



The effects of replacement of forage source with date palm leaves based on undigested neutral detergent fiber on performance of feedlot lambs

Vahideh Akhondi¹ , Ebrahim Ghasemi² , Mohammad Khorvash³ , Masoud Alikhani⁴ , Meysam Gholami⁴ 

1. Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: Vahideh.akhondi@ag.iut.ac.ir
2. Corresponding author, Associate Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: ghasemi@iut.ac.ir
3. Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: khorvash@iut.ac.ir
4. Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: alikhani@iut.ac.ir
5. Department of Animal Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: gholamimeysam1998@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	The objective of this study was to assess the substitution of different levels of date palm leaves for conventional forages sources based on undigested forage neutral detergent fibers at 24 hours (24 uNDF) in feedlot lambs. Twenty-four male Afshari lambs (average age of 3 to 4 months and body weight 33±3 kg) were assigned to 3 experimental treatments: 1) Diet containing alfalfa hay and wheat straw with no date palm leaves, 2) 50% substitution of the forages with date palm leaves, and 3) 100% substitution of the forages with date palm leaves. The results showed that the NDF degradability at 24 and 288 h of ruminal incubation of date palm leaves was lower than that of wheat straw and alfalfa hay. Eating time, rumination time, and total chewing time were unaffected by the treatments. Feeding date palm leaves did not change DM digestibility, but fiber digestibility decreased linearly with increasing the level of date palm leaves. Moreover, rumen pH, ammonia nitrogen and blood metabolites were not affected by the treatments. The results showed that feed intake, average daily gain and final weight were similar among the treatments. However, feed conversion ratio tended to decrease with the increasing the level of date palm leaves in the diet. Overall, date palm leaves can be used as the only forage source in the diet of fattening lambs when conventional forage are deficient in dry area such as the south eastern regions of Iran.
Article history: Received: 26 May 2025 Received in revised form: 28 July 2025 Accepted: 6 August 2025 Published online: Winter 2025	
Keywords: <i>Date palm leaves, Fattening performance, uNDF, Forage to concentrate ration.</i>	

Cite this article: Akhondi, V., Ghasemi, E., Khorvash, M., Alikhani, M. & Gholami, M. (2025). The effects of replacement of forage source with date palm leaves based on undigested neutral detergent fiber on performance of feedlot lambs. *Iranian Journal of Animal Science*, 56 (4), 971-986. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.395762.654077>



Extended Abstract

Introduction and Objectives

The major cost of livestock rearing, especially feedlot lambs, is related to feed. In dry areas and in the years of low rainfall, the supply of livestock feeds, in particular forage resources, is not only scarce, but also the provision of forage from other areas is limited due to the high cost of transportation and processing of forage feeds. Therefore, it is essential to find local alternative sources such as agricultural residues that could improve the economic rearing of animals. One of the agricultural residues in the south and southeast of Iran including Sistan and Baluchistan, Bandar Abbas, Bushehr and Kerman provinces are date palm branch. Currently, about 200 thousand hectares of lands in 11 provinces of the country are under date tree cultivation and development. Every year, some old palm leaves (12-15 fronds) are pruned from the trees under normal growth conditions. The palm branch consists of a hard petiole and a large number of leaflets which have low nutritional value because of high lignin content and low digestibility. Therefore, the feeding of date palm leaves, especially high-yielding animals, decreases feed intake and performance. Locally, the farm evidence indicates that if date palms leaves are finely chopped, then the animal will consume it well. Therefore, the objective of this study was to assess the substitution of different levels of date palm leaves for conventional forages sources (straw and alfalfa) based on undigested forage neutral detergent fibers within 24 hours (24fuNDF) on performance, digestibility and feeding behavior of feedlot lambs.

Material and Methods

Twenty-four male Afshari lambs (body weight 33 ± 3 kg) were used in this study. Before the initiation of the experiment, all lambs were administered for enterotoxaemia vaccine and anthelmintic (ivermectin) and vitamin AD3E twice. After that, animals were assigned to 3 experimental treatments in a completely randomized design for a period of 60 days; The experimental treatments included different proportions of alfalfa hay and wheat straw to date palm leaves based on fuNDF₂₄ as follow: 1) Diet containing 25% alfalfa hay and wheat straw with no date palm leaves (0% date palm leaves), 2) 50% substitution of the forages with date palm leaves (50% date palm leaves), and 3) 100% substitution of the forages with date palm leaves (100% date palm leaves). The diets were balanced based on fuNDF₂₄ resulting in forage: concentrate ratio of 75: 25, 22.5: 77.5 and 19:81 for diets containing 0%, 50% and 100% date palm leaves, respectively. The level of energy, protein, neutral detergent fiber remained constant, but the amount of peNDF <8mm decreased and that of peNDF <1.18mm increased with increasing dietary date palm leaves. Alfalfa hay (theoretical length of cut 20 mm), wheat straw (theoretical length of cut 15 mm) and date palm leaves (theoretical length of cut 8 mm) were chopped using commercial forage grinder. The geometric mean particle size of date palm leaves was smaller than that of wheat straw and alfalfa hay (3.7 mm compared to 8.1 and 4.4 mm, respectively). Rumen degradability, feed intake, body weight, sorting index, chewing activity (eating and ruminating), blood metabolites, rumen pH and ammonia nitrogen were measured. The experimental data were analyzed using mixed procedure of SAS.

Results

The results showed that neutral detergent fiber digestibility at 24 and 288 h of ruminal incubation of date palm leaves (13.3%) was lower than that of wheat straw (25.1%) and alfalfa hay (33.4%). On the contrary, uNDF₂₄ and uNDF₂₈₈ (DM basis) of date palm leaves (86.7% and 68.1%, respectively) were lower compared to wheat straw (74.9% and 37.5%, respectively) or alfalfa hay (66.6% and 29.3% respectively). There was no difference across treatments for sorting index of long particles (19 and 8 mm). However, the sorting index was increased for short (1.18-8 mm) and fine (<1.18 mm) with increasing date palm leaves. Eating time (155 min/day) and rumination (269 min/day) and rates were unaffected by the treatments. Feeding date palm leaves did not change dry matter digestibility (59.4%), but decreased linearly fiber digestibility with the increase the level of date palm leaves (from 33.8% to 23.8%). Moreover, rumen pH (6.33), ammonia nitrogen (7.17 mg/100 ml) and blood metabolites were not affected by the treatments. Feed intake (2.16 kg/day), daily weight gain (293 g/day) and final weight (51.5 kg) were similar among the treatments. However, feed conversion ratio tended to decrease (7.93, 7.13 and 7.03 for diets substituted 0, 50 and 100% of forage with date palm leaves, respectively) and the economic efficiency was enhanced with the increasing the level of date palm leaves.

Conclusion

Overall, the use date palm leaves as forage source in high concentrate diet had no adverse effect on feed intake, performance, rumen fermentation or chewing activity and feeding behavior. Therefore, considering the reduced feed cost and the improvement of economic efficiency, it can be suggested to use high concentrate diets with date palm leaves without other forage for fattening lambs. This feeding strategy can potentially restore forage sources and sustain farming livelihoods under dry climate of the southern regions of the country.

Data Availability Statement

This article contains all the data that were created or evaluated during the research.

Acknowledgements

The authors would like to sincerely thank the members of the Faculty of Animal Sciences, Isfahan University of Technology Research Council for the approval and support of this research.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest



اثرات جایگزینی علوفه جیره با سرشاخه خرما بر اساس الیاف شوینده خنثی هضم نشده: پاسخ عملکرد بره‌های پرواری

وحیده آخوندی^۱ | ابراهیم قاسمی^۲ | محمد خوروش^۳ | مسعود علیخانی^۴ | میثم غلامی^۵

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. رایانامه: Vahideh.akhondi@ag.iut.ac.ir

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. رایانامه: ghasemi@iut.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. رایانامه: khorvash@iut.ac.ir

۴. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. رایانامه: alikhani@iut.ac.ir

۵. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. رایانامه: gholamimeysam1998@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله:</p> <p>مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۰۶</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵</p> <p>تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۴</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>الیاف شوینده خنثی هضم نشده، سرشاخه خرما، عملکرد پرواری، نسبت علوفه به کنسانتره.</p>	<p>هدف از این پژوهش، بررسی جایگزینی سطوح مختلف سرشاخه خرما بجای منابع علوفه‌ای معمول جیره بر اساس گوارش‌پذیری الیاف شوینده خنثی هضم‌نشده علوفه‌ای طی ۲۴ ساعت (uNDF₂₄) در بره‌های پرواری بود. تعداد ۲۴ رأس بره نر افشاری (با میانگین سن ۳ تا ۴ ماه و میانگین وزن بدن ۳۳±۳ کیلوگرم) به ۳ تیمار آزمایشی به صورت: (۱) جیره حاوی علوفه یونجه و کاه گندم بدون سرشاخه خرما (صفر درصد سرشاخه خرما)، (۲) جایگزینی ۵۰ درصد علوفه با سرشاخه خرما (۵۰ درصد سرشاخه خرما) و (۳) جایگزینی ۱۰۰ درصد علوفه جیره با سرشاخه خرما (۱۰۰ درصد سرشاخه خرما) اختصاص یافتند. نتایج نشان داد که میزان تجزیه‌پذیری NDF طی ۲۴ و یا ۲۸۸ ساعت آنکوباسیون شکمبه‌ای سرشاخه خرما نسبت به کاه گندم و یونجه خشک کمتر بود. رفتارهای تغذیه ای شامل مدت زمان خوراک خوردن، نشخوار کردن و زمان جویدن کل تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. مصرف سرشاخه خرما اثری بر گوارش‌پذیری ماده خشک نداشت اما میزان گوارش‌پذیری الیاف را کاهش داد. همچنین pH و نیترژن آمونیاکی شکمبه و متابولیت های خونی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. نتایج نشان داد که مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و وزن نهایی بین تیمارهای آزمایشی یکسان بود. هر چند ضریب تبدیل غذایی با افزایش سطح سرشاخه خرما در جیره تمایل به کاهش داشت. بطور کلی، با توجه به اقلیم خشک مناطق جنوب کشور و کمبود علوفه یا نباتات علوفه‌ای می‌توان از کنسانتره و سرشاخه خرما بعنوان تنها منبع علوفه‌ای در جیره دام‌های پرواری استفاده کرد.</p>

