



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of substituting different levels of *Camellina sativa* meal instead of soybean meal on performance, rumen fermentation parameters, blood metabolites, and feeding behavior of fattening lambs

S. Nazari¹, A. Azizi^{2*}, A. Kiani³, A. Sharifi⁴

1. MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

3. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

4. Assistant Professor, Animal Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

(Received: 10-11-2021 – Accepted: 26-02-2022)

Introduction: In the animal husbandry industry, more than 70% of the production costs are related to nutrition. Among the nutrients consumed by livestock, protein is one of the most important and expensive nutrients. Due to Iran's limitations in the production of oilseeds and consequently the production of protein meals, providing the protein needs of livestock has been associated with many problems. The use of new and especially local protein sources in ruminant feeding is one of the main solutions to cover the lack of protein sources and reduce the import of these sources, and it also reduces production costs in the livestock and poultry industry. *Camellina sativa* medicinal-oil plant has attracted a lot of attention, especially in recent years, and its most important advantage is extreme resistance to drought and cold conditions. The presence of high amounts of crude protein (CP), energy, and essential amino acids in camelina meal makes it a useful and potential option for use in the livestock and poultry feed industry. It was shown that the CP content of camelina meal was 41.9% of dry matter. Also, camelina meal has higher CP content and similar rumen undegradable protein compared to canola meal. In terms of lysine and methionine amino acids, which are important in muscle growth, camelina meal is considered a rich source. Camelina is a plant with a short growth period of 85-100 days and recently in Iran at the beginning of the camelina development project, the DH1025 line was produced, which is cultivated under the name of Soheil variety on a wide scale. Various studies have been conducted on the use of camelina meal for different purposes in ruminant nutrition. This is while there is little information about the nutrition of camelina meal and especially Soheil variety in the nutrition of ruminants in Iran. Therefore, this research aimed to investigate the effects of different levels of camelina meal on growth performance, rumen fermentation parameters, blood metabolites, and nutritional behavior of Lori-Bakhtiari lambs.

Materials and methods: Thirteen Lori-Bakhtiari male lambs of four to five months of age with a mean live weight of 34.5±5 kg were used for 70 days of the experimental fattening period. Lambs were assigned to three experimental treatments (10 lambs per treatment) in a completely randomized design. Three experimental diets contained camelina meal at levels of zero (control), five, and 10% of dry matter (DM). Experimental diets were formulated according to nutritional requirement tables for small ruminants and were similar in terms of energy and protein. Also, the ratio of forage to concentrate in the diets was considered to be 30 to 70. From the first day, the animals were kept and reared in individual stalls. Two weeks before the start of the experiment (adaptation period), the lambs were vaccinated against enterotoxemia and the amount of 20 mL of anti-parasitic syrup (5% Clozantel) per 10 kg of body weight and niclosamide anti-parasitic syrup (seven to 10 mL per lamb) was fed to

* Corresponding author: azizi.ay@lu.ac.ir



the lambs. Camelina meal used in this project was a genetically modified and localized variety. Experimental rations were provided in a completely mixed form (TMR) to the lambs daily at 8:00 am and 4:00 pm.

Results and discussion: Results showed that increasing the level of camelina meal in the diet increased linearly the concentration of ruminal ammonia, propionate, and blood urea nitrogen ($P<0.05$), while ruminal pH and other individual volatile fatty acids, and blood parameters were not affected by the experimental diets ($P>0.05$). The activity of carboxymethyl cellulase enzymes decreased linearly with increasing the level of camelina meal in the diet ($P<0.05$). However, the activity of other rumen microbial enzymes was not affected by the experimental diets ($P>0.05$). In terms of behavioral traits, diets had no effect on DM and NDF intake, and also final body weight and average daily gain ($P>0.05$). Except for the amount of rumination and the ratio of rumination to DM intake, which increased linearly with increasing the level of camelina meal in the diet ($P<0.05$), other nutritional behaviors were not affected by the experimental diets ($P>0.05$).

Conclusions: In general, the results of the present study showed that the use of camelina meal, as a new source of protein, instead of soybean meal up to 10% of dietary DM of fattening lambs is recommended.

Keywords: Fattening lamb, Rumen fermentation, Nutritional behavior, Enzyme activity, Camelia meal

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 Lorestan University, 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 authors thank Lorestan University for providing the necessary facilities to conduct this research.

How to cite this article:

Nazari S., Azizi A., Kiani A. and Sharifi A. 2022. Effect of substituting different levels of *Camellina sativa* meal instead of soybean meal on performance, rumen fermentation parameters, blood metabolites, and feeding behavior of fattening lambs. *Animal Production Research*, 11(2): 17-30. doi: 10.22124/AR.2022.21052.1661



مقاله پژوهشی

اثر جایگزینی سطوح مختلف کنجاله کاملینا به جای کنجاله سویا بر عملکرد، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه، متابولیت‌های خونی و رفتارشناسی تغذیه‌ای بره‌های پرواری

سمیرا نظری^۱، ایوب عزیزی^{۲*}، علی کیانی^۳، افروز شریفی^۴^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان^۲ - استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان^۳ - دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان^۴ - استادیار، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷)

چکیده

در این تحقیق، اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه، متابولیت‌های خونی و رفتارشناسی تغذیه‌ای بره‌های نژاد لری-بختیاری بررسی شد. بدین منظور از ۳۰ رأس بره نر نژاد لری-بختیاری با بازه سنی چهار تا پنج ماهه و میانگین وزنی 34.5 ± 5 کیلوگرم به مدت ۷۰ روز استفاده شد. دام‌ها با سه جیره آزمایشی شامل سطوح صفر، پنج و ۱۰ درصد کنجاله کاملینا که جایگزین کنجاله سویا شده بود و ۱۰ تکرار (بره) در هر تیمار در قالب طرح کاملاً تصادفی تغذیه شدند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره، غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه، اسید چرب پروپیونات و غلظت نیتروژن اوره‌ای خون به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0.05$). هرچند، جیره‌های آزمایشی اثری بر pH شکمبه و غلظت سایر اسیدهای چرب فرار نداشت. میزان فعالیت آنزیم شکمبه‌ای کربوکسی متیل سلولاز با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره به‌طور خطی کاهش یافت ($P < 0.05$)، اما فعالیت سایر آنزیم‌های شکمبه‌ای تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. جیره‌های غذایی تأثیری بر مصرف ماده خشک و NDF، وزن نهایی بدن و میانگین افزایش وزن روزانه نداشتند. به‌جز میزان نشخوار کردن و نسبت نشخوار کردن به ماده خشک مصرفی که با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0.05$)، سایر صفات رفتارشناسی تغذیه‌ای تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفتند. در کل، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از کنجاله کاملینا، به عنوان یک منبع پروتئینی جدید، به جای کنجاله سویا تا سطح ۱۰ درصد ماده خشک جیره غذایی بره‌های پرواری قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بره پرواری، تخمیر شکمبه، رفتارشناسی تغذیه‌ای، فعالیت آنزیمی، کنجاله کاملینا

