایج پژوهش حاضر، Hanan (2019) نیز گزارش کرد که فرآوری کاه لوبیا با محلول ۲، ۳ و ۴ درصدی کود اوره و نیز فرآوری قارچی کاه لوبیا، مجموع مواد مغذی قابل هضم (TDN) تیمارهای فرآوری شده نسبت به کاه لوبیای فرآوری نشده را افزایش داد. افزایش گاز تولیدی، نشان‌دهنده بیشتر بودن انرژی قابل سوخت و ساز، نیتروژن قابل تخمیر و دیگر مواد مغذی مورد نیاز فعالیت میکروارگانیسم

جدول ۲- ترکیب شیمیایی و گوارش پذیری کاه لوبیا و کاه لوبیای آمونیاکی

Table 2. Chemical composition and digestibility of bean straw and ammoniated bean straw

Experimental group	Chemical composition, % of DM						Digestibility (%)	
	Organic matter	Ash	Crude protein	NDF	ADF	Hemicellulose	Dry matter	Organic matter
Bean straw	90.0	10.0	8.0 ^b	51.3 ^a	36.2 ^a	15.1	88.4	87.1
Ammoniated bean straw	86.5	13.5	12.1 ^a	47.2 ^b	32.4 ^b	14.8	91.8	91.8
SEM	0.62	0.30	0.12	0.38	0.31	0.18	0.27	0.28
P-value	0.06	0.06	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01

^{a-b} Different superscript letters within the same column indicated significant differences at $P < 0.05$.

خوش‌خوراکی و میزان مصرف آن‌ها را نیز بهبود بخشد (Shrinivasa & Maski, 2017).

همسو با نتایج پژوهش حاضر، استفاده از کاه لوبیای فرآوری شده با محلول کود اوره (۲، ۳ و ۴ درصد) یا فرآوری قارچی در قوچ‌های بالغ اوسیمی، باعث افزایش ماده خشک مصرفی روزانه قوچ‌های تغذیه شده با کاه لوبیای فرآوری شده با ۴ درصد اوره و فرآوری قارچی نسبت به گروه شاهد شد (Hanan, 2019)، به‌طوری که فرآوری آمونیاکی و قارچی کاه لوبیا، آثار مفیدی بر بهبود ارزش غذایی و استفاده از نیتروژن به‌وسیله گوسفند داشت. در پژوهشی دیگر، استفاده از کاه آمونیاکی به‌جای کاه معمولی در جیره گوساله‌های پرواری، باعث افزایش میانگین مصرف ماده خشک روزانه از ۹/۵۳ کیلوگرم در روز به ۹/۹۶ کیلوگرم شد (Talebian Masoudi & Mirshamsollahi, 2021). (Masoudi & Mirshamsollahi, 2021) al. (1988) نیز با بررسی اثر استفاده از کاه حبوبات (شامل ماش، لوبیا چشم بلبلی، نخود، بادام‌زمینی و لوسرن) بر میزان مصرف و گوارش‌پذیری جیره‌های بر پایه کاه برنج نشان دادند که مصرف کاه در گوسفندانی که با کاه ماش و یونجه تغذیه شده بودند به‌طور قابل توجهی بیشتر بود.

در پژوهش حاضر افزایش وزن روزانه بره‌های گروه کاه لوبیای فرآوری شده با اوره به‌طور معنی‌داری بیشتر از بره‌های دو گروه دیگر بود ($P < 0.05$). ضریب تبدیل غذایی نیز در کل دوره پروار به شکل معنی‌داری در گروه کاه لوبیای فرآوری شده بهبود نشان داد ($P < 0.05$) (جدول ۴).

فرآوری خوراک با آمونیاک موجب افزایش ارزش غذایی، افزایش گوارش‌پذیری الیاف، بهبود قابلیت دسترسی پروتئین‌ها و انرژی قابل سوخت و ساز خوراک می‌شود (Van Soest, 1994; Talebian Masoudi et al., 2022). بنابراین، حتی با مصرف خوراک مشابه، بره‌ها، مواد مغذی بیشتری جذب کرده و این امر موجب افزایش رشد سریع‌تر و وزن بیشتر آن‌ها می‌شود (Van Soest, 1994).