استناد: آخوندی، وحیده؛ قاسمی، ابراهیم؛ خوروش، محمد؛ علیخانی، مسعود و غلامی، میثم (۱۴۰۴). اثرات جایگزینی علوفه جیره با سرشاخه خرما بر اساس الیاف شوینده خنثی هضم نشده: پاسخ عملکرد بره‌های پرواری. *نشریه علوم دامی ایران*، ۵۶ (۴)، ۸۹۱-۹۰۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.395762.654077>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.395762.654077>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

بخش اعظم مناطق مرکزی و شرقی ایران (۸۵٪) در کمربند خشک و نیمه خشک قرار دارد (Sanaei et al., 2020). به عنوان نمونه در بلند مدت، میانگین بارش استان‌های کرمان، اصفهان، سیستان و بلوچستان و یزد به ترتیب حدود ۱۲۱/۷، ۱۶۸/۷، ۱۱۱/۳ و ۸۷/۹ میلی‌متر گزارش شده است (Nazeri Tahruddi et al., 2016). از طرف دیگر، گرمایش جهانی در دهه‌های اخیر باعث تغییرات قابل ملاحظه در میانگین و انحراف معیار بارش و دما نموده است. تغییرات بارش و دما برای کشوری چون ایران که همواره با محدودیت منابع آب روبه‌رو بوده است، چالش‌های مختلفی مانند مخاطرات اقلیمی و اجتماعی ناشی از خشکسالی بدنبال داشته است (Doostan, 2020). خشکسالی بر تولید نباتات علوفه‌ای، علوفه مرتعی و تامین مایحتاج جمعیت دامی و بدنبال آن معیشت بهره‌داران اثرات منفی دارد. بنابراین لزوم بهینه‌سازی استفاده از منابع جایگزین مانند بقایای لیگنوسلولزی گیاهی زراعی و باغی بیش از پیش مورد توجه قرار می‌گیرد (Mosier et al., 2005). یکی از منابع جایگزین در مناطقی مانند جنوب ایران خرما و ضایعاتی، هسته خرما و سرشاخه خرما است (Valizadeh et al., 2016; Chaji and Khenifer 2021). در سال ۲۰۲۲، کشورهای مصر، عربستان، الجزایر و سپس ایران به ترتیب با تولید ۱/۷۳، ۱/۶۱، ۱/۲۵ و ۱/۰۳ میلیون تن به ترتیب بزرگترین تولیدکنندگان خرما در جهان قرار گرفتند (FAO, 2023). در حال حاضر، حدود ۲۰۰ هزار هکتار از زمین‌ها و باغات در یازده استان کشور زیر کشت و توسعه درخت خرما قرار دارد (Agriculture Statistics of Iran, 2018). در کنار ضایعات میوه خرما هر ساله بخشی از سرشاخه‌های خرما (۱۵-۱۲ برگ) هرس می‌شود. بر اساس برآورد جهاد کشاورزی نزدیک به ۲۶ میلیون درخت خرما در مناطق جنوبی ایران وجود دارد. چنانچه هر درخت خرما حدود ۳۴-۱۷ کیلوگرم برگ خشک (بسته به رقم و شرایط زراعی) در طول سال تولید کند؛ می‌توان انتظار داشت حدود ۶۶۳ هزار تن از برگ خشک خرما در سال در کشور تولید شود. از نظر ریخت‌شناسی، ساختار هر سرشاخه یا برگ هرس شده (Leaf/Frond)، شامل تعداد زیادی برگچه کوچک (leaflet) و دمبرگ (Petiole) می‌باشد. دمبرگ یک سوم اولیه برگ را تشکیل می‌دهد و بسیار سخت و چوبی است و دوسوم باقی مانده برگچه‌ها هستند که گوارش پذیرتر از دمبرگ بوده و پروتئین خام (۱۰-۵٪) نسبتاً قابل ملاحظه‌ای دارد (Heuzé et al., 2015).

پیشینه پژوهش

تغذیه برگچه‌های خرما نسبت به کل سرشاخه (برگچه و دمبرگ) منجر به بهبود مصرف اختیاری خوراک در بز شد (Pascual et al., 2000). مشابه بقایای زراعی، ترکیب کلی سرشاخه (برگچه و دمبرگ) از نظر الیاف شوینده خنثی زیاد (۷۶٪) و پروتئین خام بسیار کم (۳/۶٪) (Heuzé et al., 2015) است. با این وجود میزان لیگنین سرشاخه خرما بدلیل ماهیت چوبی بیش از کاه و سایر بقایای زراعی (۱۴/۶٪) در مقایسه با (۷/۲٪) است. از این‌رو تجزیه‌پذیری ماده آلی کمتری برای سرشاخه خرما نسبت به کاه (۴۴/۴) در مقایسه با (۴۸/۴٪) گزارش شده است (Chehma and Longo, 2001). بررسی درون آزمایشگاهی نشان داد تولید گاز سرشاخه خرما نسبت به کاه جو کمتر است (Medjekal et al., 2011). از نظر آزمایش عملکردی، جایگزینی سرشاخه خرما نسبت به کاه (۴ kg) منجر به مصرف خوراک روزانه (۱۵ kg) و تولید شیر یکسان در گاوهای کم شیر (۱۶/۸ kg) شد (Bahman et al., 1997). اما جایگزینی کامل منابع علوفه‌ای جیره (حدود ۷ kg) با سرشاخه کامل خرما، کاهش پروتئین شیر و شیر تصحیح شده بر اساس انرژی در گاوهای متوسط شیر (از ۳۵/۴ به ۳۰/۳ کیلوگرم) بدنبال داشت (Sadeghi Kale-Mosalmami et al., 2021). همانند کاه غلات سرشاخه‌های خرما نیز می‌تواند جهت بهبود گوارش پذیری تحت فرآوری شیمیایی با سود و یا اوره قرار گیرد (Mahgoub et al., 2007). عموماً از جیره‌های پرکنسانتره جهت تغذیه بره یا گوساله پروراری استفاده می‌شود و برای پیشگیری از فعالیت انتخاب‌گری پیشنهاد می‌شود اندازه ذرات منابع علوفه‌ای کاهش یابد (Malik et al., 2020). تغذیه کاه ریز در دوره انتقال گاو شیری منجر به بهبود مصرف خوراک، گوارش پذیری و سلامت و کاهش انتخاب‌گری شد (Havekes et al., 2020; Malik et al., 2020). بعلاوه، کاهش اندازه ذرات علوفه منجر به افزایش مصرف خوراک روزانه و کاهش دورریز (پرت) خوراک می‌شود. البته اندازه بسیار ریز علوفه (۲ mm) و پلت کل خوراک منجر به افت pH و عملکرد شد (Blanco et al., 2014). موضوع مهم در توازن جیره هنگام استفاده از منابع علوفه‌ای مختلف تفاوت در مقدار و منبع الیاف شوینده خنثی (NDF) است. NDF شامل دو بخش با پتانسیل تجزیه‌پذیری (pdNDF) و غیرقابل تجزیه (iNDF) می‌شود. iNDF بر تشکیل لایه مت (سقف) و پری شکمبه، گوارش‌پذیری، مصرف خوراک و رفتارهای خوراکی اثرگذار است. میزان uNDF گسترده‌ای (۴۴/۸ - ۲/۲۵) بسته به بلوغ بین منابع علوفه‌ای گزارش شده است (Cotanch, 2015). با توجه به زمان نامحدود مورد نیاز برای iNDF از الیاف شوینده هضم نشده (uNDF) در ۲۴۰ ساعت به شیوه درون آزمایشگاهی (in vitro) یا ۲۸۸ ساعت درون کیسه ای (in situ) استفاده می‌شود (Mertens, 2016).

