
Study of replacing soybean meal with camelina meal (fermented and non-fermented) in the diets of fattening lambs: Effect on growth performance and rumen fermentation parameters

Vahid Allameh Sadr¹, Mohammad Mehdi Moeini², Fardin Hozhabri³, Somayeh mirzaei cheshmehgachi⁴

1. Ph.D, student, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran vahidsadr5598@gmail.com 09183160522
2. Associate Professor of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran mmoeini@razi.ac.ir
3. Associate Professor of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran hozhabri@razi.ac.ir 09183365018
4. Lab. staff of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran somayehmirzaei138@yahoo.com 09187339067

Article Info

ABSTRACT

Article type:
Research Full Paper

Background and Objective: Protein is one of the most important and expensive nutrients used in ruminant feeding. Due to Iran's limitations in producing oilseeds and protein meals, meeting the protein requirements of livestock faces considerable challenges. Soybean meal is currently the most common and high-quality protein source in animal and poultry diets; however, its cost is higher than other meals. Camelina meal is another protein source that could be a potential alternative to soybean meal in livestock feeding. Therefore, this study was conducted to evaluate the effects of replacing soybean meal with fermented and unfermented camelina meal on growth performance and some ruminal fermentation parameters of fattening lambs.

Article history:

Received:
Revised:
Accepted:

Materials and Methods: The experiment was carried out in a completely randomized design with three dietary treatments and eight replications per treatment, using 24 lambs aged four to six months with an average initial body weight of 34.5 ± 5 kg over a period of 80 days. The experimental treatments included: (1) control diet containing soybean meal, (2) diet containing fermented camelina meal, and (3) diet containing unfermented camelina meal. Fermentation of camelina meal was performed using *Trichoderma reesei* (PTCC 5142). A 24-hour gas production assay was used to estimate organic matter digestibility, metabolizable energy, and microbial biomass yield. At the end of the experiment, rumen fluid samples were collected via esophageal tube to determine pH, ammonia nitrogen concentration, volatile fatty acids (VFA), and protozoal population. During the experimental period, daily feed intake, average daily gain, and feed conversion ratio were measured. The economic efficiency index was calculated based on the cost per

Keywords:

Camelina
Growth performance
Protozoa
Trichoderma
Volatile fatty acids

kilogram of body weight gain. Data were analysed using the GLM procedure of SAS software (2005).

Results: The results indicated that replacing soybean meal with fermented or unfermented camelina meal had no significant effect on growth performance or feed intake ($P > 0.05$). Similarly, ruminal pH, ammonia nitrogen concentration, total volatile fatty acids, and total protozoal count were not affected by the treatments, although the population of Entodinium protozoa increased in lambs fed camelina meal diets ($P < 0.05$). In lambs receiving fermented and unfermented camelina meal, ruminal propionate concentration increased while the acetate-to-propionate ratio decreased compared with the control group ($P < 0.05$). No significant differences were observed among treatments in 24-hour gas production, estimated organic matter digestibility, metabolizable energy, partitioning factor, or microbial biomass yield.

Conclusion: The findings of this study demonstrated that partial or complete replacement of soybean meal with fermented or unfermented camelina meal had no adverse effects on growth performance or feed intake of fattening lambs. Considering its lower cost and reduced water requirement for cultivation, camelina meal can be recommended as a suitable and sustainable protein source in fattening lamb diets.

Cite this article: Allameh Sadr, V., Moeini, M.M., Hozhabri, F., mirzaei cheshmehgachi, S. (2026). Study of replacing soybean meal with camelina meal (fermented and non-fermented) in the diets of fattening lambs: Effect on growth performance and rumen fermentation parameters. *Journal of Ruminant Research*, 14(1),



© The Author(s)



Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا (تخمیری و غیر تخمیری) در جیره بره‌های پرواری: تأثیر بر فراسنجه‌های عملکرد رشد و تخمیر شکمبه‌ای

وحید علامه صدر^۱، محمدمهدی معینی^{۲*}، فردین هژبری^۳، سمیه میرزائی چشمه‌گچی^۴

^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: vahidsadr5598@gmail.com

^۲ دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: mmoeini@razi.ac.ir

^۳ دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: hozhabri@razi.ac.ir

^۴ کارشناس آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: somayehmirzaei138@yahoo.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی - پژوهشی

سابقه و هدف: پروتئین یکی از مهم‌ترین و پرهزینه‌ترین مواد مغذی مورد استفاده برای نشخوارکنندگان است. با توجه به محدودیت‌های ایران در تولید دانه‌های روغنی و کنجاله‌های پروتئینی، تأمین نیاز پروتئینی دام با مشکلات بسیاری همراه است. کنجاله سویا بهترین کنجاله پروتئینی است که امروزه در خوراک دام و طیور استفاده می‌شود، اما قیمت آن در مقایسه با سایر کنجاله‌ها بیشتر است. کنجاله کاملینا نیز یکی از کنجاله‌های پروتئینی است که می‌تواند گزینه مناسبی برای جایگزینی کنجاله سویا در تغذیه دام باشد. لذا، این تحقیق به منظور بررسی اثر جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا (تخمیر شده و تخمیر نشده) بر عملکرد رشد و برخی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای بره‌های پرواری انجام شد.

تاریخ دریافت:

تاریخ ویرایش:

تاریخ پذیرش:

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار آزمایشی و هشت تکرار در هر تیمار (۲۴ رأس بره) چهار تا حدود شش ماهه با میانگین وزن $34/5 \pm 5$ به مدت ۸۰ روز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل جیره شاهد (کنجاله سویا)، جیره حاوی کنجاله کاملینای تخمیر شده و کنجاله کاملینای تخمیر نشده بودند. برای تخمیر کاملینا از قارچ *تریکودرما* رسی (PTCC 5142) استفاده شد. آزمون تولید گاز ۲۴ ساعته برای برآورد قابلیت هضم ماده آلی، انرژی متابولیسمی و بازده تولید توده میکروبی انجام شد. در پایان آزمایش، برای اندازه‌گیری برخی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه مانند pH، غلظت نیترژن آمونیاکی، اسیدهای چرب و تعداد جمعیت پروتوزوا، نمونه مایع شکمبه بره‌ها، از طریق سوند مری جمع‌آوری شد. در طول دوره آزمایش، مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه بره‌ها و ضریب تبدیل خوراک اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۵) تجزیه آماری شد.