* نویسنده مسئول: azizi.ay@lu.ac.ir

مقدمه

بیش از ۷۰ درصد هزینه‌های تولید در صنعت دامپروری مربوط به تغذیه است (Azizi et al., 2018). در بین مواد مغذی مصرفی به وسیله دام‌ها، پروتئین یکی از مهمترین و گران‌ترین مواد مغذی است. با توجه به محدودیت کشور ایران در تولید دانه‌های روغنی و به تبع آن، تولید کنجاله‌های پروتئینی، تأمین احتیاجات پروتئینی دام‌ها با مشکلات زیادی همراه بوده است. افزایش تقاضا برای دانه‌های روغنی از یک طرف و محدودیت تولید این محصولات در اثر محدودیت منابع آبی، زمین، هزینه‌های رو به رشد، انرژی و کودها و بروز خشکسالی از سوی دیگر وجود دارد (Mahdavi, 2011). کنجاله سویا مرغوب‌ترین کنجاله پروتئینی است (Mahdavi, 2011)، اما قیمت آن در مقایسه با سایر کنجاله‌ها بالاتر است. با توجه به مصرف بالای آب در کشت دانه سویا و کلزا، ضرورت دارد تا گیاهی با مصرف آب کمتر معرفی شود (Kahrizi et al., 2016). به هر حال، کاربرد منابع جدید و به خصوص بومی پروتئینی در تغذیه نشخوارکنندگان یکی از راه‌حل‌های اصلی پوشش دادن کمبود منابع پروتئینی و کاهش واردات منابع مذکور بوده، و از طرفی سبب کاهش هزینه‌های تولید در صنعت دام و طیور نیز می‌شود (Kahrizi et al., 2015). مهمترین مزیت گیاه دارویی-روغنی کاملینا ساتیوا (Camelina sativa)، که به خصوص در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است، مقاومت فوق‌العاده به خشکی و سرما است (Kahrizi et al., 2016). مصرف آب این گیاه کم است (Gesch and Johnson, 2015) و پتانسیل عملکردی بالا در آن به اثبات رسیده است (Kahrizi et al., 2016). این گیاه جزء خانواده چلیپانیان (McVay et al., 2008) و با محتوای روغن زیاد (حدود ۶۰-۲۸ درصد ماده خشک) است (Moser and Steven, 2010). وجود مقادیر بالای پروتئین، انرژی و اسیدهای آمینه ضروری در کنجاله کاملینا سبب شده که بتواند گزینه مفید و بالقوه‌ای برای استفاده در صنعت تغذیه دام و طیور باشد (Cherian, 2012). در پژوهشی، محتوای پروتئین خام کنجاله کاملینا ۴۱/۹ درصد ماده خشک گزارش شده است (Paula et al., 2019). همچنین، کنجاله کاملینا محتوای پروتئین خام بیشتری داشته و دارای مقادیر پروتئین تجزیه‌ناپذیر در شکمبه (RUP) مشابهی در مقایسه با کنجاله کانولا است

(Colombinis et al., 2014). از نظر اسیدهای آمینه لیزین و متیونین که در رشد عضلانی اهمیت دارند، کنجاله کاملینا منبعی غنی به شمار می‌رود (Ghamarnia et al., 2020). کاملینا گیاهی با دوره رشد کوتاه ۸۵-۱۰۰ روزه است و به تازگی در ایران در ابتدای پروژه توسعه کاملینا، لاین DH1025 تولید شده که با نام رقم سهیل در سطح وسیع کشت می‌شود (Kahrizi et al., 2015). مطالعات مختلفی در ارتباط با استفاده از کنجاله کاملینا با اهداف مختلف در تغذیه نشخوارکنندگان صورت گرفته است (Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2011; Cappellosa et al., 2016; Lawrence et al., 2012)، این در حالی است که اطلاعات اندکی راجع به تغذیه کنجاله کاملینا و به خصوص رقم سهیل در تغذیه نشخوارکنندگان در ایران انجام شده است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی آثار سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه، متابولیت‌های خونی و رفتار تغذیه‌ای بره‌های پروراری نژاد لری-بختیاری بود.

مواد و روش‌ها

دام‌ها و تیمارهای آزمایشی: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار آزمایشی و ۱۰ بره (تکرار) در هر تیمار آزمایشی (جمعاً ۳۰ بره) در ایستگاه دامپروری دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. سن دام‌ها در بازه چهار تا پنج ماه قرار داشت و میانگین وزن بره‌ها نیز $34/5 \pm 5$ بود. دام‌ها از روز اول در جایگاه انفرادی با ابعاد طول، عرض و ارتفاع به ترتیب $100 \times 100 \times 150$ سانتی‌متر نگهداری و پرورش داده شدند. دو هفته قبل از شروع آزمایش، بره‌ها علیه بیماری انتروتوکسمی واکسینه شدند و میزان ۲۰ میلی‌لیتر شربت ضد انگل کلوزانتل پنج درصد به ازای هر ۱۰ کیلوگرم وزن بدن و شربت ضد انگل دامپاکاونیل (نیکلوزوماید) به ازای هر ۱۵ کیلوگرم وزن بدن (هفت تا ۱۰ میلی‌لیتر به ازای هر بره) به بره‌ها خوراندند. دام‌ها به مدت ۸۰ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که ۱۰ روز اول به عنوان دوره عادت‌پذیری دام‌ها به جیره‌های آزمایشی و جایگاه انفرادی و ۷۰ روز باقیمانده به عنوان دوره اصلی آزمایش در نظر گرفته شد. جیره‌های آزمایشی به‌صورت کاملاً مخلوط (TMR) در دو نوبت ساعت هشت صبح و چهار عصر در اختیار بره‌ها قرار گرفت. هر روز صبح قبل از خوراک‌دهی وعده صبح، پس‌مانده خوراک هر بره از

آخور جمع‌آوری شده و سپس خوراک تازه در آخور قرار می‌گرفت. جیره‌های آزمایشی که بر اساس جداول احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان کوچک (NRC, 2007) تنظیم شده بودند، به ترتیب شامل سطوح صفر (تیمار شاهد)، پنج و ۱۰ درصد کنجاله کاملینا بودند که جایگزین کنجاله سویای جیره شده بود. کنجاله کاملینای مورد استفاده در طرح حاضر، یک وارسته اصلاح ژنتیکی و بومی-سازی شده بود (رقم سهیل، لاین DH1025) که از دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه و موسسه تحقیقات کشاورزی دیم استان کرمانشاه تهیه شد. ترکیب شیمیایی کنجاله کاملینا در جدول ۱ ارائه شده است.