شکمبه است (Datt & Singh, 1995). آمونیاکی کردن فرآورده‌های فرعی کشاورزی باعث افزایش مقدار نیتروژن می‌شود و با توجه به اینکه یکی از عوامل محدودکننده رشد میکروب‌های شکمبه، به‌ویژه باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز، کمبود نیتروژن آمونیاکی است، از این راه نیز باعث بهبود گوارش‌پذیری محصول آمونیاکی می‌شود (Fahmy & Sundstøl, 1984). جایگزینی سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد از بقایای لوبیا به‌جای کاه گندم و سیلوی ذرت نشان داد که جایگزینی ۷۵ و ۱۰۰ درصدی بقایای لوبیا با کاه گندم و تمام سطوح جایگزینی آن با سیلاژ ذرت منجر به افزایش معنی‌دار تولید گاز شد (Eeynipour et al., 2018). آثار تغذیه کاه لوبیای فرآوری شده بر عملکرد بره‌های پرواری: جدول ۴، اثر استفاده از جیره‌های آزمایشی را بر عملکرد بره‌های پرواری نشان می‌دهد. مصرف ماده خشک روزانه بره‌ها در کل دوره پروار، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند، به‌نحوی که مصرف کاه لوبیا نسبت به جیره شاهد که دارای کاه گندم بود، مصرف خوراک روزانه بره‌ها را افزایش داد و نیز آمونیاکی کردن کاه لوبیا نسبت به کاه لوبیای غیرفرآوری شده، باعث افزایش مصرف خوراک بره‌ها شد ($P = 0.03$).

با توجه به اینکه آمونیاکی کردن می‌تواند هر دو محدودیت استفاده از فرآورده‌های فرعی کشاورزی شامل کم بودن قابلیت هضم و مقدار پروتئین در آن‌ها را مرتفع نماید، لذا باعث افزایش گوارش‌پذیری این فرآورده‌ها از راه تخریب ساختمان لیگنوسلولز و امکان دسترسی بیشتر میکروب‌های شکمبه به سلولز و همی‌سلولز شده و همچنین، موجب افزایش پروتئین خام این فرآورده‌ها به‌علت باقی ماندن نیتروژن آمونیاک در آنها می‌شود. آمونیاکی کردن ضایعات کشاورزی، علاوه بر افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک و افزایش محتویات پروتئین خام در این ضایعات، می‌تواند

جدول ۳- میزان تولید گاز و تخمین انرژی قابل سوخت و ساز در کاه لوبیا و کاه لوبیای آمونیاکی شده

Table 3. Gas production and estimation of metabolizable energy in bean straw and ammoniated bean straw

Experimental group	Gas production parameters						
	Gas production in 24 h (mL/g DM)	Gas production in 96 h (mL/g DM)	Gas production potential (b) (mL)	Gas production rate constant (c) (mL/h)	Organic matter digestibility (%)	Metabolizable energy (MJ/kg DM)	SCFA* (mmol)
Bean straw	39.60 ^b	51.23 ^b	61.95	0.068 ^b	49.11 ^b	7.29 ^b	0.87 ^b
Ammoniated bean straw	51.10 ^a	61.20 ^a	64.50	0.89 ^a	60.79 ^a	9.10 ^a	1.13 ^a
SEM	1.20	1.46	1.75	0.001	1.20	0.188	0.026
P-value	0.01	0.01	0.21	0.01	0.01	0.01	0.01

^{a-b} Different superscript letters within the same column indicated significant differences at $P < 0.05$.