واژه‌های کلیدی:

اسیدهای چرب فرار

تریکودرما

پروتوزوا

عملکرد رشد

کاملینا

یافته‌ها: نتایج نشان داد که جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینای تخمیری و غیر تخمیری تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های رشد و مصرف خوراک نداشت. همچنین، pH شکمبه، نیترژن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار کل و جمعیت کل پروتوزوا تحت تأثیر جایگزینی کنجاله‌ها قرار

نگرفت، هرچند جمعیت انتودینیوم در گروه‌های آزمایشی حاوی کنجاله کاملینا افزایش یافت ($P < 0/05$). در بره‌های دریافت‌کننده کنجاله کاملینا (تخمیری و غیرتخمیری)، غلظت پروپیونات در شکمبه بیشتر و نسبت استات به پروپیونات کمتر از گروه شاهد بود ($P < 0/05$). تفاوت آماری معنی‌داری در تولید گاز ۲۴ ساعته بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. قابلیت هضم ماده آلی، انرژی متابولیسمی برآورد شده، عامل تفکیک و بازده توده میکروبی تفاوتی در گروه‌های مختلف آزمایشی نداشتند.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینای تخمیری و غیرتخمیری اثرات نامطلوبی بر عملکرد رشد و ماده خشک مصرفی بره‌های پرواری نداشت و با توجه به نیاز آبی کشت و قیمت کمتر می‌تواند به عنوان یک منبع پروتئینی در جیره غذایی بره‌های پرواری مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: علامه‌صدر، وحید؛ معینی، محمدمهدی؛ هژبری، فردین؛ میرزائی چشمه‌گچی، سمیه. (۱۴۰۵). بررسی جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا (تخمیری و غیرتخمیری) در جیره بره‌های پرواری: تأثیر بر فراسنجه‌های عملکرد رشد و تخمیر شکمبه‌ای. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۴(۱).



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



مقدمه

در کشورهای توسعه یافته حدود ۶۵-۶۰ درصد و در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، بیش از ۷۰ درصد کل هزینه های تولید مربوط به هزینه خوراک دام است. پروتئین یکی از مهمترین و گران ترین مواد مغذی است. با توجه به محدودیت کشور ایران در تولید دانه های روغنی و کنجاله های پروتئینی، تأمین احتیاجات پروتئینی دام با مشکلات متعددی مواجهه است. کنجاله سویا مرغوب ترین کنجاله پروتئینی است که امروزه در جیره دام و طیور استفاده می شود، اما قیمت آن در مقایسه با سایر کنجاله ها بالاتر است (Mahdavi و همکاران، ۲۰۱۳). از طرفی، امروزه تأمین آب یکی از مهمترین مسائل استراتژیک در مناطق کم آبی نظیر ایران است و با توجه به مصرف بالای آب در کشت دانه سویا و کلزا ضرورت دارد تا گیاهی با مصرف آب کمتر معرفی شود (Kahrizi و همکاران، ۲۰۱۵ و Rezaei و همکاران، ۲۰۱۶). افزایش تقاضا برای دانه های روغنی از یک طرف و محدودیت تولید این محصول در اثر محدودیت منابع آبی، زمین، هزینه های رو به رشد، انرژی و بروز خشک سالی از سوی دیگر توجه به تولید سایر دانه های روغنی را مورد توجه قرار داده است (Mahdavi و همکاران، ۲۰۱۳). به هر حال، کاربرد منابع پروتئینی جدید به خصوص منابع بومی در تغذیه نشخوارکنندگان یکی از راه حل های اصلی جبران کمبود منابع پروتئینی و کاهش واردات و همچنین کاهش هزینه های تولید در صنعت دام و طیور است (Kahrizi و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعاتی راجع به استفاده از کنجاله کاملینا با اهداف مختلف در تغذیه نشخوارکنندگان انجام شده است (Cappellozza و همکاران، ۲۰۱۲؛ Halmemies-Beauchet-Filleau و همکاران، ۲۰۱۶). این در حالی است که مطالعات اندکی (Shirnegar و همکاران، ۲۰۲۳) راجع به تغذیه

کنجاله کاملینا و به خصوص رقم سهیل در تغذیه نشخوارکنندگان در ایران انجام شده است. با توجه به مطالعات انجام شده روی کنجاله کاملینا و وجود عوامل ضدتغذیه ای در این کنجاله، مطالعه کاربردی روش تخمیری کردن، برای کاهش این عوامل ضد-تغذیه ای قابل بررسی می باشد. به طور طبیعی در ترکیبات گیاهی مواد ضدتغذیه ای (اسیدفیتیک، گوسیپول، گلوکوزینولات و غیره) وجود دارد که می تواند بر عملکرد دام اثر منفی داشته باشد، لذا حذف یا کاهش اثر عوامل ضدتغذیه ای امکان استفاده بیشتر از این مواد خوراکی در جیره غذایی دام، طیور و آبزیان را فراهم می کند. یکی از روش های فرآوری جهت کاهش ترکیبات ضدتغذیه ای، استفاده از فرآیند تخمیر به کمک گونه های قارچی یا باکتریایی است (Czerniawski، ۲۰۲۳). تخمیر حالت جامد در کنجاله کلزا منجر به کاهش قابل توجه گلوکوزینولات ها از ۲۱/۱۲ به ۳/۹۳ میکرومول در گرم ماده خشک شده است (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۵).