جیره‌های آزمایشی از نظر انرژی و پروتئین مشابه بودند و نسبت علوفه به کنسانتره آنها به ترتیب ۳۰ به ۷۰ در نظر گرفته شد. اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است. ترکیب شیمیایی کنجاله کاملینای استفاده شده در تحقیق حاضر در آزمایشگاه تعیین شد. به منظور تعیین ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی، نیاز به داشتن ترکیب شیمیایی سایر اقلام خوراکی بود که بدین منظور از منابع موجود استفاده شد (NRC, 2007). میزان ماده خشک کنجاله کاملینا در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت و چربی خام به روش سوکسوله تعیین شد (AOAC, 2005). میزان خاکستر خام در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس تعیین شد (AOAC, 2005). میزان ADF و NDF به ترتیب بر اساس روش‌های (AOAC, 2005) و (Van Soest et al., 1991) محاسبه شد. همچنین انرژی قابل سوخت و ساز کنجاله کاملینا با استفاده از آزمون تولید گاز تعیین شد (Menke and Steingass, 1988).

نمونه‌گیری از مایع شکمبه: جهت تعیین فراسنجه‌های شکمبه شامل pH، غلظت آمونیاک و اسیدهای چرب فرار

شکمبه، در روز ۴۵ آزمایش و سه ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح، مایع شکمبه با لوله مری از تمامی دام‌ها اخذ شد. البته میزان ۱۰ تا ۲۰ میلی‌لیتر اولیه جهت کاهش آثار منفی بزاق بر pH دور ریخته شد. ابتدا pH محتویات شکمبه بلافاصله با دستگاه pH متر سیار (مدل 744؛ شرکت Metrohm سوئیس) اندازه‌گیری شد. سپس محتویات شکمبه از چهار لایه پارچه متقال عبور داده شد و به ازای هر ۱/۲ میلی‌لیتر مایع شکمبه، ۰/۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید ۲۵ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها جهت تجزیه اسیدهای چرب فرار با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Chrompack cp, 9002) به فریزر با دمای ۲۰- درجه سلسیوس انتقال داده شدند. از ۲-۳ تیل بوتیریک اسید به عنوان استاندارد داخلی جهت تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده شد. قبل از تزریق به دستگاه، پس از یخ‌گشایی نمونه‌ها در دمای اتاق، آنها به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰×g و در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شدند و سپس مایع شفاف رویی به داخل ویال‌های مخصوص کروماتوگرافی انتقال داده شد. برای هر نمونه، میزان ۰/۲ میکرولیتر به وسیله سرنگ همپلتون به داخل دستگاه تزریق شد. ستون دستگاه (Carboxen TM 1000, 45/60) دارای طول ۱۲۲ سانتی‌متر و قطر ۱/۸ میلی‌متر بود. جریان گازهای نیتروژن، هیدروژن و هوا به داخل ستون به ترتیب ۳۰، ۳۰ و ۳۲۰ میلی‌لیتر در دقیقه بود. همچنین، برای بررسی غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه، ابتدا مقدار پنج میلی‌لیتر دیگر مایع شکمبه با پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال کاملاً مخلوط شده و سریعاً به فریزر با دمای ۲۰- درجه سلسیوس منتقل شد (Broderick and Kang, 1980). غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بر اساس روش فنل-هیپوکلریت تعیین شد (Broderick and Kang, 1980).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کنجاله کاملینا و کنجاله سویای مورد استفاده در آزمایش حاضر (بر حسب درصد ماده خشک یا واحد بیان شده)

	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber	Ether extract	ME (Mcal/kg DM)
Camelina meal	91.2	92.7	41.1	32.4	22.5	6.88	2.51
Soybean meal	90.1	93.4	44.5	14.9	10.5	1.65	2.75

جدول ۲- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی (بر حسب درصد ماده خشک یا واحد بیان شده) جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف کنجاله کاملینا

Table 2. Ingredients and chemical composition (% DM or as stated) of experimental diets containing different levels of camelina meal

Ingredients	Camelina meal level in the diet (% DM)		
	0	5	10
Alfalfa hay (dried)	25.0	25.0	25.0
Wheat straw	5.0	5.0	5.0
Barley grain, ground	30.0	30.0	30.0
Corn grain, ground	18.0	18.0	18.0
Soybean meal	10.0	5.0	-
Camelina meal	-	5.0	10.0
Wheat bran	8.10	8.10	8.10
Mineral and vitamin premix ¹	3.50	3.50	3.50
Urea	0.40	0.40	0.40
Chemical composition			
Dry matter	90.0	90.0	90.1
Organic matter	91.8	91.7	91.7
Crude protein	16.25	16.20	16.10
Neutral detergent fiber (NDF)	30.60	31.50	32.50
Ether extract	2.61	2.86	3.11
Ca	0.87	0.89	0.91
P	0.40	0.42	0.44
ME (Mcal/kg DM)	2.62	2.60	2.59

¹ The mineral and vitamin premix contained (1 kg premix): 25000 IU vitamin A, 5000 IU vitamin D₃, 1000 IU vitamin E, 1250 mg Mn, 375 mg Cu, 25 mg Se, 140000 mg Ca, 2500 mg P, 20 mg Co, 25mg Iodine, 25000 mg Mg, 25000 mg Na (NaCl), 25000 mg Na (NaHCO₃), 1000 mg antioxidant.

pH برابر با ۶/۸)، یک میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و یک میلی‌لیتر میکروکریستالین سلولز یک درصد (به عنوان سوبسترا) بود در دمای ۳۹ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت مورد انکوباسیون قرار گرفت.

به منظور محاسبه فعالیت کاغذ صافی، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، یک میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و ۰/۵ گرم کاغذ صافی واتمن شماره یک (به عنوان سوبسترا)، در دمای ۳۹ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت انکوبه شد. به منظور محاسبه فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، نیم میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و نیم میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد بود که در دمای ۳۹ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه شد. در همه آزمون‌های مذکور، واکنش با افزودن سه میلی‌لیتر محلول اسید دی‌نیتروسالیسیلیک متوقف شد. گلوکز آزاد شده در اثر فعالیت هر یک از آنزیم‌های مورد آزمون بر اساس روش (Miller 1959) تخمین زده شد. فعالیت‌های آنزیمی بر اساس این فرض که

فعالیت آنزیم‌های میکروبی شکمبه شامل کربوکسی متیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز، فعالیت تجزیه کاغذ صافی و آلفا آمیلاز موجود در مایع شکمبه بر اساس روش (Agarwal 2000) تخمین زده شد. روش کار به این صورت بود که نمونه‌های مایع شکمبه به مدت ۲۰ دقیقه و با دور ۵۰۰×g سانتریفیوژ شده و بقایای پلت جمع‌آوری شد. سپس بقایا با تتراکلرید کربن و آنزیم لیزوزیم (سیگما آلدریج، CAS Number 12650-88-3) فرآیند شدند و مخلوط آنزیم‌های مایع شکمبه در بافر فسفات در سانتریفیوژ با دور ۲۷۰۰×g در دمای چهار درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه به‌دست آمد. برای تخمین فعالیت کربوکسی متیل سلولاز، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، ۰/۵ میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و ۰/۵ میلی‌لیتر کربوکسی متیل سلولز یک درصد (سیگما آلدریج - CAS Number 9004-32-4) بود که در دمای ۳۹ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت انکوبه شد. مخلوط واکنش برای آنزیم میکروکریستالین سلولاز که شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با