* Short-chain fatty acids

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی بر عملکرد و صفات پرواری بره‌ها

Table 4. Effect of experimental rations on performance and fattening traits of lambs

Item	Experimental groups				P-value
	Control	Bean straw ration	Ammoniated bean straw ration	SEM	
Dry matter intake (kg)	1.477 ^b	1.493 ^{ab}	1.52 ^a	0.011	0.03
Initial weight (kg)	23.14 ^a	22.55 ^{ab}	21.18 ^c	0.34	0.05
daily weight gain (kg)	190.33 ^c	201.33 ^b	223.76 ^a	0.002	0.01
Average final weight (kg)	40.31	40.93	41.32	0.36	0.55
FCR	7.58 ^b	7.31 ^a	6.79 ^a	0.08	0.01

^{a-b} Different superscript letters within the same row indicated significant differences at $P < 0.05$. SEM: Standard error of the means; FCR: Feed conversion ratio

خود، بهبود ضریب تبدیل غذایی در دام‌های مصرف‌کننده کاه آمونیاکی را ناشی از بهبود گوارش‌پذیری آن و افزایش مصرف مواد مغذی قابل هضم در جیره حاوی آن بیان کردند. در پژوهشی دیگر، جایگزینی کاه آمونیاکی با کاه معمولی در جیره گوساله‌های هلشتاین، ضریب تبدیل غذایی را به شکل معنی‌داری بهبود بخشید (Talebian et al., 2021).

نتیجه‌گیری کلی

آمونیاکی کردن فرآورده‌های فرعی لوبیا با کود اوره، روشی ساده و مؤثر برای فرآوری و افزایش ارزش غذایی این پسماندها بوده و با انجام این روش فرآوری، می‌توان میزان پروتئین‌خام و گوارش‌پذیری این پسماندها را به میزان مطلوبی بهبود بخشید. با عمل‌آوری و افزایش ارزش غذایی فرآورده‌های فرعی کشاورزی از قبیل کاه غلات، فرآورده‌های فرعی نیشکر، کاه حبوبات و غیره که دارای میزان پروتئین خام و گوارش‌پذیری پایینی هستند، می‌توان میزان بیشتری از آن‌ها را جایگزین اقلامی چون یونجه، سیلوی ذرت و انواع کنجاله‌ها در جیره غذایی دام‌ها نمود و به دنبال آن، با کاهش

نتایج تحقیقات (Shelke et al., 2014) نشان داد که کاه سویای فرآوری شده با ۲ درصد کود اوره می‌تواند در جیره گاوهای شیرده بدون هیچ‌گونه تأثیر منفی بر عملکرد گاوها استفاده شده و باعث افزایش خوش‌خوراکی جیره به دلیل تغییر بافت درشت به بافت نرم و قابل انعطاف شود. در تحقیق مذکور، مصرف این کاه تا ۴۲ درصد و ماده خشک مصرفی تا ۱۵ درصد در گاوها افزایش پیدا کرد.

ضریب تبدیل غذایی بهتر در گروه کاه لوبیای آمونیاکی نشان‌دهنده افزایش کارایی استفاده از خوراک است. به عبارت دیگر، بره‌ها با همان مقدار خوراک مصرفی، بازده بهتری در افزایش وزن نشان می‌دهند که بهبود فرآورده‌های متابولیکی و میکروبی شکمبه به دنبال فرآوری آمونیاکی از عوامل اصلی آن است (McDonald et al., 2011). آمونیاکی کردن کاه باعث افزایش هضم‌پذیری الیاف، افزایش جذب مواد مغذی و در نتیجه، بهبود کارایی غذایی و افزایش وزن حیوانات می‌شود. این فرآوری منجر به بهبود میکروبی شکمبه و افزایش ساخت پروتئین میکروبی شده و افزایش بهره‌وری خوراک را به همراه دارد (Talebian Masoudi et al., 2024). Qingxiang & Yiqiang (1993) در پژوهش

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی و مدیریت امور دام سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی به‌خاطر فراهم کردن امکانات آزمایشگاهی و میدانی برای این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

هزینه تمام شده جیره‌ها، هزینه تولید گوشت کاهش یافته و سود بیشتری عاید دامدار خواهد شد. این روش‌ها با توجه به خشکسالی‌های چند سال اخیر در کشور و مشکلات مربوط به تهیه مواد خوراکی برای تغذیه دام‌ها، بهترین و اقتصادی‌ترین روش استفاده از ضایعات و فرآورده‌های فرعی کشاورزی موجود و افزایش ارزش غذایی آنها هستند، به‌طوری که بدون نیاز به افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و علوفه‌ای، می‌توان بخشی از نیاز غذایی دام‌ها را با استفاده بهینه از منابع موجود تأمین نمود.