تخمیر حالت جامد (SSF) یک تکنیک بیوپروسسینگ است که ترکیب مغذی چندین محصول جانبی کشاورزی و محصولات کشاورزی کم مصرف را بهبود می بخشد. در طول فرایند SSF، ضد مغذی ها کاتالیز می شوند که شامل سنتز آنزیم های برونزا همراه با استفاده از آن ها به عنوان بستر میکروبی برای رشدشان است.

کاملینا که در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین مزیت آن مقاومت به خشکی و سرماست. کاملینا گیاهی کم مصرف از لحاظ نیاز آبی است (Gohsen و Gresh، ۲۰۱۵) که پتانسیل عملکردی بالا در آن به اثبات رسیده است (Kahrizi و همکاران، ۲۰۱۵). وجود مقادیر بالای پروتئین، انرژی و اسیدهای آمینه ضروری در کنجاله کاملینا باعث شده است که کاندیدای مطلوب و بالقوه ای

برای استفاده در صنعت تغذیه دام و طیور باشد (Cherian, ۲۰۱۲). پروتئین خام کنجاله کاملینا ۳۱/۱۰ درصد ماده خشک (Shirnegar و همکاران، ۲۰۲۳) تا ۴۱/۹۰ درصد ماده خشک (Paula و همکاران، ۲۰۱۹) گزارش شده است. از طرفی، کنجاله کاملینا در مقایسه کنجاله کانولا دارای پروتئین خام بیشتر و پروتئین غیرقابل تجزیه (RUP) مشابهی است (Colombinis و همکاران، ۲۰۱۴). در پژوهش دیگری بیان شده است که تغذیه کنجاله کاملینا به گاوهای شیری باعث افزایش نسبت پروپونات و کاهش استات در مقایسه با گروه شاهد شد (Hurtaud و Peyraud، ۲۰۰۷). با توجه به مطالب بیان شده، هدف از این پژوهش ارزیابی اثر جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا (تخمیری و غیرتخمیری) بر عملکرد رشد، مصرف خوراک و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای بره‌های پرواری است.

مواد و روش‌ها

دام‌ها و تیمارهای آزمایشی: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار آزمایشی و هشت تکرار در هر تیمار آزمایشی (۲۴ رأس بره نر) در ایستگاه گوسفندداری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی پس از اخذ کد اخلاق کار با حیوانات (IR.RAZI.REC.1402.72) انجام شد. دام‌های چهار تا شش ماهه با میانگین وزن $34/5 \pm 5$ در جایگاه‌های انفرادی با ابعاد طول، عرض و ارتفاع به ترتیب $100 \times 100 \times 150$ سانتی‌متر نگهداری 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 دامیاکاونیل (نیکلوزوماید) به ازای هر ۱۵ کیلوگرم وزن بدن (هفت تا ۱۰ میلی‌لیتر به ازای هر رأس) به بره‌ها خوراندند. دام‌ها به مدت ۸۰ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که ۱۰ روز اول به عنوان دوره عادت‌پذیری به جیره‌های آزمایشی و جایگاه انفرادی و ۷۰ روز باقیمانده به عنوان دوره اصلی آزمایش در نظر گرفته شد. جیره‌های آزمایشی که بر اساس جداول احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان کوچک (NRC، ۲۰۰۷) تنظیم شد، به ترتیب شامل گروه شاهد (کنجاله سویا)، تیمار حاوی کنجاله کاملینای تخمیری و تیمار حاوی کنجاله کاملینای غیرتخمیری بودند (جدول ۲). کنجاله کاملینای مورد استفاده در آزمایش حاضر، یک واریته اصلاح ژنتیکی و بومی‌سازی شده بود (رقم سهیل، لاین DH1025) که از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم استان کرمانشاه تهیه شد. ترکیب شیمیایی کنجاله‌های پروتئینی و همچنین جیره‌های آزمایشی با استفاده از روش استاندارد تعیین شد (AOAC، ۲۰۰۵). انرژی قابل سوخت‌وساز کنجاله کاملینا با استفاده از آزمون تولید گاز تعیین شد (Steingass و Menke، ۱۹۸۸). ترکیب شیمیایی کنجاله‌های پروتئینی در جدول ۱ ارائه شده است. نسبت علوفه به کنسانتره ۳۰ به ۷۰ در نظر گرفته شد. اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کنجاله‌های مورد استفاده در جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)

Table 1: Chemical composition of the meals used in the experimental diets (% DM)

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول در شوینده خنتی NDF	چربی خام Ether extract	پروتئین خام Crud protein	خاکستر Ash	ماده خشک Dry matter	کنجاله پروتئینی Protein meal
12.35	23.35	14.73	42.12	6.03	90.15	کنجاله سویا Soybean meal
13.35	27.25	25.22	31.14	5.91	93.45	کنجاله کاملینا تخمیری Fermented camelina meal
14.45	26.13	24.76	30.95	5.73	94.46	کنجاله کاملینا Camelina meal