که در این مدل، Y_{ij} ، μ ، T_i و e_{ij} به ترتیب رکورد مشاهده شده، میانگین کل، اثر ثابت تیمار آزمایشی تام و اثر خطای آزمایشی بود. مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

برای تجزیه داده‌های مربوط به عملکرد رشد از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ij} = T_i + \beta (X_{ij} - \bar{X}) + e_{ij}$$

که در آن، Y_{ij} صفت مورد نظر، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار آزمایشی، β ضریب رگرسیون، X_{ij} وزن اولیه با میانگین $\bar{X}$ و e_{ij} خطای تصادفی است. برای مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده از مقایسات بررسی آثار خطی (L) و غیرخطی (Q) سطوح مختلف رطوبت جیره و در سطح معنی‌داری پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد رشد و رفتار مصرف خوراک: همان‌گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف کنجاله کاملینا تأثیری بر وزن نهایی بدن، میانگین افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک و لیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) نداشتند. در مطالعات مختلف، کنجاله کاملینا در جیره غذایی تلپسه‌ها (Lawrence *et al.*, 2016)، گاوهای شیری (Hurtaud and Peyraud, 2007; Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2011) و گاوهای گوشتی (Cappelozza *et al.*, 2012) استفاده شده است. در برخی از این آزمایشات، تغذیه کنجاله کاملینا تأثیری بر میزان مصرف خوراک یا عملکرد حیوانات نداشت (Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2016; Lawrence *et al.*, 2011) که مشابه نتایج تحقیق حاضر است. با این حال، محققین دیگر دریافتند که هنگامی که در جیره گاوهای شیری، یک جیره علوفه‌ای با مقدار محدودی کنسانتره حاوی کنجاله کاملینا (Cappelozza *et al.*, 2012) استفاده شد، کاهش معنی‌دار یا تمایل به کاهش در ماده خشک مصرفی مشاهده شد (Hurtaud and Peyraud, 2007).

با افزایش سطح کنجاله در جیره، میزان نشخوار کردن به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0.05$)، هرچند میزان خوردن و جویدن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره، نسبت نشخوار کردن به ماده خشک مصرفی به‌طور خطی افزایش یافت

یک واحد آنزیمی توانایی تولید یک میکرو مول گلوکز در هر دقیقه در میلی‌لیتر را در شرایط مخلوط واکنش دارد محاسبه شد. پس از متوقف نمودن واکنش با افزودن یک میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید، میزان پروتئین نمونه‌ها تعیین شد (Lowry *et al.*, 1951).

خون‌گیری/ز دام‌ها: جهت تعیین اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر فراسنجه‌های خونی بره‌ها (شامل گلوکز، پروتئین تام و نیتروژن اوره‌ای خون (BUN))، در روز ۵۰ آزمایش و سه ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح، خون‌گیری از همه دام‌ها در ونوجکت‌های حاوی ماده ضد انعقاد (EDTA) انجام شده و آن‌ها بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نمونه‌ها در آزمایشگاه با دور $1500 \times g$ و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شدند و سپس پلاسمای جدا شده به داخل میکروتیوب‌های جدید قرار داده شده و تا روز تجزیه فریز شدند.

فراسنجه‌های عملکردی و رفتارشناسی تغذیه‌ای: طی دوره اصلی آزمایش، روزانه خوراک مصرفی دام‌ها کنترل شد و به نحوی تغذیه شدند که حداقل پنج درصد پسماند در آخور آن‌ها باقی بماند. خوراک در دو وعده خوراکی یکسان و در زمان‌های هشت صبح و چهار عصر در اختیار دام‌ها قرار گرفت. همه حیوانات همواره به آب تمیز دسترسی داشتند. در پایان دوره آزمایش و پس از ۱۶ ساعت گرسنگی، دام‌ها توزین شدند و از اختلاف وزن بعد و قبل از شروع پرورار، وزن نهایی هر رأس دام تعیین شد. میانگین افزایش وزن روزانه هر دام با تقسیم کردن کل افزایش وزن (بر اساس کیلوگرم) به کل خوراک مصرفی (بر حسب کیلوگرم) به‌دست آمد. به منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی روی رفتار مصرف خوراک دام‌ها، در روز ۵۵ آزمایش و به مدت ۲۴ ساعت، فراسنجه‌های رفتاری دام‌ها شامل مصرف خوراک، رفتار جویدن و رفتار نشخوار کردن از راه بصری کنترل شد (Kononoff *et al.*, 2002). بررسی وضعیت رفتار دام‌ها هر پنج دقیقه یک‌بار به مدت ۲۴ ساعت ممتد ثبت شد.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی، فعالیت آنزیمی شکمبه و صفات رفتارشناسی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (2005) و با مدل آماری زیر انجام شد:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

در مطالعه حاضر، pH شکمبه دام‌ها تحت تاثیر تغذیه جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت و در محدوده طبیعی ۶/۱ تا ۷/۱ قرار گرفت (Van Soest, 1982). عامل pH شکمبه به تولید بزاق، تولید و جذب اسیدهای چرب کوتاه زنجیره (SCFA)، نوع و سطح خوراک مصرفی وابسته است (Aschenbach *et al.*, 2011) و دائماً تغییر می‌کند (Russell and Strobel, 1989)، اما معمولاً در دامنه ۶/۱ تا ۷/۱ باقی می‌ماند (Van Soest, 1982). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، در آزمایشی روی گاوهای شیری تغذیه شده با دانه کاملینا، تأثیری روی pH شکمبه مشاهده نشد (Martin *et al.*, 2016). همچنین در یک پژوهش، انکوباسیون دانه کاملینا در محیط کشت حاوی شیرابه شکمبه گاو، تأثیری روی pH شکمبه در بین تیمارهای آزمایشی نداشت (Brandao *et al.*, 2018). در کل، به نظر می‌رسد که دانه‌های روغنی یا کنجاله‌های آن‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی pH شکمبه نداشته باشند (Pires *et al.*, 2005; Reveneau *et al.*, 1997). در مطالعه حاضر، کنجاله کاملینا باعث افزایش غلظت نیترژن آمونیاکی در بین تیمارها شد. دلیل این امر می‌تواند تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای بیشتر کنجاله کاملینا در مقایسه با کنجاله سویا باشد که با آن جایگزین شده است (Lawrence *et al.*, 2016).