ارتباط نزدیکی بین uNDF با میزان لیگنین خوراک ($iNDF = 2/4 \times ADL$) وجود دارد (Mertens, 2016). میزان uNDF ساعات اولیه (۳۰ یا ۲۴ ساعت) در شرایط عملی می‌تواند شاخص خوبی از بخش سریع تجزیه‌پذیر NDF، پری شکمبه و بنابراین عملکرد باشد. جایگزینی علوفه یونجه و سیلاژ ذرت با کاه بر اساس uNDF^{۳۰} منجر به بهبود بازده خوراک و pH شکمبه ولی کاهش تولید شیر بدون تاثیر منفی بر شیر تصحیح شده بر اساس انرژی شد (Kahyani et al., 2019). با توجه به میزان زیاد لیگنین در سرشاخه خرما نسبت به سایر منابع علوفه‌ای، فرضیه این پژوهش توازن جیره بر اساس fuNDF^{۲۴} احتمالا می‌تواند شاخص مناسبی برای پیش‌بینی مصرف خوراک و گوارش پذیری بره‌های پرواری فراهم نماید و در نتیجه بتوان از منابع با کیفیت فقیر مانند سرشاخه خرما بدون تاثیر منفی بر عملکرد بهره‌برداری کرد. لذا هدف از این آزمایش از بررسی سطح مختلف سرشاخه خرما بر پایه fuNDF^{۲۴} با و بدون سایر منابع علوفه‌ای در جیره بر عملکرد، گوارش‌پذیری و رفتار خوردن بره‌های پرواری بود.

روش شناسی پژوهش

دام‌ها، طرح آزمایش و مدیریت تغذیه

این آزمایش در مزرعه آموزشی پژوهشی لورک (دانشگاه صنعتی اصفهان) در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان انجام شد. شمار ۲۴ رأس بره نر نژاد افشاری از یک مزرعه تجاری (مزرعه کمیته امداد اصفهان واقع در ۱۰ کیلومتری غرب) با میانگین سنی و وزنی مشابه خریداری شد. پس از انتقال به مزرعه، عملیات تزریق واکسن (انترتوکسمی)، ضد انگل و ویتامین AD^۳E در دو نوبت به فاصل ۱۴ روز روی تمامی بره‌ها صورت گرفت. سپس بره‌ها (وزن بدن 3 ± 33 کیلوگرم و سن ۳-۴ ماهگی) در جایگاه‌های انفرادی به ابعاد 120×200 سانتی‌متر جهت اعمال تیمارهای آزمایشی نگهداری شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تکرار و ۳ تیمار شامل ۱) جیره حاوی ۱۰۰ درصد fuNDF^{۲۴} از یونجه و کاه بدون سرشاخه خرما (۰٪ سرشاخه خرما)، ۲) جیره حاوی ۵۰٪ fuNDF^{۲۴} از یونجه و کاه و ۵۰٪ از سرشاخه خرما (۵۰٪ سرشاخه) و ۳) جیره حاوی ۱۰۰٪ fuNDF^{۲۴} از سرشاخه خرما بدون علوفه یونجه و کاه (۱۰۰٪ سرشاخه خرما). با توجه به سطح زیاد fuNDF^{۲۴} سرشاخه خرما نسبت به کاه و یونجه، سطح علوفه:کنسانتره از ۲۵:۷۵ در جیره ۰٪ سرشاخه به ۱۹:۸۱ در جیره ۱۰۰٪ سرشاخه کاهش یافت (جدول ۱). طول دوره آزمایش ۶۰ روز بود. جیره‌های آزمایشی کاملاً مخلوط و در حد اشتها تغذیه شدند، به طوری که پس‌آخور به میزان ۱۰ درصد از خوراک ارائه شده (براساس As-fed) باشد. خوراک در دو وعده در روز در ساعت ۰۹:۳۰ و ۱۶:۳۰ در اختیار بره‌ها قرار می‌گرفت. علوفه یونجه خشک خرد شده (منافذ توری حدود ۲۰ میلی‌متر) و کاه گندم (منافذ توری حدود ۱۵ میلی‌متر) به عنوان منبع علوفه‌ای جیره با استفاده از علوفه خردکن مزرعه آسیاب شدند در حالیکه پیش از انتقال سرشاخه خرما از منطقه سیستان و بلوچستان، با توجه به پژوهش‌های پیشین و تجربیات سطح منطقه ابتدا با اندازه ذرات ریز آسیاب شد (منافذ توری حدود ۸ میلی‌متر) و میانگین هندسی ذرات ۳/۶۹ میلی‌متر) و سپس به مزرعه دانشگاه منتقل شدند.

جدول ۱. اجزاء جیره‌های آزمایشی جیره‌های حاوی سطوح مختلف سرشاخه خرما

متغیر	تیمارها (سرشاخه خرما)		
	۱۰۰٪	۵۰٪	۰٪
علف یونجه خشک	۰	۷/۵۰	۱۵/۰
کاه گندم	۰	۰/۵	۱۰/۰
سرشاخه خرما	۱۹/۰	۱۰/۰	۰
دانه ذرت آسیاب شده	۳۷/۵	۳۵/۵	۳۴/۵
دانه جو آسیاب شده	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۰
کنجاله سویا	۱۴/۲	۱۳/۰	۱۱/۸
سبوس برنج	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰
کربنات کلسیم	۱/۸۰	۱/۵۰	۱/۲۰
مکمل ویتامینی و معدنی آلی ^۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵
مکمل معدنی ^۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵
نمک	۰/۵	۰/۵	۰/۵

^۱ براساس ماده خشک هرکیلوگرم حاوی ۱۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۲۵۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۱۵۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۰/۵ گرم مس آلی، ۰/۰۰۸ سلنیوم آلی، ۱/۵ گرم منگنز آلی، ۲ گرم روی آلی، ۳ گرم مونتسین، ۰/۲ گرم بیوتین.
^۲ براساس ماده خشک هرکیلوگرم حاوی ۰/۱ گرم کبالت، ۴/۵ گرم مس، ۱۳/۵ گرم منگنز، ۱۸ گرم روی، ۰/۲ گرم ید، ۰/۷۲ گرم سلنیوم، ۵۵ گرم منیزیم، ۲۴۵ گرم کلسیم.

داده‌برداری و نمونه‌گیری

جهت تعیین uNDF و تجزیه‌پذیری منابع علوفه‌ای جیره شامل یونجه، کاه گندم و سرشاخه خرما، ابتدا علوفه توسط آسیاب با توری ۱ میلی متری آسیاب شدند و در زمان‌های ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۳۰، ۴۸ و ۲۸۸ ساعت در شکمبه دو گاو غیر شیرده فیستوله شده، انکوبه شدند. نمونه‌ها پس از اتمام زمان انکوباسیون، در آب سرد تا خارج شدن آب زلال شستشو و سپس در دمای °C ۶۰ به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. NDF نمونه‌ها توسط دستگاه آنکوم مطابق روش Van Soest et al. (1991) NDF تعیین شد. میزان بقایای NDF بعد از ۲۴ و ۲۸۸ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای به ترتیب به عنوان uNDF_{۲۴} و uNDF_{۲۸۸} در نظر گرفته شدند.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی، خصوصیات فیزیکی و قیمت جیره‌های حاوی سطوح مختلف سرشاخه خرما

تیمارها (سرشاخه خرما)			متغیر
۱۰۰٪	۵۰٪	۰٪	
			ترکیب شیمیایی
۲/۶۴	۲/۶۶	۲/۷۰	انرژی قابل متابولیسم، مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک
۱۳/۱	۱۳/۵	۱۳/۹	پروتئین خام
۳/۸	۳/۷	۳/۶	عصاره اتری
۳۰/۴	۳۱/۷	۳۱/۵	الیاف شوینده خنثی
۱۵/۱	۱۵/۵	۱۵/۴	الیاف شوینده اسیدی
۴/۷	۴/۲	۳/۵	لیگنین
۸/۴۸	۸/۱۱	۷/۶۷	خاکستر
۱/۸۰	۱/۵۵	۱/۱۷	خاکستر نامحلول در اسید
۳۸/۶	۳۶/۹	۳۵/۷	نشاسته
۱۳/۳	۱۵/۳	۱۵/۵	الیاف شوینده خنثی علوفه ای
۱۶/۴	۱۷/۰	۱۶/۷	الیاف شوینده خنثی علوفه ای هضم نشده طی ۲۴ ساعت
۱۲/۹۰	۱۱/۱۰	۸/۷۱	الیاف شوینده خنثی علوفه ای هضم نشده طی ۲۸۸ ساعت
			خصوصیات فیزیکی
۱/۱۳	۲/۹۱	۴/۵۰	الیاف شوینده خنثی موثر فیزیکی < ۸ میلی متر
۲۰/۳	۱۷/۱	۱۳/۴	الیاف شوینده خنثی موثر فیزیکی < ۱/۱۸ میلی متر
۰/۴۴	۰/۷۱	۱/۴۲	< ۱۹ میلی متر
۳/۲۸	۹/۴۰	۱۴/۶	۸-۱۹ میلی متر
۶۳/۱	۴۹/۴	۳۱/۸	۱۸-۱/۸ میلی متر
۳۳/۲	۴۰/۴	۵۲/۱	سینی
۲/۳۵	۲/۲۹	۲/۰۸	میانگین هندسی ذرات
۰/۱۷۰	۰/۱۸۰	۰/۱۹۲	قیمت \$/kg

جهت تعیین ماده خشک و ترکیب شیمیایی، از خوراک و پس‌مانده خوراک مربوط به هر گوسفند در پنج روز به فاصله هر ۲۰ روز نمونه‌گیری گرفته شد. نمونه‌گیری از مدفوع از روز ۳۴ تا ۳۶ دوره آزمایشی، هر ۸ ساعت گرفته شد. نمونه‌های خوراک و مدفوع تا انجام آنالیز آزمایشگاهی در فریزر -۲۱ نگهداری شدند و پس از یخ‌گشایی در آون با دمای °C ۶۰ به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. نمونه‌های خشک شده توسط آسیاب با غربال به قطر منافذ ۱ میلی متر آسیاب شدند. از خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر داخلی جهت تعیین گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش استفاده شد. توزیع اندازه ذرات نمونه‌ها با استفاده از غربال پنسلوانیا، که دارای ۳ الک (با قطر منافذ ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی متر) و یک سینی بود، تعیین شد. عامل مؤثر بودن فیزیکی با نسبت NDF ذرات باقی مانده روی دو الک بالای (peNDF > ۸) و (peNDF > ۱/۱۸) پنسلوانیا تعیین گردید. شاخص انتخاب به صورت نسبت مصرف واقعی خوراک به مصرف مورد انتظار برای ذرات باقیمانده روی هر الک غربال پنسلوانیا محاسبه گردید. شاخص انتخاب برابر با ۱۰۰ نشان دهنده عدم فعالیت انتخاب، شاخص انتخاب بیشتر از ۱۰۰ نشان دهنده انتخاب به نفع (خوردن)، شاخص انتخاب کمتر از ۱۰۰ نشان دهنده انتخاب علیه (نخوردن) می باشد.