جدول ۲- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های مورد آزمایش

Table 2- Feed ingredients and chemical composition of the experimental diets

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			شاهد Control	Ingredients	اجزای جیره
کنجاله کاملینا Camelina meal	کنجاله کاملینای تخمیری Fermented Camelina meal				
10.00	10.00	10.00	10.00	Wheat straw	کاه گندم
20.00	20.00	20.00	20.00	Alfalfa hay	یونجه
25.50	25.50	34.00	34.00	Barley grain	جو
26.50	26.50	20.00	20.00	Corn grain	ذرت
0.00	0.00	13.50	13.50	Soybean meal	کنجاله سویا
0.00	15.50	0.00	0.00	fermented Camelina	کنجاله کاملینا تخمیری
15.50	0.00	0.00	0.00	non-fermented camelina	کنجاله کاملینا غیر تخمیری
2.00	2.00	2.00	2.00	Min-Vit mixture	مکمل معدنی و ویتامینی
0.30	0.30	0.30	0.30	DCP	دی کلسیم فسفات
0.20	0.20	0.20	0.20	Salt	نمک
Chemical Composition (% DM)					ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)
92.20	91.70	92.50	92.50	Dry Matter	ماده خشک (درصد)
7.76	7.65	8.52	8.52	Ash	خاکستر
14.43	14.52	14.28	14.28	Crude Protein	پروتئین خام
3.79	3.82	3.71	3.71	Ether Extract	چربی خام
37.24	38.73	39.61	39.61	NFC	کربوهیدرات‌های غیر الیافی
28.60	28.40	32.60	32.60	NDF	الیاف نامحلول در شوینده خنتی
20.10	20.30	21.90	21.90	ADF	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
2.66	2.68	2.71	2.71	ME (Mcal/kg)	انرژی سوخت و ساز ^۱ (مگا کالری در کیلوگرم)

^۱محاسبه شده بر اساس جداول (NRC، ۲۰۰۷)

^۱Calculated based on NRC (2007) tables

ATCC13631 به شکل ویال لیوفیلیزه از مرکز
کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی

تهیه و کشت قارچ: قارچ تریکودرما رسی
(*Trichoderma reesei*) با شماره (PTCC 5142)

داخل آن تزریق شد. آزمون تولید گاز ۲۴ ساعته براساس روش توصیه شده (Steingass و Menke، ۱۹۸۸) انجام شد. این آزمایش با سه تیمار و هر تیمار در سه تکرار به علاوه سه تکرار بلانک که در مجموع ۱۲ نمونه آزمایشی، انجام شد. مقدار ۵۰۰ میلی گرم از جیره پایه از هر تیمار به همراه ۴۰ میلی لیتر مایع شکمبه مخلوط شده با بزاق مصنوعی به نسبت ۱ به ۲ در داخل شیشه‌های مقاوم در برابر فشار (با گنجایش ۱۰۰ میلی لیتر) ریخته شد و در دستگاه انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سانتی گراد انکوباسیون شدند. پس از ۲۴ ساعت فشار تولیدشده با استفاده از فشارسنج (Testo, Germany) ثبت شد. اطلاعات مربوط به گاز (فشارگاز) تولیدشده با توجه به موقعیت جغرافیایی شهر کرمانشاه، به حجم تبدیل شد (Lopez و همکاران، ۲۰۰۷).

در انتهای دوره پرور، جهت تعیین فراسنجه‌های شکمبه‌ای شامل pH، غلظت نیتروزن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار و شمارش جمعیت پروتوزوا، با استفاده از لوله مری از مایع شکمبه بره‌ها نمونه‌برداری شد. به منظور حصول اطمینان از عدم مخلوط شدن بزاق بره‌ها با مایع شکمبه، ۱۰۰ میلی لیتر اولیه مایع شکمبه حذف و دومین نمونه مایع شکمبه با استفاده از پارچه پنبه‌ای چهار لایه صاف شد (Rahmati Zadeh و همکاران، ۲۰۲۳). اسیدیته محتویات شکمبه بلافاصله با دستگاه pH متر (سویس، مدل ۷۴۴، Metrohm) اندازه‌گیری شد. برای تعیین اسیدهای چرب فرار به ازای هر ۱/۲ میلی لیتر مایع شکمبه، ۰/۳ میلی لیتر متافسفریک اسید ۲۵ درصد به نمونه مایع صاف شده اضافه شد و تا زمان آنالیز در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد. به هنگام تعیین اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه، پس از یخ-گشایی نمونه‌ها در دمای اتاق، به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰۰xg و در دمای چهار درجه سانتی گراد

و صنعتی ایران (IROST) خریداری شد. قارچ تریکودرماسی در شرایط استریل در پلیت‌های حاوی محیط کشت PDA کشت داده شد. سپس پلیت‌ها در انکوباتور به مدت ۱۵ روز، در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند تا قارچ‌های مذکور رشد و اسپور تولید کردند. سپس به هر کیلوگرم از کنجاله کاملینا، ۱/۲ لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر (حاوی حداقل ۱۰^۵ واحد تشکیل کلنی در میلی لیتر) اضافه شد. سپس بعد از چند روز، مخلوط حاصل در مخازن مجهز به سوپاپ یکطرفه و تهویه کنترل شده نگهداری شد تا گازها خارج شده و اکسیژن مورد نیاز رشد قارچ تامین گردد. به مدت هفت روز در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد تخمیر شد. سپس کنجاله کاملینا تخمیر شده به مدت سه روز در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد خشک شد (Zhang و همکاران، ۲۰۰۷). در دوره اصلی آزمایش، روزانه خوراک مصرفی دام‌ها کنترل شد. جیره‌های آزمایشی به صورت کاملاً مخلوط در دو نوبت ۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ در اختیار بره‌ها قرار گرفت. هر روز صبح قبل از خوراک‌دهی وعده صبح، پسمانده خوراک هر آخور جمع‌آوری و سپس خوراک تازه در آخور قرار گرفت. همه بره‌ها همواره به آب تازه دسترسی داشتند. جهت بررسی افزایش وزن روزانه، بره‌ها هر دو هفته یکبار توزین شدند. جهت دقت بیشتر وزن کشی، توزین بره‌ها در دو روز متوالی انجام و سپس میانگین وزن دو روز به عنوان وزن آن دوره ثبت شد.

آزمون تولید گاز و تعیین برخی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای: شیرابه شکمبه از دو رأس گوسفند سنجابی فیستولا شده و قبل از غذا دادن وعده صبح جمع‌آوری و با رعایت شرایط بی‌هوازی و حفظ دما (داخل فلاسک ۳۹ درجه سانتی گراد) فوراً به آزمایشگاه انتقال و به وسیله دولایه پارچه، شیرابه صاف شد و همزمان مقداری دی اکسید کربن برای حفظ شرایط بی‌هوازی

در این رابطه، ME، انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ GP، حجم گاز تولیدی (ml/ (g/ Kg DM in 24h؛ پروتئین خام (g/ Kg DM) و XL چربی خام می‌باشد.