($P < 0.05$)، هرچند نسبت جویدن به ماده خشک مصرفی و نیز نسبت خوردن به ماده خشک مصرفی در بین تیمارهای آزمایشی معنی‌دار نبود. نسبت هر کدام از صفات خوردن، نشخوار کردن و جویدن به NDF مصرفی در بین تیمارها معنی‌دار نبود. افزایش میزان نشخوار و نیز نسبت نشخوار به ماده خشک مصرفی با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره غذایی احتمالاً به دلیل سطح NDF بیشتر در جیره‌های مذکور بوده است (جدول ۲). افزایش میزان NDF مصرفی (جدول ۳) با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره غذایی تمایل به افزایش داشت که می‌تواند دلیل دیگری برای این امر باشد.

فراسنجه‌های تخمیر شکمبه: اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا روی پارامترهای تخمیر شکمبه در جدول ۴ نشان داده شده است. جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح کنجاله کاملینا تأثیری روی pH شکمبه نداشتند، این در حالی است که با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره، غلظت آمونیاک شکمبه به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0.05$). با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره، غلظت پروپیونات به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0.05$)، اما غلظت کل اسیدهای چرب فرار شکمبه، استات، بوتیرات، ایزوبوتیرات، والرات، ایزوالرات و نسبت استات به پروپیونات تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفتند.

جدول ۳- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر عملکرد رشد و رفتار تغذیه‌ای بره‌های پرواری
Table 3. Effect of experimental diets containing different levels of camelina meal on growth performance and feeding behavior of fattening lambs

Item	Camelina meal level in the diet (%)			SEM	Contrast	
	0	5	10		Linear	Quadratic
Initial body weight (kg)	35.1	35.9	35.9	-	-	-
Final body weight (kg)	50.9	51.3	50.9	1.35	0.78	0.53
Average daily gain (g)	284	279	271	10.6	0.56	0.69
DM intake (g/d)	1824	1755	1750	70.2	0.46	0.72
NDF intake (g/d)	564	554	583	12.5	0.10	0.53
Eating (min/d)	309	294	299	9.15	0.43	0.37
Rumination (min/d)	272 ^b	277 ^{ab}	299 ^a	7.25	0.02	0.36
Chewing (min/d)	581	571	598	14.79	0.24	0.14
Eating/DM intake	171	168	172	9.35	0.93	0.75
Rumination/DM intake	149 ^b	158 ^{ab}	172 ^a	5.13	0.01	0.64
Chewing/DM intake	321	326	344	12.9	0.22	0.68
Eating/NDF intake	549	532	525	32.1	0.46	0.87
Rumination/NDF intake	484	500	526	18.03	0.11	0.85
Chewing/NDF intake	1032	1034	1050	34.2	0.69	0.84

^{a-b} In each row, values with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای بره‌های پرواری
Table 4. Effect of experimental diets containing different levels of camelina meal on rumen fermentation parameters of fattening lambs

Item	Camelina meal level in the diet (% DM)			SEM	Contrast	
	0	5	10		Linear	Quadratic
pH	6.27	6.22	6.20	0.042	0.26	0.77
Ammonia (mg/dL)	18.56 ^b	19.71 ^{ab}	20.41 ^a	0.482	0.02	0.70
VFA (mmol/L)						
Total VFA	90.2	89.9	91.1	1.19	0.57	0.59
Acetate	55.7	55.1	54.4	1.04	0.38	0.97
Propionate	17.3 ^b	17.9 ^b	19.8 ^a	0.465	0.01	0.27
Butyrate	12.6	12.1	12.2	0.368	0.50	0.52
Isobutyrate	2.34	2.42	2.47	0.126	0.47	0.88
Valerate	1.27	1.30	1.25	0.054	0.70	0.56
Isovalerate	1.02	1.10	1.06	0.095	0.77	0.61
Acetate : propionate	3.20	3.09	2.81	0.162	0.11	0.67

^{a-b} In each row, values with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

می‌کند. تغذیه کاملینا باعث کاهش جمعیت باکتری‌های رومینوکوکس و بوتیریو ویبریو در شکمبه شده که آن‌ها در تولید استات و بوتیرات اهمیت دارند (Bergman, 1990). در پژوهش دیگری بیان شده است که تغذیه کنجاله کاملینا به گاوهای شیری باعث افزایش نسبت پروپیونات و کاهش استات در مقایسه با گروه شاهد شده است (Hurtaud and Peyraud, 2007). همچنین، تغذیه کنجاله کاملینا به گاوهای شیری در مقایسه با گروه شاهد با افزایش تولید نسبت پروپیونات و کاهش استات شکمبه همراه بوده است (Lawrence et al., 2016). افزایش میزان پروپیونات در جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا را می‌توان بدین شکل توضیح داد که جیره‌های حاوی PUFA معمولاً تخمیر شکمبه را از راه افزایش تولید پروپیونات و کاهش سطح استات و بوتیرات و یا کاهش تولید هر دوی این اسیدهای چرب فرار تغییر می‌دهند (Ueda et al., 2003; Hurtaud and Peyraud, 2007; Shingfield et al., 2008). که این امر ممکن است مرتبط با آثار سمی اسیدهای چرب آلفا لینولنیک و آلفا لینولنیک روی باکتری‌های تجزیه کننده سلولز شکمبه باشد (Maia et al., 2007; Yang et al., 2009). اسیدهای چرب فرار در شکمبه عمدتاً استات، پروپیونات و بوتیرات هستند که نشان دهنده کل اسیدهای چرب فرار تولیدی در فرآیند تخمیر شکمبه است. اسیدهای چرب فرار، انرژی قابل سوخت و ساز مورد نیاز را برای حیوان نشخوارکننده فراهم می‌کنند (Bergman, 1990). در مطالعات آزمایشگاهی به منظور مقایسه ویژگی‌های تخمیری کنجاله سویا و کنجاله کاملینا، سطوح استات و

در مطالعات *in situ*، میزان تجزیه پذیری پروتئین کنجاله کاملینا، ۷۶ درصد گزارش شده است که نسبت به کنجاله سویا (۵۸ درصد) و کنجاله کلزا (۵۲ درصد) بیشتر است (Lawrence et al., 2016). در مطالعات انجام شده بیان شده که غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در جیره حاوی کنجاله کاملینا در مقایسه با کنجاله کتان و غلات تقطیری بیشتر بوده است (Lawrence et al., 2016). همچنین، در مطالعه دیگری، انکوبه کردن جیره‌های حاوی ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره که با دانه کاملینا مکمل شده بودند، غلظت نیتروژن آمونیاکی را افزایش داد (Wang et al., 2017)، که مطابق با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر است. افزایش غلظت پروپیونات در جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا احتمالاً به دلیل غلظت بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA) در کنجاله مذکور در مقایسه با کنجاله سویا بوده است که تخمیر شکمبه را به سمت تولید پروپیونات بیشتر و کاهش تولید استات و بوتیرات سوق داده است (Ueda et al., 2003; Hurtaud and Peyraud, 2007; Shingfield et al., 2008). غلظت اسیدهای چرب اولئیک، لینولنیک و لینولنیک اسید در کنجاله کاملینا به ترتیب ۱۹/۹، ۲۸/۵ و ۴۱/۳ درصد از کل چربی خام را تشکیل می‌دهند (Hurtaud and Peyraud, 2007)، اما این مقادیر در کنجاله سویا به ترتیب ۱۵/۱، ۵۴ و ۹/۷ درصد گزارش شده است (Lopes et al., 2017).