در روز ۵۸ دوره آزمایشی، ۴ ساعت پس از وعده خوراک دهی صبح، نمونه های خون از سیاهرگ گردنی گرفته شد. نمونه ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای 4°C و سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. نمونه های سرم در آزمایشگاه جهت اندازه گیری غلظت گلوکز و نیتروژن اوره ای خون به وسیله دستگاه اتوآنالایزر (USA, Abbott Alycon 300) با استفاده از کیت های آزمایشگاهی (Iran, Tehran, pars Azmoon Co) آنالیز شدند. نمونه گیری از مایع شکمبه در آخرین روز دوره آزمایشی، چهار ساعت پس از خوراک دهی وعده صبح، با استفاده از لوله مری صورت گرفت. پس از نمونه گیری بلافاصله pH نمونه ها اندازه گیری شد (Instrument S/N: 137243, Portugal, HANNA). مایع شکمبه با پارچه متقال دو لایه ضخیم صاف گردید. یک نمونه مایع شکمبه جهت اندازه گیری نیتروژن آمونیاکی با استفاده از روش فنول-هیپوکلرایت (USA, Ultra Microplate Reader, Elx 808, S/N: 121852) در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه گیری شد (۷). در روز ۳۴ و ۳۵ دوره آزمایشی، فعالیت های خوردن، نشخوار و استراحت به صورت مشاهده ای در یک دوره ۴۸ ساعته هر ۵ دقیقه یک بار ثبت شدند.

تجزیه آماری

توزیع نرمال داده ها و همگنی واریانس برای باقی مانده ها با رویه تک متغیره (UNIVARIATE) مورد آزمون قرار گرفت. داده های آزمایش با رویه خطی (PROC GLM) GLM نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مدل آماری شامل اثر تیمار و اثر گوسفند به عنوان اثر تصادفی در مدل در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین ها با روش توکی انجام شد. همچنین سطح معنی داری مقایسات مستقل برای تیمار به صورت خطی و درجه دوم گزارش شد. سطح ۵ درصد معنی دار و سطح ۱۰ درصد به عنوان تمایل به معنی داری در نظر گرفته شد.

یافته های پژوهش

ترکیب شیمیایی منابع علوفه ای جیره

جدول ۳ ترکیب شیمیایی، تجزیه پذیری و اندازه ذرات منابع علوفه ای یونجه خشک، کاه گندم و سرشاخه خرما را نشان می دهد. پروتئین یونجه، کاه گندم و سرشاخه خرما مورد استفاده به ترتیب ۱۲/۳۰، ۳/۹۵ و ۲/۳۳٪ و الیاف شوینده خنثی به ترتیب ۵۰، ۷۵، ۷۳٪ بود. بطور کلی، منابع علوفه های لگومی و علفی (گراس) به ترتیب با میزان NDF بیشتر از ۵۰٪ و ۶٪ بعنوان علوفه کم کیفیت در نظر گرفته می شوند (Van Saun, 2013). اگرچه میزان NDF سرشاخه خرما در حدود کاه گندم بود، با این حال میزان تجزیه پذیری NDF طی ۲۴ و یا ۲۸۸ ساعت انکوباسیون شکمبه ای سرشاخه خرما نسبت به کاه بسیار کم (۱۳/۳) در مقایسه با ۲۵/۱٪ در ۲۴ ساعت و ۳۱/۹٪ در مقایسه با ۶۲/۵٪ در ۲۸۸ ساعت) بود. شواهد نشان می دهد آسیاب ریز یا پلت کردن علوفه های کم کیفیت نه تنها سبب تسهیل در نقل و انتقال، کاهش دورریز و مدیریت مصرف آنها می شود، بلکه سبب افزایش مصرف نیز می شود (Malik et al., 2020). اگرچه اندازه ذرات علوفه ارتباط مثبتی با گوارش پذیری الیاف، جویدن، pH شکمبه و نسبت استات به پروپیونات دارد (Tafaj et al., 2007) ولی کاهش اندازه ذرات منجر به دسترسی بیشتر به فعالیت میکروبی، کاهش تولید متان، نسبت استات به پروپیونات و افزایش سرعت عبور و بازدهی میکروبی شود. از اینرو بهینه سازی اندازه ذرات علوفه باید بنحوی باشد تا مصرف خوراک، فعالیت انتخاب، گوارش پذیری، نشخوار، تولید پروتئین میکروبی، pH شکمبه و عملکرد دام بهبود یابد (Hossain, 2021). اندازه ذرات ۱/۱۸ میلی متر یک حد بحرانی برای رفتار جویدن تعریف شده است (Mertens, 1997) هرچند برخی ذرات بالاتر از ۸ میلی متر را موثر می دانند (Yang and Beauchemin, 2007). با توجه به پژوهش های پیشین و تجربیات سطح منطقه، سرشاخه خرما بصورت ریز آسیاب شد و میانگین هندسی اندازه ذرات سرشاخه خرما (۳/۶۹ میلی متر) نسبت به کاه (۸/۱۳ میلی متر) و یا یونجه (۴/۳۶ میلی متر) کمتر بود. بیشتر ذرات کاه بیشتر از ۸ میلی متر (۵۱/۵٪) بود در حالی که بیشتر ذرات باقیمانده سرشاخه خرما (۶۵/۶٪) و یا یونجه (۴۶/۷٪) روی الک ۱/۱۸ میلی متر بود. این توزیع اندازه ذرات باعث شد تا NDF موثر فیزیکی 8mm در سرشاخه خرما بسیار کمتر از کاه گندم (۱۴/۳) در مقایسه با (۴۵/۱٪) باشد ولی میزان NDF موثر فیزیکی 1.18mm سرشاخه خرما معادل کاه گندم (۶۹/۹) در مقایسه با (۶۹/۹٪) باشد. در کل، با جایگزینی سرشاخه خرما بجای علوفه یونجه و کاه گندم $peNDF>8\text{mm}$ کاهش ولی $peNDF>1.18\text{mm}$ افزایش یافت (جدول

۲). میزان uNDF₂₄ و uNDF₂₈₈ بر اساس ماده خشک و NDF برای سرشاخه خرما نسبت به کاه و کاه نسبت به یونجه بیشتر و برعکس میزان تجزیه پذیری کمتر بود (جدول ۳). ویژگی‌های هضم و نوع NDF بر رفتار تغذیه و نشخوار، نرخ تجزیه ذرات، گردش و پری شکمبه، مصرف ماده خشک و بازده کلی تولید مؤثر است (Cotanch, 2015). نرخ تجزیه پذیری الیاف (kd) و pdNDF به طور قابل توجهی میان و در داخل انواع علوفه متفاوت است (Lopes et al., 2015).

جدول ۳. ترکیب شیمیایی، تجزیه پذیری و خصوصیات فیزیکی یونجه، کاه و سرشاخه خرما

متغیر	یونجه	کاه گندم	سرشاخه خرما
ترکیب شیمیایی			
ماده خشک	۹۶/۳	۹۷/۲	۹۷/۰
پروتئین خام	۱۲/۳۰	۳/۹۵	۲/۳۳
عصاره اتری	۱/۲۶	۱/۶۰	۲/۱۹
الیاف شوینده خنثی	۵۰/۰	۷۵/۲	۷۳/۰
الیاف شوینده اسیدی	۳۵/۳	۵۳/۱	۵۲
لیگنین	۸/۵	۸/۸	۱۶/۶
خاکستر	۱۱/۰	۱۱/۴	۱۰/۹
تجزیه پذیری			
تجزیه پذیری NDF در ۲۴ ساعت	۳۳/۴	۲۵/۱	۱۳/۳
uNDF ₂₄ ۲۴ ساعت	۶۶/۶	۷۴/۹	۸۶/۷
تجزیه پذیری NDF در ۲۸۸ ساعت	۷۱/۷	۶۲/۵	۳۱/۹
uNDF ₂₈₈ ۲۸۸ ساعت	۲۹/۳	۳۷/۵	۶۸/۱
NDF % , بخش با پتانسیل تجزیه پذیری	۳۹/۶	۴۷/۶	۱۹/۶
خصوصیات فیزیکی			
ذرات < ۱۹ میلی متر	۲/۲۶	۱۰/۶	۰/۳۷
۸-۱۹ میلی متر	۳۲/۶	۵۱/۵	۲۰/۳
-۱/۱۸ میلی متر	۴۶/۷	۳۴/۲	۶۵/۶
سینی	۱۸/۲	۳/۵۱	۱۳/۸
NDF مؤثر فیزیکی < ۸ میلی متر	۱۶/۷	۴۵/۱	۱۴/۳
NDF مؤثر فیزیکی < ۱/۱۸ میلی متر	۳۹/۱	۶۹/۹	۶۹/۹
میانگین هندسی ذرات	۴/۳۶	۸/۱۳	۳/۶۹