میزان پروتئین میکروبی تولید شده از نمونه‌های انکوبه شده از طریق رابطه زیر برآورد شد (Makkar، ۲۰۰۰).

رابطه (۳)

$$MCP = OMD - (GP \times 2.34)$$

در این رابطه، MCP، پروتئین میکروبی تولید شده (میلی گرم در گرم ماده خشک)؛ GP، مقدار گاز تولید شده در ۲۴ ساعت (میلی لیتر در ۵۰۰ گرم ماده خشک) و ۲/۳۲، فاکتور استیوکیومتری برای ماده خوراکی است.

برای محاسبه بازده تولید توده میکروبی از معادله زیر استفاده شد (Blummel، ۲۰۰۰).

رابطه (۴)

$$\frac{2.2 \times \text{گاز تولیدی} - \text{ماده آلی هضم شده واقعی}}{\text{ماده آلی هضم شده واقعی}} = \text{راندمان تولید توده میکروبی}$$

میزان ضریب تفکیک (Partitioning Factor) با تقسیم وزن مقدار ماده خشک تجزیه شده (بعد از هضم در محلول شوینده خنثی) بر مقدار گاز تولید شده بعد از ۲۴ ساعت به دست آمد (Blummel و همکاران، ۱۹۹۷).

مدل آماری تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و جمعیت پروتوزوایی با استفاده از رویه GLM در افزار آماری SAS (۲۰۰۵) ویرایش ۹ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد. مدل آماری به صورت رابطه ۵ بود.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{رابطه (۵)}$$

سانتریفیوژ شدند و سپس مایع به‌وسیله سرنگ همپلتون به داخل دستگاه گاز کروماتوگرافی (Chrompack CP, 9002) تزریق شد. ستون دستگاه (1000, 54/Carboxen TM 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. از اتیل بوتیریک اسید به عنوان استاندارد داخلی جهت تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده شد. برای بررسی غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه، ابتدا مقدار پنج میلی‌لیتر مایع شکمبه با پنج میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال کاملاً مخلوط و تا زمان آزمایش به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بر اساس روش فنل-هیپوکلریت تعیین شد (Kang و Broderick، ۱۹۸۰).

جمعیت پروتوزوایی بر اساس روش Dehority (۲۰۰۳) و با استفاده از میکروسکوپ نوری و لنز X10 شمارش شد. گوارش پذیری ماده آلی با استفاده روش توصیه شده (Menke و همکاران، ۱۹۷۹) و رابطه زیر تعیین شد.

رابطه (۱)

$$OMD = 14/88 + 0/8893GP + 0/0448XP + 0/0651XA$$

در این رابطه OMD، گوارش پذیری ماده آلی؛ GP، حجم گاز تولیدی تصحیح شده در مدت ۲۴ ساعت (g/Kg DM)؛ پروتئین خام (ml/ 200 mg of DM)؛ XP، پروتئین خام (g/Kg DM)؛ XA، خاکستر خام (g/Kg DM) می‌باشد. انرژی قابل متابولیسم نمونه‌ها از طریق رابطه زیر برآورد شد (Menke و همکاران، ۱۹۸۸).

رابطه (۲)

$$ME = 1/242 + 0/146GP + 0/007XP + 0/0224XL$$

در این مدل، μ ، σ_{ij} و e_{ij} به ترتیب صفت مشاهده شده، میانگین کل، اثر ثابت تیمار آزمایشی μ و اثر خطای آزمایشی بود.

نتایج و بحث

همان‌گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف کنجاله کاملینای تخمیری و غیرتخمیری در مقایسه با گروه شاهد تأثیر معنی‌داری بر وزن نهایی بدن، میانگین افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک و ضریب تبدیل خوراک نداشتند. در این مطالعه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر عملکرد رشد و مصرف خوراک مشاهده نشد و ضریب تبدیل خوراک نیز در گروه‌های آزمایشی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. مشابه این نتایج، گزارش شده است که جایگزینی ۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ درصدی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا در جیره بره‌های نر پرواری تأثیری بر وزن نهایی و افزایش وزن روزانه نداشت، هر چند میزان مصرف خوراک مقداری کاهش یافت (Shirnegar و همکاران، ۲۰۲۳). هرچند، در مطالعه حاضر جایگزینی کامل کنجاله سویا با کنجاله کاملینا (تخمیری یا غیرتخمیری) تغییری در مصرف ماده خشک بره‌ها ایجاد نکرد. در مطالعه‌ای دیگر جیره‌های غذایی با جایگزینی ۵ و ۱۰ درصدی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا تأثیری بر وزن نهایی بدن، میانگین افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی نداشتند (Nazari و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج مطالعات حاضر و این محققین نشان می‌دهد که جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا تأثیر نامطلوبی بر فراسنجه‌های عملکردی بره‌ها نداشته است. همچنین نتایج ما تأثیر مثبتی از تخمیر کنجاله کاملینا بر

عملکرد دام به خصوص افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک را نشان نداد. ولی مقایسه مصرف خوراک در این مطالعه احتمالاً می‌تواند به دلیل حضور گلوکوزینولات در کنجاله کاملینا باشد.