جیره‌های آزمایشی تغذیه شده (جدول ۲) نیز که در آن با افزایش سطح کنجاله کاملینا، میزان چربی خام جیره افزایش یافته است نتایج اشاره شده در بخش بالا را تأیید

کل اسیدهای چرب فرار در کنجاله سویا بالاتر گزارش شده است (Sizmaz *et al.*, 2021).

فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک میکروبی شکمبه: بر اساس نتایج جدول ۵، فعالیت آنزیم‌های کربوکی متیل سلولاز با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره به‌طور خطی کاهش یافت ($P < 0.05$). هرچند، فعالیت سایر آنزیم‌های میکروبی شکمبه شامل میکرو کریستالین سلولاز، فعالیت تجزیه کاغذ صافی و آلفا آمیلاز تحت تأثیر سطوح مختلف کنجاله کاملینا در جیره غذایی قرار نگرفت.

نشخوارکنندگان، الیاف را با بازدهی مطلوبی استفاده می‌کنند (Oltjen and Beckett, 1996). الیاف عمدتاً شامل سلولز و همی سلولز بوده و میکروارگانیزم‌های غالب شکمبه

مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها از راه تولید و ترشح آنزیم‌های متنوع در فرآیند هضم نقش دارند (Immanuel, 2006). آنزیم‌های سلولاز قادر هستند پیوندهای گلیکوزیدی بتا-۴ و ۱-۴ در زنجیره سلولز را که از واحدهای گلوکز با اتصالات بتا-۱ و ۴ به هم متصل شده‌اند و کریستال‌های سلولز را به وجود می‌آورند، هیدرولیز نمایند (Lee and Koo, 2001). (Kotchoni *et al.*, 2003) کاهش فعالیت آنزیم‌های کربوکی متیل سلولاز با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره احتمالاً به دلیل کاهش دسترسی باکتری‌های فیبرولایتهیک به منابع الیافی به دلیل محتوای بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع اسید لینولئیک و اسید لینولنیک در کنجاله کاملینا بوده است.

جدول ۵- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک میکروبی (واحد

فعالیت در میلی‌لیتر در دقیقه) شکمبه بره‌های پرواری

Table 5. Effect of experimental diets containing different levels of camelina meal on rumen microbial hydrolytic enzyme activities of fattening lambs (U/mL/min)

Item	Camelina meal level in the diet (% DM)			SEM	Contrast	
	0	5	10		Linear	Quadratic
Carboxy methyl cellulase	23.8 ^a	21.1 ^b	19.4 ^b	0.753	0.01	0.58
Micro crystalline cellulase	4.88	4.76	4.71	0.311	0.71	0.91
Filter paper degrading activity	18.6	18.3	18.1	1.65	0.84	0.98
a- amylase	59.8	60.6	63.4	2.24	0.27	0.72

^{a-b} In each row, values with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

آثار مهاری این اسیدهای چرب بر رشد میکروارگانیزم‌های تجزیه‌کننده سلولز از راه اتصال به مواد لیگنوسلولزی، می‌تواند جهت پیش‌بینی میزان کاهش تولید آنزیم‌های سلولزی در جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا استفاده شود. از طرفی، بیان شده است که عوامل ضدتغذیه‌ای مثل سیناپین‌ها، گلوکوزینولات‌ها و اورسیک اسیدها نیز راندمان استفاده از الیاف در تغذیه نشخوارکنندگان را محدود می‌کنند (Lardy and Kerley, 1994; Matthäs, 1997) که می‌تواند از راه پیوند با مواد لیگنوسلولزی باعث کاهش اتصال میکروارگانیزم‌ها و در نهایت کاهش تولید و فعالیت این آنزیم‌ها شده باشد. بر خلاف این نتایج، در مطالعاتی با استفاده از روغن کاملینا، تأثیری روی باکتری‌های هضم-کننده الیاف مشاهده نشد (Kotchoni *et al.*, 2003). آنزیم آلفا آمیلاز، پیوندهای گلیکوزیدی شامل آلفا-۴ و ۱-۴ را در پلی‌ساکاریدهایی با سه واحد گلوکز یا بیشتر تجزیه می‌کند. در رابطه با آنزیم آلفا آمیلاز، تفاوت قابل توجهی بین

تیمارها مشاهده نشد. به‌طور کلی، جیره‌های حاوی علوفه باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کربوکی متیل سلولاز می‌شوند (Agarwal, 2000)، در حالی که میزان فعالیت آلفا آمیلاز با افزایش میزان کنسانتره بیشتر می‌شود (Martin and Michalet, 1995). وجود نتایج متناقض در مطالعه حاضر با مطالعات پیشین دیگر احتمالاً به دلیل نوع کنجاله یا دانه کاملینای استفاده شده، اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌ها و نسبت علوفه به کنسانتره در جیره است (Shingfield *et al.*, 2008; Benchaar *et al.*, 2012; Bayat *et al.*, 2015).

متابولیت‌های شیمیایی خون: اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر غلظت متابولیت‌های خونی دام‌ها در جدول ۶ نشان داده شده است. با افزایش سطح کنجاله کاملینا در جیره غذایی تا سطح ۱۰ درصد ماده خشک جیره، غلظت نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0.05$)، هرچند، سایر فراسنجه‌های خونی شامل

شیرده تأثیری بر غلظت BUN در مقایسه با تیمار فاقد کاملینا نداشته است (Steppa *et al.*, 2017). غلظت گلوکز و انسولین به‌طور آشکاری به هم وابسته هستند. غلظت گلوکز خون سبب تحریک ترشح انسولین می‌شود. هر عاملی که سطح انسولین را افزایش دهد میزان گلوکز خون را کاهش خواهد داد. در مطالعات متعددی استفاده از کنجاله کاملینا تأثیری روی اسیدهای چرب غیراستریفه و گلوکز پلاسما نداشته است (Cappellozza *et al.*, 2012; Xin *et al.*, 2013; Schulmeister *et al.*, 2019) که مطابق با یافته‌های آزمایش حاضر است. هرچند، در آزمایشی با تغذیه جیره حاوی کنجاله کاملینا به گوسفند، غلظت انسولین خون افزایش یافت که نهایتاً سبب کاهش غلظت گلوکز خون شد (Steppa *et al.*, 2014) که مغایر با نتایج تحقیق حاضر است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزودن کنجاله کاملینا در جیره بره‌های پرواری تا سطح ۱۰ درصد ماده خشک، تخمیر شکمبه از نظر تولید اسیدهای چرب فرار بهبود یافت و عملکرد رشد دام‌ها با جیره حاوی کنجاله سویا قابل مقایسه بود. نکته دیگر این که به دلیل تجزیه‌پذیری بالای پروتئین کنجاله کاملینا در شکمبه، به نظر می‌رسد روش‌هایی جهت عبوری کردن و افزایش راندمان پروتئین خام آن مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه لرستان به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام پروژه حاضر تشکر و قدردانی می‌نمایند.