فهرست منابع

- Abbasinavand, Z., Seifdavati, J., Alipour Einaldin, M., Abdi-Benemar, H., Mirzaei Aghjeh Gheshlagh, F., & Seyedsharifi, R., (2024). Effect of chickpea straw silage processing with urea, molasses and cellulase enzyme on chemical composition, gas production, ruminal and intestinal digestibility. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(3), 347-365. doi: 10.22067/ijasr.2024.85302.1182 [In Persian]
- Abd El-Galil, R., & Ebtehag, I. M. (2011). Role of bacterial treatments for upgrading nutritive value of bean straw and native goats performance. *Journal of American Science*, 7(5), 502-510.
- Agricultural Statistics. (2023). Agricultural Statistics (Crop Year 2021-2022) Volume One: Crop Products. Ministry of Jihad-e Keshavarzi, Deputy for Planning and Economic Affairs, Information and Communication Technology Center, Iran. [In Persian]
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Vol. I. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Atta Elman, B. A., Fadel Elseed, A. M. A., & Salih, A. M. (2007). Effect of ammonia and urea treatments on the chemical composition and rumen degradability of bagasse. *Journal of Applied Science Research*, 3(11), 1359-1362.
- Cui, J. H., Yang, H. J., Yu, C. Q., Bai, S., Song, S. S., Wu, T. T., Sun, W., Shao, X. M., & Jiang, L. S. (2016). Effect of urea fertilization on biomass yield, chemical composition, in vitro rumen digestibility and fermentation characteristics of straw of highland barley planted in Tibet. *Journal of Agricultural Science*, 154(1), 151-164. doi: 10.1017/S0021859615000805
- Datt, C., & Singh, G. (1995). Effect of protein supplementation on in vitro digestibility and gas production of wheat straw. *Indian Journal of Dairy Science*, 48, 357-361. doi: 10.2527/jas1983.56115x
- De Boever, J. L., Aerts, J. M., Vanacker, J. M., & De Brabander, D. L. (2005). Evaluation of the nutritive value of maize silages using a gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*, 123, 255-265. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.12.005
- Eeynipoor, P., Chaji, M., & Sari, M. (2018). Determining the appropriate level for replacement of bean residues with wheat straw or corn silage in finishing diet. *Animal Production Research*, 7(1), 23-30. doi: 10.22124/ar.2018.9286.1272 [In Persian]
- El-Raman, G. A. A., Sherif, S. Y., Sarhan, M. A., & Aboul-Ela, S. S. (1989). Evaluation of poor quality roughages treated with ammonia for feeding sheep. Proceeding of the third Egyptian British Conference on Animals, Fish, and Poultry production. Pp. 259-269.
- El-Shinnawy, M., El-Ayek, M., El-Ayouty, S., & Maklad, E. H. (2001). Influence of urea treatment and supplementation of protein and energy sources on cell wall structure and its digestibility of rice or soybean straw based diets. *Journal of Animal and Poultry Production*, 26(11), 6797-6812.
- Fahmy, S. T. M., & Sundstøl, F. (1984). The effect of urea and protein supplementation on the in vitro digestibility of untreated or alkali-treated barley straw. *Zeitschrift fuer Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, 52(2-3), 118-124.
- Ghorbani, K., Azami Kordestani, T., & Yarahmadi, B. (2005). Nutritional evaluation of various legumes cultivated in Lorestan province. National Legumes Conference, Mashhad, Iran. [In Persian]
- Ghorbani, M., Kianmehr, M. H., Arabhosseini, A., Sarlaki, E., Aghashahi, A., & Asadi Alamouti, A. (2021). Improving the nutritive value of wheat straw by applying the combined chemical-oxidation treatment in vitro for the use in ruminant nutrition. *Animal Production Research*, 10(4), 19-34. doi: 10.22124/ar.2022.18644.1588. [In Persian]