بر اساس گزارش‌های متعدد، فرآیند تخمیر می‌تواند به طور معنی‌داری باعث کاهش این ترکیبات در کنجاله کاملینا و سایر کنجاله‌های روغنی شود (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۵؛ Piravi Vannak و همکاران، ۲۰۲۳). به عنوان مثال کاهش گلوکوزینولات‌های کل بین ۱۶ تا ۲۶ میکرومول بر گرم و یا بین ۳۰ تا ۳۵ میکرومول بر گرم مشاهده شده است (Czerniawski و همکاران، ۲۰۲۱). این اختلاف ممکن است ناشی از تفاوت در منابع کنجاله کاملینا و شرایط فرآوری باشد. از این رو، بهبود در وضعیت متابولیت‌های خونی و شکمبه‌ای بره‌ها در تیمارهای حاوی کنجاله کاملینای تخمیری، احتمالاً ناشی از کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای و افزایش قابلیت هضم و دسترسی مواد مغذی است. بررسی دقیق تغییرات این ترکیبات در مطالعات بعدی می‌تواند ارتباط میان ویژگی‌های شیمیایی کنجاله و پاسخ‌های فیزیولوژیک دام را شفاف‌تر کند. لذا به نظر می‌رسد بهبود در وضعیت متابولیت‌های خونی و شکمبه‌ای بره‌ها در تیمارهای حاوی کنجاله کاملینای تخمیری، احتمالاً ناشی از کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای و افزایش قابلیت هضم و دسترسی مواد مغذی باشد.

اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای در جدول ۴ نشان داده شده است. در فراسنجه‌های تولید گاز آزمایشگاهی تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارها آزمایشی از لحاظ قابلیت هضم ماده آلی، انرژی متابولیسمی، عامل تفکیک و بازده تولید میکروبی مشاهده نشد.

جدول ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های عملکرد بره‌های پرواری

Table 3. The effect of different treatments on the growth performance in fattening lambs

شاخص آماری Statistical index		تیمارها Treatments			فراسنجه‌های رشد Growth Parameters
P Value	SEM	کنجاله کاملینا Camelina meal	کاملینای تخمیری Fermented Camelina meal	شاهد Control	
0.99	0.87	35.02	35.13	35.26	وزن آغازین بدن (کیلوگرم) Initial Body Weight (kg)
0.95	0.84	54.30	54.25	54.76	وزن پایانی بدن (کیلوگرم) Final Body Weight (kg)
0.80	3.57	273.94	273.03	278.57	میانگین افزایش وزن روزانه (گرم در روز) Average Daily Gain (g/day)
0.23	0.12	1.63	1.65	1.68	ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) Dry Matter Intake (kg/day)
0.86	0.09	5.92	6.07	6.08	ضریب تبدیل خوراک Feed Conversion Ratio

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.
SEM: خطای استاندارد میانگین

Different letters in a row indicate significant differences at the level of P<0.05.
SEM: Standard Error of Mean

جدول ۴- اثر تیمارهای مختلف بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه (روش تولید گاز)

Table 4- The effect of different treatments on rumen fermentation parameters (gas production method)

شاخص آماری Statistical index		تیمارها Treatments			فراسنجه‌های تخمیر Fermentation parameters
P Value	SEM	کنجاله کاملینا Camelina meal	کاملینای تخمیری Fermented Camelina meal	شاهد Control	
0.27	1.14	53.58	54.82	50.39	گاز ۲۴ ساعته (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک) 24-hour gas (ml/g DM)
0.29	1.08	66.69	67.98	63.69	قابلیت هضم ماده آلی (%) Organic matter digestibility (%)
0.21	5.40	333.49	339.42	318.48	قابلیت هضم ماده آلی (mg) Digestibility of organic matter (mg)
0.28	0.16	9.25	9.43	8.77	انرژی متابولیسیمی (MJ/kg DM) Metabolic energy (MJ/kg DM)
0.27	0.16	10.03	10.21	9.56	عامل تفکیک (mg/ml) Partitioning factor (mg/ml)
0.31	2.54	200.13	202.97	193.30	توده میکروبی (mg) Microbial mass (mg)
0.19	0.20	59.83	60.02	60.69	بازده تولید توده میکروبی (%) Microbial mass production efficiency (%)

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.
SEM: خطای استاندارد میانگین

Different letters in a row indicate significant differences at the level of P<0.05.
SEM: Standard Error of Mean

۱ و ۲) بیشتر از جیره حاوی کنجاله سویا (گروه شاهد) باشد، در صورتی که فقط از لحاظ عددی در تیمار ۲ بالاتر بود. این تفاوت در غلظت نیتروژن آمونیاکی در گزارش Shirnegar و همکاران (۲۰۲۳) با جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا در سطوح ۳۳ و ۶۷ درصد جیره بره‌های پرواری مشاهده می‌شود. همچنین، انکوباسیون جیره‌های حاوی ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره محتوی دانه کاملینا سبب افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی نسبت به گروه شاهد شد (Wang و همکاران، ۲۰۱۷).

مشابه نتایج تحقیق حاضر، جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا در سطوح ۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ درصد جیره بره‌های پرواری تغییر معنی‌داری در غلظت کل اسیدهای چرب فرار شکمبه نداشت (Shirnegar و همکاران، ۲۰۲۳). هر چند در مطالعه حاضر، غلظت پروپیونات نسبت به سایر اسیدهای چرب فرار افزایش معنی‌داری در جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا نداشت. افزایش غلظت پروپیونات در جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا احتمالاً به دلیل غلظت بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه در کنجاله مذکور در مقایسه با کنجاله سویا می‌باشد که تخمیر شکمبه را به سمت تولید پروپیونات بیشتر و کاهش تولید استات و بوتیرات متمایل کرده است (Ueda و همکاران، ۲۰۰۳؛ Hurtaud و Peyraud، ۲۰۰۷؛ Shingfield و همکاران، ۲۰۰۸). چنین روندی ممکن است مرتبط با آثار سمی اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک روی باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز شکمبه نیز باشد (Maia و همکاران، ۲۰۰۷؛ Yang و همکاران، ۲۰۰۹). غلظت اسیدهای چرب اولئیک، لینولنیک و لینولئیک در کنجاله کاملینا به ترتیب ۱۹/۹، ۲۸/۵ و ۴۱/۳ درصد از کل چربی خام را تشکیل می‌دهند (Hurtaud و Peyraud، ۲۰۰۷)،

فراسنجه‌های شکمبه‌ای شامل pH، غلظت آمونیاک و اسیدهای چرب فرار و شمارش جمعیت پروتوزوا در جدول ۵ آورده شده است. شاخص pH، غلظت نیتروژن آمونیاکی و کل اسیدهای چرب فرار تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. در بره‌های دریافت‌کننده کنجاله‌های کاملینای تخمیری و غیر تخمیری غلظت پروپیونات بیشتر از گروه شاهد و نسبت استات به پروپیونات کمتر بود ($P < 0.05$). غلظت‌های سایر اسیدهای چرب فرار تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۵).