پروتئین تام و گلوکز تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا در مطالعه حاضر، غلظت BUN را به‌طور خطی افزایش دادند، بدون اینکه تأثیری قابل توجهی بر پروتئین تام و گلوکز داشته باشند. افزایش غلظت BUN احتمالاً به دلیل غلظت بیشتر آمونیاک شکمبه‌ای در جیره‌های حاوی کاملینا بوده است (جدول ۴). BUN معیاری برای ارزیابی پروتئین مصرفی در حیوان است. بین BUN و میزان تولید آمونیاک در شکمبه ارتباط مثبتی وجود دارد (Azizi-Shotorkhoft *et al.*, 2014). افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و جذب از راه اپیتلیوم شکمبه‌ای باعث افزایش میزان BUN خواهد شد که به‌صورت اوره در شیر و یا ادرار دفع می‌شود. کنجاله کاملینا در مقایسه با سایر کنجاله‌ها (کتان، کانولا، سویا و دانه‌های تقطیری)، بیشترین میزان پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP) را دارد (Lawrence and Anderson, 2018) که این خود در نهایت، میزان آمونیاک تولیدی بیشتری را در شکمبه به همراه خواهد داشت. بنابراین، افزایش سریع غلظت نیتروژن آمونیاکی در جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا اگر با افزایش سطح انرژی سهل الهضم جیره‌ای همراه نباشد، باعث اتلاف نیتروژن شده، که هم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و هم مشکلات زیست-محیطی را به همراه خواهد داشت. در پژوهشی گزارش شده است که با تغذیه کنجاله کاملینا به عنوان خوراک تلیسه‌های شیری در حال رشد، افزایش غلظت آمونیاک شکمبه به اندازه‌ای نبوده که غلظت BUN را تحت تأثیر قرار دهد (Lawrence and Anderson, 2016) که متناقض با نتایج تحقیق حاضر است. همچنین، در آزمایشات دیگری گزارش شده که تغذیه کنسانتره مکمل شده با کنجاله کاملینا به میزان ۱۲ درصد در میش‌های

جدول ۶- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر متابولیت‌های خونی بره‌های پرواری
Table 6. Effect of experimental diets containing different levels of camelina meal on blood metabolites of fattening lambs

Item	Camelina meal level in the diet (%)				Contrast	
	0	5	10	SEM	Linear	Quadratic
Total protein (g/dL)	8.14	8.18	8.36	0.205	0.46	0.79
Blood urea nitrogen (mg/dL)	3.45 ^b	3.88 ^{ab}	4.19 ^a	0.192	0.02	0.79
Glucose (mg/dL)	76.1	76.2	76.06	0.848	0.12	0.41

^{a-b} In each row, values with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

فهرست منابع

- Agarwal N. 2000. Estimation of fiber degrading enzyme. In: Chaudhary L. C., Agarwal N., Kamra D. N. and Agarwal D. K. editor. Feed microbiology. Izatnagar (India): CAS Animal Nutrition. Pp. 278-291.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
- Aschenbach J. R., Penner G. B., Stumpff F. and Gäbel G. 2011. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of Animal Science*, 89(4): 1092-1107.
- Azizi A., Hashemi M. and Sharifi A. 2018. Effect of different dietary levels of carrot pulp on in vitro gas production, nutrients digestibility and rumen fermentation. *Animal Production Research*, 7(4): 47-56. (In Persian).
- Azizi-Shotorkhoft A., Fazaeli H., Papi N. and Rezaei J. 2014. Effect of different levels of processed broiler litter on the feed intake, digestibility, performance, ruminal and blood metabolites in Moghani male lambs. *Iranian Journal of Animal Science*, 45(4): 385-392. (In Persian).
- Bayat A., Kairenius P., Stefanski T., Leskinen H., Comtet-Marre S. and Forano E. 2015. Effect of camelina oil or live yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal methane production, rumen fermentation, and milk fatty acid composition in lactating cows fed grass silage diets. *Journal of Dairy Science*, 98(5): 3166-3181.
- Benchaa C., Romero-Pérez G., Chouinard P., Hassanat F., Eugene M. and Petit H. 2012. Supplementation of increasing amounts of linseed oil to dairy cows fed total mixed rations: effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, protozoal populations, and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*, 95(8): 4578-4590.
- Bergman E. N. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Review*, 70(2): 567-590.
- Brandao V. L. N., Dai X., Paula E. M., Silva L. G. Marcondes M. I., Shenkoru T. and Faciola A. P. 2018. Effect of replacing calcium salts of palm oil with camelina seed at 2 dietary ether extract levels on digestion, ruminal fermentation, and nutrient flow in a dual-flow continuous culture system. *Journal of Dairy Science*, 101(6): 5046-5059.
- Broderick G. and Kang J. H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 63(1): 64-75.
- Cappellozza B. I., Cooke R. F., Bohnert D. W., Cherian G. and Carroll J. A. 2012. Effects of camelina meal supplementation on ruminal forage degradability, performance, and physiological responses of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 90(11): 4042-4054.
- Cherian G. 2012. Camelina sativa in poultry diets: opportunities and challenges. *Biofuel co-products as livestock feed: opportunities and challenges*. Rome, FAO. Pp. 303-310.
- Colombini S., Broderick G. A., Galasso I., Martinelli T., Rapetti L., Russo R. and Reggiani R. 2014. Evaluation of camelina sativa (L.) crantz meal as an alternative protein source in ruminant rations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4): 736-743.
- Gesch R. W. and Johnson J. M. F. 2015. Water use in camelina-soybean dual cropping systems. *Agronomy Journal*, 107(3): 1098-1104.
- Ghamarnia H., Kahrizi D. and Rostami-Ahmadvandi H. 2020. Camelina: a low-input and adaptable plant. Razi University Press. (In Persian).
- Halmemies-Beauchet-Filleau A., Shingfield K. J., Simpura I., Kokkonen T., Jaakkola S., Toivonen V. and Vanhatalo A. 2016. Effect of incremental amounts of camelina oil on milk fatty acid composition in lactating cows fed diets based on a mixture of grass and red clover silage and concentrates containing camelina expeller. *Journal of Dairy Science*, 100(1): 305-324.
- Hurtaud C. and Peyraud J. L. 2007. Effects of feeding camelina (seeds or meal) on milk fatty acid composition and butter spread ability. *Journal of Dairy Science*, 90(11): 5134-5145.
- Kahrizi D. and Rostami-Ahmadvandi H. 2015. First report of camelina (*Camelina sativa*) biotechnologically breeding and cultivation in Iran. The 1st International and 9th National Congress of the Islamic Republic of Iran. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian).
- Kahrizi D., Rostami-Ahmadvandi H. and Akbarabadi A. 2015. Feasibility cultivation of camelina (*Camelina sativa*) as medicinal-oil plant in rain fed conditions in Kermanshah-Iran's First Report. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 4(2): 215-218.
- Kononoff P. J., Lehman H. A. and Heinrichs A. J. 2002. Technical note- a comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 85(7): 1801-1803.
- Kotchoni O. S., Shonukan O. and Gachomo W. E. 2003. *Bacillus pumillus*, BPCR16, a promising candidate for cellulase production under conditions of catabolic repression. *African Journal of Biotechnology*, 2(6): 140-146.