رفتار تغذیه و انتخاب خوراک

شاخص انتخاب و رفتار تغذیه‌ای بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف سرشاخه خرما در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تفاوتی بین تیمارهای آزمایشی برای فعالیت انتخابگری ذرات درشت (۱۹ و ۸ میلی‌متر) وجود نداشت. هر چند، همه دام‌ها علیه ذرات درشت انتخاب نمودند بطوری که تنها ۸۸ و ۹۶ درصد از ذرات عرضه شده بیشتر از ۱۹ و ۸ میلی‌متر مصرف شدند. با توجه به اینکه درصد کمی از جیره کاملاً مخلوط روی الک‌های ۱۹ (~ ۱٪) وجود داشت فعالیت انتخاب علیه این ذرات چندان قابل ملاحظه نیست. حدود ۱۰٪ کل خوراک روی الک ۸ میلی‌متر قرار داشتند که شاخص انتخاب ۹۶٪ داشت. در این پژوهش، pH شکمبه تحت اثر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. اثر تیمارهای آزمایشی بر فعالیت انتخاب ذرات بیشتر از ۱/۱۸ میلی‌متر (بصورت درجه ۲) و کمتر از ۱/۱۸ میلی‌متر (روی سینی؛ بصورت خطی) معنی‌دار بود. هرچند اثرات تیمار بر مصرف این ذرات از نظر عددی قابل ملاحظه نیست. همانطور که مشاهده می‌شود بطور متوسط ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر و کوچکتر از ۱/۱۸ میلی‌متر (سینی) شاخص انتخاب ۱۰۰ داشتند به معنی اینکه فعالیت انتخاب بیشتر یا کمتر روی این ذرات وجود نداشت. افزایش اندازه ذرات علوفه خشک می‌تواند منجر به افزایش فعالیت انتخابگری علیه ذرات درشت شود (Leonardi and Armentano, 2003) در حالیکه کاهش اندازه ذرات علوفه منجر به افزایش مصرف NDF می‌شود که نشان از کاهش فعالیت انتخابگری است.

زمان کل جویدن، خوردن و نشخوار و نرخ خوردن و جویدن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (جدول ۴). اندازه ذرات درشت علوفه یا استفاده از علوفه کم کیفیت در گوسفند سبب کاهش میزان خوراک مصرفی ولی افزایش زمان صرف خوردن شد ولی بر زمان نشخوار تأثیری نداشت (Krone et al., 2024). ذرات درشت علوفه از طریق صرف زمان خوردن بیشتر می‌توانند نهایتاً منجر به افت خوراک مصرفی شوند. بهترین اندازه ذرات کاه در جیره‌های پرکنسانتره برای پیشگیری از انتخاب‌گری در گوساله پرواری زمانی بدست آمد که $peNDF > 4 \text{ mm}$ حدود ۱۰/۴٪ بود (Lonch et al., 2020). در این مطالعه با مصرف سرشاخه میزان $peNDF > 8 \text{ mm}$ کاهش (از ۴/۵ به ۱/۱٪) و میزان $peNDF > 1/18 \text{ mm}$ (از ۱۳/۴ به ۲۰/۳٪) و میانگین هندسی ذرات افزایش یافت. هرچند مصرف خوراک بین جیره‌های مختلف یکسان بود. ذرات بیشتر از ۱۹ میلی‌متر بیشتر روی زمان خوردن و ذرات بیشتر از ۸ میلی‌متر و الیاف شوینده خنثی علوفه مصرفی روی زمان نشخوار تأثیرگذارند. کاهش اندازه ذرات کاه (توری ۸ میلی‌متر در مقایسه با ۴ میلی‌متر) منجر به کاهش pH شکمبه و عملکرد بزغاله‌های پرواری شد (Khurshid et al., 2023).

جدول ۴. شاخص انتخاب و رفتار خوردن در بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف سرشاخه خرما

متغیر	تیمارها (سرشاخه خرما)			خطای معیار	معنی داری درجه دوم
	صفر٪	۵۰٪	۱۰۰٪		
شاخص انتخاب٪	۸۷/۹	۸۳/۲	۹۲/۳	۶/۰۹	۰/۳۶
۹ میلی‌متر	۹۸/۲	۹۴/۶	۹۵/۳	۲/۱۴	۰/۴۱
۸ میلی‌متر	۹۹/۶ ^b	۱۰۱ ^a	۱۰۰ ^{ab}	۰/۵۱	۰/۰۳
۱/۱۸ میلی‌متر	۱۰۱ ^a	۹۹/۵ ^{ab}	۹۹/۱ ^b	۰/۵۶	۰/۴۷
سینی رفتار خوردن					
زمان خوردن، دقیقه/روز	۱۵۵	۱۴۹	۱۶۲	۱۰/۸	۰/۴۵
دقیقه خوردن / کیلوگرم خوراک مصرفی	۶۸/۵	۷۳/۳	۷۷/۱	۶	۰/۹۴
زمان نشخوار، دقیقه/روز	۲۷۵	۲۷۷	۲۵۵	۱۳/۶	۰/۴۸
دقیقه نشخوار/کیلوگرم خوراک مصرفی	۱۲۱	۱۳۶	۱۲۰	۸/۵۳	۰/۱۵
دقیقه نشخوار/کیلوگرم NDF مصرفی	۱۵/۲	۱۴/۶	۱۰/۹	۱/۰۳	۰/۱۵

^۱ مقایسات آماری: اثر تیمار، اثرات خطی و درجه دوم. میانگین‌های با حروف متفاوت a و b برای تیمار در یک ردیف با یکدیگر اختلاف آماری دارند.

مصرف، گوارش‌پذیری، وزن بدن و بازده

مصرف خوراک و گوارش‌پذیری ماده خشک و الیاف شوینده خنثی، وزن بدن و بازده تولیدی و اقتصادی در بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف سرشاخه خرما در جدول ۵ نشان داده شده است. ماده خشک مصرفی، وزن پایانی و افزایش وزن روزانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. هرچند الیاف مصرفی در جیره ۵۰٪ سرشاخه در مقایسه با دو تیمار دیگر ($P = 0/09$)؛ درجه دوم) تمایل به کاهش داشت. پاسخ ماده خشک مصرفی در نشخوارکنندگان به سطح انرژی جیره و نسبت علوفه به کنسانتره بصورت درجه دوم است، یعنی با افزایش سطح انرژی جیره (یا کاهش نسبت علوفه به کنسانتره) میزان خوراک مصرفی بدلیل کاهش پری شکمبه تا یک حد (معمولاً تامین احتیاجات) افزایش و بعد از آن خوراک مصرفی بدلیل مهار شیمیایی کاهش می‌یابد. در این مطالعه با افزایش سطح استفاده از سرشاخه خرما نسبت علوفه به کنسانتره و $peNDF > 8$ کاهش و مقدار $peNDF > 1/18$ افزایش یافت و سطح انرژی جیره‌ها و uNDF تقریباً یکسان بود. سطح توصیه شده $peNDF > 4$ برای گوساله پرواری حدود ۱۰/۴٪ جهت پیشگیری از اسیدوز و افت $pH < 5/5$ ، فعالیت انتخابگری و مصرف خوراک توصیه شده است (Lonch et al., 2020). این مقدار از $peNDF > 8$ مطالعه حاضر بیشتر و از $peNDF > 1/18$ کمتر بود. مصرف کاه خرد شده در مقایسه با پلت شده با افزایش $peNDF > 4$ و uNDF جیره میزان مصرف خوراک را تحت تأثیر قرار نداد اما میزان جویدن کل را افزایش و pH شکمبه و وضعیت التهابی را بهبود داد (Lonch et al., 2020). این پژوهشگران نتیجه گرفتند افزایش هر دو معیار uNDF و $peNDF$ اثر افزایشی

در بهبود تخمیر و پاسخ‌های التهابی دارد. در پژوهش حاضر، با توجه به میزان عددی $peNDF > 8$ و $peNDF > 18$ در تیمارهای آزمایشی مختلف می‌توان انتظار داشت که مقدار $peNDF > 4$ جیره‌ها اختلافی نداشته باشند.

ترکیب معیارهای فیزیکی (pef) و گوارش‌پذیری (uNDF) الیاف می‌تواند معیار بهتری از ویژگی‌های NDF موثر بر تخمیر و سلامتی شکمبه و بدنبال آن مصرف خوراک و عملکرد باشد (Grant et al., 2020). از حاصل ضرب pef در uNDF ترکیب جدید تحت عنوان الیاف موثر هضم نشده (peuNDF) معرفی شده است. در گاوهای شیری با افزایش uNDF و peNDF بطور جداگانه اثر منفی بر خوراک مصرفی مشاهده نشد اما با افزایش peuNDF میزان خوراکی مصرفی و تولید شیر و نرخ جایگشت NDF در شکمبه کاهش ولی میزان خوردن، pH شکمبه افزایش یافت (Smith et al., 2018). این پژوهشگران نتیجه گرفتند ریز کردن علوفه‌های با uNDF بالا منجر به بهبود خوراک مصرفی و عملکرد دام می‌شود. اگرچه مصرف سرشاخه خرما اثری بر گوارش‌پذیری ماده خشک نداشت اما میزان گوارش‌پذیری الیاف را کاهش داد. با افزایش سطح سرشاخه خرما در جیره، ضریب تبدیل خوراک تمایل به کاهش داشت.