در مطالعه حاضر، pH شکمبه بره‌ها تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. شاخص pH شکمبه به تولید بزاق، تولید و جذب اسیدهای چرب کوتاه زنجیره، نوع و سطح خوراک مصرفی وابسته است (Aschenbach و همکاران، ۲۰۱۱) و دائم تغییر می‌کند (Russell و Strobel، ۱۹۸۹)، اما معمولاً در دامنه ۶/۱ تا ۷/۱ باقی می‌ماند (Van Soest، ۱۹۸۲). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا در جیره بره‌های پرواری (Shirnegar و همکاران، ۲۰۲۳؛ Nazari و همکاران، ۲۰۲۲) و گاوهای شیری تغذیه شده با دانه کاملینا (Martin و همکاران، ۲۰۱۶)، تأثیری بر pH شکمبه نداشت. همچنین در یک پژوهش، انکوباسیون دانه کاملینا در محیط کشت حاوی شیرابه شکمبه گاو، تأثیری بر pH شکمبه در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (Brandao و همکاران، ۲۰۱۸). در کل به نظر می‌رسد که تغذیه دانه‌های روغنی یا کنجاله‌های آنها، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر pH شکمبه نداشته است.

علی‌رغم اینکه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کنجاله کاملینا بیشتر از کنجاله سویا (۷۶ در مقایسه با ۵۸ درصد) گزارش شده است (Lawrence و همکاران، ۲۰۱۶)، این انتظار می‌رفت که غلظت نیتروژن آمونیاکی در جیره‌های حاوی کنجاله کاملینا (تیمارهای

جدول ۵- اثر تیمارهای مختلف بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه

Table 5- The effect of different treatments on rumen fermentation parameters

شاخص آماری		تیمارها			فراسنجه‌های تخمیر
Statistical index		Treatments			Fermentation Parameters
P Value	SEM	کنجاله کاملینا Camelina meal	کاملینای تخمیری Fermented Camelina meal	شاهد Control	
0.25	0.005	6.36	6.38	6.35	pH
0.82	3.15	94.51	89.69	89.92	نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در لیتر) NH ₃ -N(mg/L)
0.15	0.43	97.15	97.25	96.20	اسیدهای چرب فرار کل (میلی‌مول در لیتر) Total Volatile Fatty Acids (mmol/L)
0.16	0.58	56.47	57.21	57.89	استات Acetate
0.002	0.43	25.80 ^a	25.12 ^a	23.31 ^b	پروپیونات Propionate
0.59	0.12	11.26	11.30	11.48	بوتیرات Butyrate
0.28	0.04	1.34	1.43	1.23	ایزوبوتیرات Isobutyrate
0.19	0.03	1.27	1.18	1.25	والرات Valerate
0.53	0.02	1.01	1.02	1.07	ایزووالرات Isovalerate
0.001	0.10	2.19 ^b	2.28 ^b	2.48 ^a	استات / پروپیونات Acetate / Propionate

^{a,b} حروف متفاوت در ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح (P < 0.05) است.

SEM: خطای استاندارد میانگین

^{a,b} Different letters in row indicate a significant difference at the level of (P < 0.05)

SEM: Standard Error of Mean

غلظت پروپیونات به دنبال جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا در جیره، دور از انتظار نبود. اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت پروتوزوای شکمبه در جدول ۶ نشان داده شده است. جمعیت انتودینیوم در جیره‌های حاوی کاملینای غیر تخمیری (P < 0.05) و تخمیری (P > 0.05) بیشتر از گروه شاهد بود. جمعیت دیپلودینیوم، افریواسکالکس، ایزوترشیده و داسی‌تریشیده تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. مطالعات چندانی در مورد اثر کنجاله کاملینا روی جمعیت پروتوزوای شکمبه گزارش نشده است، با این حال در مطالعه Shirnegar و همکاران (۲۰۲۳)، با افزایش میزان جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینا در جیره، جمعیت کل پروتوزوای و جنس انتودینیوم کاهش یافت، ولی موافق نتایج ما، تغییری در جمعیت‌های سایر پروتوزوای مشاهده نشد. همچنین گزارش شده است که حضور اسیدهای چرب ۱۸:۲ و

اما این مقادیر در کنجاله سویا به ترتیب ۱۵/۱، ۵۴ و ۹/۷ درصد گزارش شده است (Lopes و همکاران، ۲۰۱۷). از طرفی تغذیه کاملینا باعث کاهش جمعیت باکتری‌های رومینوکوکوس آلبوس و بوتیرو و ویبریو فابری سالونس در شکمبه شده است و این در حالی است که این باکتری‌ها در تولید استات و بوتیرات نقش به‌سزایی دارند (Bergman، ۱۹۹۰). همچنین، تغذیه کنجاله کاملینا به گاوهای شیری باعث افزایش نسبت پروپیونات و کاهش استات در مقایسه با گروه شاهد شد (Peyraud و Hurtaud، ۲۰۰۷؛ Lawrence و همکاران، ۲۰۱۶). در مطالعات آزمایشگاهی به منظور مقایسه ویژگی‌های تخمیری کنجاله سویا و کنجاله کاملینا، سطوح استات و کل اسیدهای چرب فرار در کنجاله سویا بالاتر گزارش شده است (Sizmaz و همکاران، ۲۰۲۱). لذا با توجه به نتایج این محققین، کاهش غلظت استات و افزایش

باشد. جمعیت پروتوزوآ و باکتری‌ها با هضم الیاف و تولید هیدروژن در شکمبه مرتبط می‌باشد و از این رو وجود اسیدهای چرب اشباع نشده چندگانه در جیره (نظیر گیاه روغنی کاملینا) می‌تواند بر جمعیت پروتوزوآیی و باکتریایی شکمبه اثر گذاشته و تولید متان در شکمبه را مهار کند (Martin و همکاران، ۲۰۱۰).