- Lardy G. P. and Kerley M. S. 1994. Effect of increasing the dietary level of rapeseed meal on intake by growing beef steers. *Journal of Animal Science*, 72(8): 1936-1942.
- Lawrence R. D. and Anderson J. L. 2018. Ruminal degradation and intestinal digestibility of camelina meal and carinata meal compared with other protein sources. *The Professional Animal Scientist*, 34(1): 10-18.
- Lawrence R. D., Anderson J. L. and Clapper J. A. 2016. Evaluation of camelina meal as a feedstuff for growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(8): 6215-6228.
- Lee S. M. and Koo Y. M. 2001. Pilot-scale production of cellulose using *Trichoderma reesei* Rut C-30 in fed-batch mode. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11(2): 229-233.
- Lopes J. C., Harper M. T., Giallongo F., Oh J., Smith L., Ortega-Perez A. M., Harper S. A., Melgar A., Kniffen D. M., Fabin R. A. and Hristov A. N. 2017. Effect of high-oleic-acid soybeans on production performance, milk fatty acid composition, and enteric methane emission in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(2): 1132-1135.
- Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L. and Randall R. J. 1951. Protein measurement with the folin-phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1): 262-275.
- Mahdavi M. 2011. Evaluation of guar meal and its comparison with other oilseed meals in feeding Zel fattening lambs. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian).
- Maia M. R. G., Chaudhary L. C., Figueres L. and Wallace R. J. 2007. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 91(4): 303-314.
- Martin C., Ferlay A., Mosoni P., Rochette Y., Chilliard Y. and Doreau M. 2016. Increasing linseed supply in dairy cow diets based on hay or corn silage: Effect on enteric methane emission, rumen microbial fermentation, and digestion. *Journal of Dairy Science*, 99(5): 3445-3456.
- Matthäus B. 1997. Ant nutritive compounds in different oilseeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 99(5): 170-174.
- McVay K. A. 2008. Camelina production in Montana. Montana State University Extension, USA.
- Menke K. H. and Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28(2): 7-55.
- Miller J. L. 1959. Modified DNS method for reducing sugars. *Analytical Chemistry*, 31(3): 426-429.
- Moser B. R. and Steven F. V. 2010. Evaluation of alkyl esters from camelina sativa oil as biodiesel and as blend components in ultra-low-sulfur diesel fuel. *Bioresource Technology*, 101(2): 646-653.
- National Research council (NRC). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington (DC, USA): National Academy of Sciences.
- Oltjen J. W. and Beckett J. L. 1996. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *Journal of Animal Science*, 74(6): 1406-1409.
- Paula E. M., Silva L. G., Brandao V. L. N., Dai X. and Faciola A. P. 2019. Feeding canola, camelina and carinata meals to ruminants. *Animal*, 9(10): 704-718.
- Pires A. V., Eastridge M. L., Firkins J. L. and Lin Y. C. 1997. Effects of heat treatment and physical processing of cotton seed on nutrient digestibility and production performance by lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 80(8): 1685-1694.
- Reveneau C., Ribeiro C. V. D. M., Eastridge M. L., St-Pierre N. R. and Firkins J. L. 2005. Processing whole cottonseed moderates fatty acid metabolism and improves performance by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(12): 4342-4355.
- Russell J. B. and Strobel H. J. 1989. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(1): 1-6.
- SAS. 2005. User's Guide: Statistics, Version 9.0 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schulmeister T. M., Ruiz-Moreno M., Silva G. M., Garcia-Ascolani M., Ciriaco F. M., Henry D. D., Lamb G. C., Dubeux J. C. B. and Dilorenzo N. 2019. Evaluation of brassica carinata meal on ruminant metabolism and apparent total tract digestibility of nutrients in beef steers. *Journal of Animal Science*, 97(3): 1325-1334.
- Shingfield K. J., Ahvenjärvi S., Toivonen V., Vanhatalo A., Huhtanen P. and Griinari J. M. 2008. Effect of incremental levels of sunflower-seed oil in the diet on ruminal lipid metabolism in lactating cows. *British Journal of Nutrition*, 99(5): 971-983.
- Sizmaz Ö., Çalik A. and Bundur A. 2021. *In vitro* fermentation characteristics of camelina meal comparison with soybean meal. *Livestock Studies*, 61(1): 9-13.
- Steppa R., Szkudelska K., Wójtowski J., Stanis M., Szumacher-Strabel M., Czyżak-Runowska G., Cieślak A., Markiewicz-Kęszycka M. and Pietrzak M. 2014. The metabolic profile of growing lambs fed diets rich in unsaturated fatty acids. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(5): 914-920.
- Ueda K., Ferlay A., Chabrot J., Loo J. J., Chilliard Y. and Doreau M. 2003. Effect of linseed oil supplementation on ruminal digestion in dairy cows fed diets with different forage: concentrate ratios. *Journal of Dairy Science*, 86(12): 3999-4007.

- Van Soest P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, OR, USA: Cornell University Press. Pp. 253-280.
- Van Soest P. J., Robertson J. B. and Lewis A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597.
- Wang S., Kreuzer M., Braun U. and Schwarm A. 2017. Effect of unconventional oilseeds (safflower, poppy, hemp, camelina) on *in vitro* ruminal methane production and fermentation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(11): 3864-3870.
- Xin H., Falk K. C. and Yu P. 2013. Studies on brassica carinata seed. 2. Carbohydrate molecular structure in relation to carbohydrate chemical profile, energy values, and biodegradation characteristics. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 61(42): 10127-10134.
- Yang S. L., Bu D. P., Wang J. Q., Hu Z. Y., Li D., Wei H. Y., Zhou L. Y. and Loo J. J. 2009. Soybean oil and linseed oil supplementation affect profiles of ruminal microorganisms in dairy cows. Animal, 3(11): 1562-1569.