جدول ۵. مصرف خوراک، گوارش‌پذیری، وزن بدن و بازده خوراک در بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف سرشاخه خرما

معنی داری	تیمارها (سرشاخه خرما)					متغیر
	خطای معیار	خطای	درجه دوم	صفر٪	۵۰٪	
						مصرف خوراک، کیلوگرم در روز
۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۰۹	۲/۱۵	۲/۰۴	۲/۳۰	ماده خشک
۰/۰۹	۰/۸۹	۰/۰۲	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۶۱	الیاف شوینده خنثی
						گوارش‌پذیری، %
۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۹۷	۵۵/۹	۵۹/۳	۶۳/۱	ماده خشک
۰/۸۲	۰/۰۰۲	۱/۹۹	۲۳/۸ ^a	۲۸/۳ ^{ab}	۳۳/۸ ^b	الیاف شوینده خنثی
						وزن بدن (کیلوگرم)
۰/۹۹	۰/۹۴	۱/۲۸	۳۳/۸	۳۳/۹	۳۳/۹	ابتدایی
۰/۶۸	۰/۷۳	۱/۳۶	۵۲/۱	۵۱/۱	۵۱/۴	نهایی
۰/۵۱	۰/۴۹	۱۳/۷	۳۰۴	۲۸۶	۲۹۰	افزایش وزن روزانه
						بازده
۰/۶۰	۰/۱۰	۱/۱۴	۷/۰۷	۷/۱۳	۷/۹۳	ضریب تبدیل غذایی

^۱ مقایسات آماری: اثر تیمار، اثرات خطی و درجه دوم. میانگین‌های با حروف متفاوت a و b برای تیمار در یک ردیف با یکدیگر اختلاف آماری دارند.

PH، نیتروژن آمونیاکی شکمبه و متابولیت‌های خونی

PH، نیتروژن آمونیاکی شکمبه و متابولیت‌های خونی در بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف سرشاخه خرما در جدول ۶ نشان داده شده است. با افزایش سطح سرشاخه خرما pH و نیتروژن آمونیاکی شکمبه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. میزان متابولیت‌های انرژی شامل گلوکز، تری گلیسرید، کلسترول و ترکیبات مربوط به پروتئین شامل نیتروژن اوره‌ای خون، پروتئین تام، آلبومین و آنزیم‌های کبدی تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی علوفه با سرشاخه خرما قرار نگرفت که می‌تواند ناشی از عدم تفاوت در ماده خشک مصرفی و یا تخمیر در میان تیمارها باشد. غلظت گلوکز خون به لحاظ عددی در بره‌های تغذیه شده با جیره غذایی ۵۰ و ۱۰۰ درصد سرشاخه خرما در مقایسه با گروه صفر بالاتر بود. در نشخوارکنندگان گلوکوتئوز به طور عمده در کبد رخ می‌دهد و نرخ گردش گلوکز خون به نوع جیره غذایی، مصرف انرژی و عرضه آن بستگی دارد. افزایش گلوکز می‌تواند به واسطه کنسانتره بیشتر در این تیمارها باشد.

جدول ۶. pH، نیتروژن آمونیاکی شکمبه و متابولیت‌های خونی در بره‌های تغذیه شده در بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف سرشاخه خرما

متغیر	تیمارها (سرشاخه خرما)			خطای معیار	معنی داری
	صفر%	۵۰%	۱۰۰%		
شکمبه					
PH	۶/۲۵	۶/۴۰	۶/۳۳	۰/۱۳	۰/۶۵
نیتروژن آمونیاکی mg/dL	۶/۴۸	۶/۶۳	۶/۳۹	۱/۱۵	۰/۵۷
خون					
گلوکز mg/Dl	۸۱/۳	۸۹/۷	۸۹/۶	۳/۵۵	۰/۳۴
نیتروژن اوره ای mg/dL	۱۹/۵	۱۵/۵	۱۹/۶	۲/۱۴	۰/۱۴
کلسترول mg/dL	۵۹/۶	۶۳/۲	۶۷	۴/۴۸	۰/۹۹
تری گلیسرید mg/dL	۲۰/۳	۲۲/۸	۲۵	۲/۳۹	۰/۹۴
پروتئین کل mg/dL	۷/۳۱	۶/۲۲	۷/۱۲	۰/۵۰	۰/۱۲
آلبومین mg/dL	۳/۵۸	۳/۵۲	۳/۵۳	۰/۱۰	۰/۷۴
آسپارات آمینوترانسفراز U/L	۱۱۶	۱۱۵	۱۳۵	۹/۸۳	۰/۴۵
آلاتین آمینوترانسفراز U/L	۲۰/۷	۲۰/۱	۲۲/۳	۱/۶۹	۰/۴۹

^۱ مقایسات آماری: اثر تیمار، اثرات خطی و درجه دوم، میانگین‌های با حروف متفاوت a و b برای تیمار در یک ردیف با یکدیگر اختلاف آماری دارند.

هزینه و درآمد

نتایج مربوط به هزینه و درآمد در جدول ۷ گزارش شده است. قیمت هر کیلوگرم خوراک بر پایه ماده خشک در گروه حاوی ۱۰۰ درصد سرشاخه خرما پایین‌تر از سایر گروه‌ها بود. این گروه با توجه به ضریب تبدیل غذایی مناسب و هزینه پایین خوراک برای هر کیلوگرم افزایش وزن، بیشترین سود اقتصادی را در بین گروه‌های آزمایشی داشت. به‌طور کلی، برای کاهش هزینه‌های تغذیه‌ای در واحدهای دامداری، دو راهکار اساسی وجود دارد: نخست، کاهش قیمت جیره مصرفی، و دوم، افزایش کارایی رشد دام از طریق بهبود ضریب تبدیل غذایی. با افزایش سطح سرشاخه خرما در جیره، هر دو عامل به شکل همزمان تحقق یافته و منجر به بهبود شاخص‌های اقتصادی گردید.

جدول ۷. هزینه و درآمد در جیره‌های حاوی سطوح مختلف سرشاخه خرما

متغیر (تومان)	تیمارها (سرشاخه خرما)		
	۰%	۵۰%	۱۰۰%
قیمت هر کیلوگرم جیره	۱۸۹۰	۱۸۶۱	۱۶۶۸
هزینه خوراک روزانه	۴۰۶۳	۳۷۹۶	۳۸۳۶
هزینه خوراک به ازای یک کیلوگرم افزایش وزن	۱۷۸۷۹	۱۳۶۵۹	۱۱۱۵۸
درآمد به هزینه خوراک	۱/۰۱	۱/۰۶	۱/۱۵

بحث

اگرچه میزان NDF سرشاخه خرما در حدود کاه گندم بود، با این حال میزان تجزیه‌پذیری NDF طی ۲۴ و یا ۲۸۸ ساعت آنکوباسیون شکمبه‌ای سرشاخه خرما نسبت به کاه بسیار کم بود که این موضوع می‌تواند ناشی از لیگنین بالا (۱۴/۶٪) و چوبی بودن سرشاخه خرما باشد. ماهیت چوبی سخت سرشاخه خرما باعث محدودیت مصرف اختیاری بویژه در دام‌های تولیدی می‌شود. با کاهش نرخ عبور الیاف (kp) و یا طولانی‌تر شدن زمان ماندگاری خوراک در شکمبه هضم الیاف افزایش می‌یابد (Huhtanen et al., 2007). قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری بالاتر NDF یونجه می‌تواند با میزان بخش pdNDF بیشتر آن ارتباط داشته باشد، زیرا تأثیر میزان بخش pdNDF بر قابلیت هضم NDF بیشتر از نرخ هضم pdNDF است.

مصرف یکنواخت جیره یکی از شاخص‌های مطلوب شکل فیزیکی خوراک است. کاهش اندازه ذرات علوفه کم‌کیفیت این امکان را ایجاد می‌کند تا خوراک بخوبی مخلوط شده و از انتخابگری جلوگیری شود. فعالیت انتخاب بستگی به سطح علوفه جیره،

اندازه ذرات علوفه، ماده خشک جیره و دفعات و حجم خوراکدهی دارد (Miller-Cushon and DeVries, 2017)، که در این آزمایش سطح علوفه در جیره های صفر درصد، ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد سرشاخه خرما کاهش یافته بود (بترتیب ۲۵٪، ۲۲/۵٪ و ۱۹٪)، همچنین $peNDF > 8$ کاهش (بترتیب ۴/۵۰، ۲/۹۱ و ۱/۱۳) و $peNDF > 1/18$ افزایش (۱۳/۴، ۱۷/۱ و ۲۰/۳) یافته بود. افزایش زمان دسترسی خوراک با کاهش دفعات خوراکدهی می تواند منجر به افزایش فعالیت انتخاب گری شود. البته برخی شواهد نشان می دهد دامها با مصرف الیاف موثر فیزیکی بیشتر سعی بر تخفیف اثرات pH اسیدی شکمبه دارند. در این پژوهش، pH شکمبه تحت اثر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

زمان کل جویدن، خوردن و نشخوار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (جدول ۴). فعالیت جوش تحت تأثیر مقدار الیاف شوینده خنثی مصرفی و سایر خصوصیات فیزیکی آن مثل اندازه قطعات تغییر می کند (Mertens, 2013). مجموع زمان جویدن (خوردن و نشخوار) در این پژوهش حدود ۷ ساعت بود که کمتر از جیره های بر پایه علوفه است (Krone et al., 2024). فعالیت جویدن (نشخوار و خوردن) منجر به آسیب فیزیکی ذرات خوراک، افزایش بیوفیلیم میکروبی، ترشح بزاق و افزایش انقباضات شکمبه جهت خروج ذرات ریز می شود. با توجه به اندازه ریز ذرات سرشاخه خرما و عدم تغییر در فعالیت انتخاب-گری در این مطالعه نشان داد که این اندازه مانع از فعالیت انتخاب گری علیه سرشاخه می شود.