- Hanan, A. M. (2019). Biological and biochemical treatments to improve the nutritive values of bean straw (BS): 2- In vitro studies to evaluate the nutritive values of untreated and treated (BS). *Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences*, 14(1), 1. doi: 10.21608/ejsgs.2019.32570
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*, 7th edition. Pearson.
- McMeniman, N. P., Elliot, R., & Ash, A. J. (1988). Supplementation of rice straw with crop by-products. I. Legume straw supplementation. *Animal Feed Science and Technology*, 19(1-2), 43-53. doi: 10.1016/0377-8401(88)90053-3
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222. doi: 10.1017/S0021859600086305
- Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55. doi: 10.1017/S0003356100003834
- Mirzaei, Sh., Borji, M., Fazaili, H., Azizi, R., & Masoudi, A. (2016). Determination of the chemical composition of bean straw and its comparison with wheat straw. 6th National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran, Iran. [In Persian]
- Mirzaei, Sh., Fazaili, H., Borji, M., & Azizi, R. (2008). Determination of the nutritional value of bean straw in ruminant feeding. Final report of the research project. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Markazi Province. Publications of the National Animal Science Research Institute, Iran. [In Persian]
- NRC (National Research Council). (2007). *Nutritional requirements of small ruminants*. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Qingxiang, M., & Yiqiang, X. (1993). Effects of wheat straw ammoniation and concentrate supplementation on lamb performance. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 1.
- Rodriguez-Garza, F., Zorrilla- Rios, J.M., Munoz- Navro, C., & Arellano- Martinez, L. (1985). Effects of treatment with ammonium hydroxide and urea, moisture and treatment time on composition of bean straw. *Tecnica Pecuaria en Mexico*, 49, 42-49.
- Saenger, P. F., Lemenager, R. P., & Hendrix, K. S. (1983). Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon in vitro digestion, performance and intake by beef cattle. *Journal of Animal Science*, 56(1), 15-20. doi: 10.2527/jas1983.56115x
- Schneider, M., & Flachowsky, G. (1990). Studies on ammonia treatment of wheat straw: Effects of level of ammonia, moisture content, treatment time and temperature on straw composition and degradation in the rumen of sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 29(3-4), 251-264. doi: 10.1016/0377-8401(90)90031-3
- Shelke, R. R., Chavan, S. D., & Kahate, P. A. (2014). Effect of untreated and urea treated soybean straw on feeding value in lactating cows. *The Asian Journal of Animal Science*, 9(2), 212-214. doi: 10.15740/HAS/TAJAS/9.2/212-214
- Shrinivasa, D. J., & Maski, D. (2017). Opportunities and Challenges for Straw Fortification for Livestock Feed: Scope for Mechanization. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 6(9), 1661-1670. doi: 10.20546/ijcmas.2017.609.204
- Talebian Masoudi, A., & Mirshamsolahi, A. (2021). Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw on fattening calves performance in Markazi province, Iran. Final report of the research-extension project. Publications of the National Animal Science Research Institute, Iran. [In Persian]
- Talebian Masoudi A., & Mirshamsollahi A. (2022). Evaluation of the nutritional value of ammoniated wheat straw by anhydrous ammonia in fattening calves feeding. *Research on Animal Production*, 13(37), 95-104. doi: 10.52547/rap.13.37.95. [In Persian]
- Talebian Masoudi, A., & Mirshamsolahi, A. (2024). Effect of wheat straw processed with ammonia on chemical composition, digestibility, gas production parameters, and performance of fattening calves. *Animal Production Research*, 13(1), 69-80. doi: 10.22124/AR.2024.26232.1807. [In Persian]
- Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A two stage technique for the indigestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*, 18, 104-111. doi: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd edition. Cornell University Press, USA.
- Van Soest, P. J., Mascarenhas Ferreira, A., & Hartley, R. D. (1984). Chemical properties of fiber in relation to nutritive quality of ammonia-treated forages. *Animal Feed Science and Technology*, 10, 155-164. doi: 10.1016/0377-8401(84)90005-6

- Van Soest, P. J., Robertson, G. B., & Lewis, B. A. (1991). Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Walli, T. K., Subba Rao, A., Singh, M. D. V. R., Pradhan, P. K., Singh, R. B., & Ibrahim, M. N. M. (1995). Urea treatment of straw. Wageningen UR. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/333853>