سطح NDF و ویژگی های آن مانند اندازه ذرات و تجزیه پذیری از عوامل مهم غذایی موثر بر گوارش پذیری، مصرف خوراک و عملکرد دام می باشد. $peNDF$ ترکیبی از اثر شیمیایی (NDF) و اندازه (pef) جهت تعیین کارایی الیاف موثر توسعه یافته است (Mertens, 1997). این معیار برای پیشگیری از اسیدوز در جیره های پرکنسانتره بویژه گاوهای شیری و پرواری توسعه یافته است. سطح توصیه شده $peNDF > 4$ برای گوساله پرواری حدود ۱۰/۴٪ جهت پیشگیری از اسیدوز و افت $pH < 5/5$ فعالیت انتخابگری و مصرف خوراک توصیه شده است (Lonch et al., 2020). این مقدار از $peNDF > 8$ مطالعه حاضر بیشتر و از $peNDF > 1/18$ کمتر بود.

اثر اندازه ذرات بر گوارش پذیری دوگانه است از یک سو کاهش اندازه ذرات سبب افزایش سطح دسترسی به آنیمها و افزایش گوارش پذیری می شود و از سوی دیگر با افزایش نرخ عبور میزان گوارش پذیری کاهش می یابد. اندازه ذرات ریز و $uNDF$ زیاد سرشاخه خرما دو دلیل برای کاهش گوارش پذیری الیاف در جیره های حاوی سرشاخه خرما هستند. در یک پژوهش، کاهش اندازه ذرات علوفه با افزایش تخمیرپذیری و فعالیت میکروبی و کاهش نرخ انتخابگری (تشکیل مت شکمبه بهتر) سبب افزایش گوارش-پذیری شد (Haselmann et al., 2019). در این مطالعه، کاهش میانگین هندسی اندازه ذرات سرشاخه خرما نسبت به یونجه ممکن است سبب بروز نرخ عبور بیشتر و ماندگاری کمتر شکمبه باشد و در نتیجه دسترسی میکروبی شکمبه و گوارش پذیری کاهش یابد. همچنین $iNDF$ بیشتر سرشاخه خرما نسبت به کاه و یونجه می تواند عاملی دیگر برای کاهش هضم باشد زیرا هرچه $iNDF$ بالاتر باشد نرخ عبور آن نسبت به $pdNDF$ بیشتر است. از دیگر سو، گوارش پذیری پایین ماده خشک سرشاخه خرما به میزان لیگنین ارتباط دارد (Mahgoub 2007). اتصالات قوی شیمیایی بین لیگنین و بسیاری از پلی ساکاریدهای گیاهی، مانع از تجزیه و گوارش پذیری کربوهیدرات و پروتئین می شود. فرآوری کاه پیش از تغذیه منجر به بهبود گوارش پذیری و خوراکی مصرفی شد (Mohammadi-Mehr et al., 2018) لذا می توان برای پیشگیری از افت گوارش پذیری از فرآوری شیمیایی مانند سود، اوره و یا پرکسید هیدروژن استفاده کرد (Ghasemi et al., 2016; Mohammadi-Mehr et al., 2018; Chaji and Khenifer, 2021).

از نظر اقتصادی، با افزایش سطح سرشاخه خرما در جیره، ضریب تبدیل خوراک تمایل به کاهش و بازده اقتصادی (درآمد به هزینه خوراک) بهبود یافت. این بهبود با کاهش عددی مصرف خوراک و بهبود افزایش وزن روزانه مرتبط است. در آزمایش حاضر، سطح علوفه در جیره های صفر درصد، ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد سرشاخه خرما (به ترتیب ۲۵٪، ۲۲/۵٪ و ۱۹٪) در جیره های آزمایشی باعث کاهش (بهبود) ضریب تبدیل غذایی شد (به ترتیب ۷/۹۳، ۷/۱۳ و ۷/۰۷)، که دیگر محققان نیز بهبود ضریب تبدیل غذایی را با کاهش نسبت علوفه به کنسانتره مشاهده نمودند (Malik et al., 2020). البته کاهش نسبت علوفه به کنسانتره، تنها تا حد آستانه ای منجر به بهبود ضریب تبدیل غذایی می شود و عبور از آن می تواند باعث اسیدوز شکمبه، کاهش نشخوار، اختلال در هضم و ... شود. همچنین نوع علوفه (از نظر کیفیت، قابلیت هضم، فرآوری و ...) نقش کلیدی در تعیین تأثیر نهایی نسبت کنسانتره دارد. نشان داده شد که با افزایش نسبت کنسانتره در مقابل علوفه، عملکرد رشد بهبود می یابد، اما پارامترهای تخمیر شکمبه نیز

تغییر می‌کنند، خصوصا در فیبر و باکتری‌های شکمبه. به بیان دیگر، ترکیب نوع علوفه و نسبت آن در جیره نقش حیاتی در کارایی تغذیه دارد (Liu et al., 2019; Onche et al., 2025). افزایش نسبت کنسانتره (به شرط استفاده از علوفه با کیفیت مناسب مانند سیلوی ذرت با قابلیت هضم بالا یا یونجه با کیفیت مناسب) منجر به افزایش عملکرد تولید شیر و بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود. اما اگر علوفه کیفیت پایین‌تری داشته باشد مثل علوفه‌های دیررس یا سخت مانند کاه، اثرات مثبت کنسانتره محدود می‌شود و ممکن است ضریب تبدیل غذایی بدتر شود (Marino et al., 2025; Huhtanen et al., 2011).

روند pH با میزان تخمیر و فعالیت جویدن مرتبط است؛ هرچه مصرف ماده آلی قابل تخمیر بیشتر باشد pH شکمبه کاهش می‌یابد. از آنجایی که فعالیت جویدن و مصرف خوراک بین تیمارهای آزمایشی یکسان بود می‌توان انتظار داشت که تولید اسید و نرخ بافاری بین جیره‌ها مشابه بوده‌اند. میانگین آمونیاک شکمبه گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های مختلف حدود ۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. غلظت آمونیاک ۱۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر برای حداکثر هضم الیاف و تا ۲۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر برای حداکثر مصرف خوراک گزارش شده است (Leng, 1990).

نتیجه‌گیری

جایگزینی منابع علوفه‌ای معمول (یونجه و کاه) با سرشاخه خرما دارای اندازه ذرات ریز (میانگین هندسی ذرات ۳/۶۹ میلی‌متر) در جیره اثر منفی بر مصرف ماده خشک، افزایش وزن، عملکرد و رفتارهای غذایی نداشت. در مجموع با توجه به اقلیم خشک مناطق جنوب کشور و کمبود علوفه یا نباتات علوفه‌ای می‌توان از کنسانتره و سرشاخه خرما بعنوان تنها منبع علوفه‌ای در جیره دام‌های پرواری استفاده کرد.

پیشنهادها

پیرامون این پژوهش می‌توان تحقیقات دیگری انجام شود. شامل: بررسی اثر جایگزینی یونجه با سرشاخه خرما در عملکرد گاوهای پرواری، بررسی اثر جایگزینی یونجه به طور کامل با سرشاخه خرما یا فرآوری شده در جیره‌های بره‌های پرواری، سیلو کردن برگ خرما با تفاله‌ها مانند: تفاله‌ی مرکبات، تفاله‌ی گوجه‌فرنگی و ... و بررسی مقایسه اندازه ذرات سرشاخه خرما در جیره بره‌های پرواری.

REFERENCES

- Agriculture Statistics of Iran. (2019). The yearbook of agriculture statistics of Iran, Horticulture Products, 2018. *In Bureau of statistics and information technology* (pp. 114 -115). Tehran, Iran: The ministry of Jihad-E-agriculture (In Persian). <http://www.maj.ir/dorsapax/userfiles/file/bagh-96.pdf>.
- Bahman, A. M., J. H. Topps., & Rooke, J. A. (1997). Use of date palm leaves in high concentrate diets for lactating Friesian and Holstein cows. *Journal of Arid Enviroment*, 35, 141-146. <https://doi.org/10.1006/jare.1995.0145>.
- Blanco, C., Bodas, R., Prieto, Andrés, N., S., López, S., & Giráldez, F.J. (2014). Concentrate plus ground barley straw pellets can replace conventional feeding systems for light fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 116(2-3), 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.11.008>
- Chaji M & Khenifer H. (2021). Effects of Treatment by Beam Electron and Alkaline Hydrogen Peroxide on the Nutritional Value of Date Kernel Powder in Ruminants. *Research on Animal Production*. 12(31), 60-68 (In Persian). doi:10.52547/rap.12.31.60.
- Chehma, A., & Longo, H. F. (2001). Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail. *Rev. Energ. Ren.: Production et Valorisation – Biomasse*, 59-64
- Cotanch, K. (2015). uNDF perspectives: How it relates to DMI, rumen fill, stage of lactation and possibly more. *Penn State Extension Dairy Cattle Nutrition Workshop*.
- Doostan, R. (2020). An analysis of rainfall changes in Iran. *Journal of Climate Research*, 1398(40), 13-25 (In Persian).
- FAO. (2023). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Ghasemi, E., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Omid, H. & Emami, M.R. (2015). Effects of chemical treatments on chemical compositions and rumen degradability of rice straw. *Animal Sciences Journal*, 27(105), 193-202 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/asj.2015.100741>.
- Grant, R., Smith, W., & Miller, M. (2020). Relationships between fibre digestibility and particle size for lactating dairy cows. *WCDS Adv. Dairy Technology*, 32, 47-57.
- Haselmann, A., Zehetgruber, K., Fuerst-Waltl, B., Zollitsch, W., Knaus, W., & Zebeli Q. (2019). Feeding forages with reduced particle size in a total mixed ration improves feed intake, total-tract digestibility, and performance of organic dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8839-8849. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16191>.
- Havekes, C. D., Duffield, T.F., Carpenter, A.J., & DeVries, T.J. (2020). Effects of wheat straw chop length in high-straw dry cow diets on intake, health, and performance of dairy cows across the transition period. *Journal of Dairy Science*, 103 (1), 254-271. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17033>.
- Hossain, E. (2021). forage particle size: its implications on behavior performance, health and welfare of dairy cows. *Online Journal of Animal and Feed Research*, 11(3), 71-81. <https://dx.doi.org/10.51227/ojaf.2021.13>.
- Heuzé, V., Tran, G., & Delagarde, R. (2015). Date palm leaves and date pedicels. *Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO*. <https://www.feedipedia.org/node/8012> Last updated on May 11, 2015.
- Huhtanen, P., Asikainen, U., Arkkila, M., & Jaakkola, S. (2007). Cell wall digestion and passage kinetics estimated by marker and in situ methods or by rumen evacuations in cattle fed hay 2 or 18 times daily. *Animal Feed Science and Technology*, 133, 206-227. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.004>.
- Huhtanen, P., Khalili, H., & Juha A. Arndt (2011). Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion *Journal of Dairy Science*, 94(10), 3178-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-00295>
- Kahyani, A., Ghorbani, G.R., Alikhani, M., Ghasemi, E., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Nasrollahi, S.M. (2019). Adjusting for 30-hour undigested neutral detergent fiber in substitution of wheat straw and beet pulp for alfalfa hay and corn silage in the diet of high-producing cows. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 7026-7037. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15740>.
- Kale-Mosalmani, A. S., Ghasemi, E., & Khorvash, M. (2021). Feeding low-quality date leaves as a substitute to conventional forages in dairy cows diet: effects on digestibility, feeding behavior, milk yield, and feed efficiency. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02685-4>.
- Krone, B., Hummel, J., Riek, A., Clauss, M., & Hünerberg, M. (2024). Comparative study of feeding and rumination behaviour of goats and sheep fed mixed grass hay of different chop length. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 108(3), 700-710. <https://doi.org/10.1111/jpn.13928>.
- Khurshid, M.A., Rashid, M.A., Yousaf, M.S., Naveed, S., Shahid, M.Q., & Rehman, H. U. (2023). Effect of straw particle size in high grain complete pelleted diet on growth performance, rumen pH, feeding behavior, nutrient digestibility, blood and carcass indices of fattening male goats. *Small Ruminant Research*, 219, 106907. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.106907>.
- Leng, R.A. (1990). Factors affecting the utilization of 'poorquality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews*, 3, 277-303. <https://doi.org/10.1079/NRR19900016>.
- Leonardi, C., & Armentano, L.E. (2003). Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective

- consumption by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 557-564. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73634-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73634-0).
- Liu, J. H., Bian, G. R., Zhu, W. Y., & Mao, S. Y. (2019). High-grain feeding causes strong shifts in ruminal epithelial bacterial community and expression of Toll-like receptor genes in goats. *Frontiers in Microbiology*, 10, 202. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00202>
- Llonch, L., Castillejos, L., & Ferret, A. (2020). Increasing the content of physically effective fiber in high-concentrate diets fed to beef heifers affects intake, sorting behavior, time spent ruminating, and rumen pH. *Journal of Animal Science*, 98(6), skaa192. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa192>.
- Lopes, F., Cook, D. E., & Combs, D. K. (2015). Validation of an in vitro model for predicting rumen and total-tract fiber digestibility in dairy cows fed corn silages with different in vitro neutral detergent fiber digestibilities at 2 levels of dry matter intake. *Journal of Dairy Science*, 98, 574-585. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8661>.
- Mahgoub, O., Kadim, I. T., Al-Busaidi, M. H., Annamalai, K., & Al-Saqri, N. M. (2007). Effects of feeding ensiled date palm fronds and a by-product concentrate on performance and meat quality of Omani sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 135, 210-221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.07.011>.
- Malik, M.I., Rashid, M.A., Yousaf, M.S., Naveed, S., Javed, K., & Rehman, H. (2020). Effect of physical form and level of wheat straw inclusion on growth performance and blood metabolites of fattening goat. *Animals*, 10(10), 1861. <https://doi.org/10.3390/ani10101861>.
- Marino, R., Caroprese, M., Santillo, A., Sevi, A., & Albenzio, M. (2025). Impact of Dietary-Forage-to-Concentrate Ratio on Podolian Young Bulls' Performance and Nutritional Properties of Meat. *Animals*, 15(2), 166. <https://doi.org/10.3390/ani15020166>
- Medjekal, S, Arhab, R., & Bousseboua, H. (2011). Nutritive value assessment of some desert by-products by gas production and rumen fermentation in vitro. *Livestock Research for Rural Development*, 23 (3), 46. <http://www.lrrd.org/lrrd23/3/medj23046.htm>.
- Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463-1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2).
- Mertens, D. R. (2016). Using uNDF to predict dairy cow performance and design rations. Pages 12-19 in *Proc. Four-State Dairy Nutrition and Management Conference*, Dubuque, IA. Iowa State University.
- Mertens, D. R. (2013). Indigestible versus undigested NDF – *The distinction. Unpublished white paper prepared for Fiber Group meeting at 2013 meeting in Syracuse, NY.*
- Miller-Cushon, E.K., & DeVries, T.J. (2017). Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management. *Journal of Dairy Science*, 100 (5), 4172-4183. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11983>.
- Mohammadi-Mehr A, Ghasemi E, Khorvash M. (2018). Effect of partial replacement of alfalfa hay with wheat straw on digestibility and growth performance of fattening male lambs. *Research on Animal Production*. 9(19), 39-47 (In Persian). doi:10.29252/rap.9.19.39.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y. Y., Holtzapple, M., & Ladisch, M. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource and Technology*, 96, 673-686. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.025>.
- Nazeri Tahrudi, M., Khalili, K., & Ahmadi, F. (2016). Spatial and regional analysis of precipitation trend over Iran in the last half of century. *Water and Soil*, 30(2), 643-654 (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.v30i2.39130>.
- Onche, I. A., Lee, H. G., Lee, J. H., Kim, H. S., & Kim, J. H. (2025). Effects of varying dietary concentrate levels on growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation characteristics, and blood metabolites of Hanwoo steers. *Animals*, 15(4), 490. <https://doi.org/10.3390/ani15040490>
- Pascual, J. J., Fernandez, C., Diaz, J. R., Garces, C., & Rubert-Aleman, J. (2000). Voluntary intake and in vivo digestibility of different date palm fractions by Murciano-Granadina (*Capra hircus*). *Journal of Arid Environments*, 45, 183-189. <https://doi.org/10.1006/jare.1999.0622>.
- Sanaei, M., Barati, G., & Shakiba, A. (2020). Time series analysis of rainy season duration in Iran. *Journal of Climate Research*, 1399(42), 61-76 (In Persian).
- Smith, W.A., Ishida, K., Darrah, J.W., Dann, H.M., Ballard, C.S., Miller, M.D., & Grant, R.J. (2018). Effects of dietary undigested and physically effective neutral detergent fiber on dry matter intake, milk yield and composition, and chewing behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(Suppl 2), 350.
- Tafaj, M., Zebeli, Q., Baes, C., Steingass, H., & Drochner, W. (2007). A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology*, 138(2), 137-161. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.020>
- Valizadeh, R., Salahi, A., Mahmoudi Abyaneh, M., & Salemi, M. (2016). The effect of replacing different levels of wheat straw with date leaves on performance and health of Balochi lambs. *Iranian Animal Science Research Journal*, 78, 92-81 (In Persian).
- Van Saun, R.J. (2013). Determining forage quality: understanding feed analysis. Penn State Extension.

- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Yang, W.Z., & Beauchemin, K.A. (2007). Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2826-2838. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0032>