۱۸:۳ در روغن کاملینا اثرات سمی بر پروتوزوآیی مژکدار و باکتری‌های سلولایتیک داشت (Jenkins و همکاران، ۲۰۰۸). ترکیب اسیدهای چرب کاملینا بیشتر مشابه با اسیدهای چرب موجود در گیاه کتان است (Halmemies-Beauchet-Filleau و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین احتمال می‌رود اثرات کتان و کاملینا از لحاظ نوع اثر بر اکولوژی میکروبی شکمبه شبیه به هم

جدول ۶- اثر تیمارهای مختلف بر جمعیت پروتوزوآیی شکمبه بره‌های پرواری در طول دوره آزمایشی ($N \times 10^4$ در میلی‌لیتر)
Table 6- The effect of different treatments on the rumen protozoan population in fattening lambs during the experiment ($N \times 10^4$ ml)

Statistical index	شاخص آماری	تیمارها			جمعیت پروتوزوآیی Protozoan population
		کنجاله کاملینا Camelina m	کاملینای تخمیری Fermented Camelina meal	شاهد Control	
P Value	SEM				
0.21	15.59	156.67	193.33	125.00	کل جمعیت پروتوزوآیی Total Protozoa count
0.07	12.74	71.67 ^{ab}	111.67 ^a	45.00 ^b	انتودینیوم <u>Entodinium</u>
0.75	3.76	6.66	11.66	6.66	دیپلودینیوم Diplodinium
0.93	1.82	5.00	6.66	6.66	افریواسکالکس Ophryoscolex
0.22	2.46	10.00	11.66	20.00	ایزوتریسه Isotricha
0.11	3.41	63.33	51.66	46.66	داسی‌تریسه Dasytricha

^{ab}حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ($P < 0.05$) است.
SEM: خطای استاندارد میانگین

^{ab}Different letters in each row indicate a significant difference at the level of ($P < 0.05$)
SEM: Standard Error of Mean

ماده خشک مصرفی بره‌های پرواری نداشت و با توجه به نیاز آبی و قیمت کمتر، کاملینا می‌تواند به عنوان یک منبع پروتئینی در جیره غذایی بره‌های پرواری مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کاملینای تخمیری و غیر تخمیری اختلاف معنی‌دار و اثرات نامطلوبی بر عملکرد رشد و

منابع

- AOAC (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
Aschenbach, J. R., Penner, G. B., Stumpff, F. & 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 <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3301>

- Ashayerizadeh, A., Ganji, F., Dasta, B. & Fallah, M. (2015). Effect of *Aspergillus oryzae* fermented soybean meal and dietary protein level on yield and microbial population of broiler chicks. *Journal of Animal Science* (Research and Development), 109:55-66.
- Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shamsshargh, M., Sadeghimahoonak, A. R., & Zerehdaran, S. (2015). Reducing of glucosinolates in rapeseed meal by solid state fermentation and its effects on performance and gastrointestinal microflora population of broiler chickens. *Animal science Journal*, 29 (110): 3-16. <https://doi.org/10.22092/asj.2016.106516> (In Persian)
- Bergman, E. N. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Review*, 70(2): 567-590. <https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>
- Blummel, M., (2000). Predicting the partitioning of fermentation products by combined in vitro gas volume-substrate degradability measurements: Opportunities and Limitations. In: Gas production: Fermentation Kinetics for feed evaluation and to assess microbial activity. *British Society of Animal Science*, Penicuik, Midlothian pp. 48.
- Blummel, M., Steingass, H. & Becker, K. (1997). The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *British Journal of Nutrition*, 77 (6):911-921. <https://doi.org/10.1079/BJN19970089>
- Brandao, V. L. N., Dai, X., Paula, E. M., Silva, L. G. Marcondes, M. I., Shenkoru, T. & 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13558>
- Broderick, G. & 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)
- Cappelozza, B. I., Cooke, R. F., Bohnert, D. W., Cherian, G. & 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4664>
- 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., & Reggiani, R. (2014). Evaluation of Camelina sativa (L.) Crantz meal as an alternative protein source in ruminant rations. *Journal of Science and Food Agriculture*, 94(4): 736-743. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6408>
- Czerniawski, P., Piasecka, A., & Bednarek, P. (2021). Evolutionary changes in the glucosinolate biosynthetic capacity in species representing *Capsella*, *Camelina* and *Neslia* genera. *Phytochemistry*, 181, 112571. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112571>
- Dehority, B.A. (2003). Rumen Microbiology. British Library Cataloguing in Publication Data. First published.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Shingfield, K. J., Simpura, I., Kokkonen, T. Jaakkola, S. Toivonen, V. & Vanhatalo, A. (2017). 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, 305–324. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11438>
- Hurtaud, C., & Peyraud, J. L. (2007). Effects of feeding camelina (seeds or meal) on milk fatty acid composition and butter spreadability. *Journal of Dairy Science*, 90:5134–5145. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0031>
- Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J., & Mosley, E. E. (2008). Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, 86, 397-412. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0588>

- Kahrizi, D., Rostami, H., & Akbarabadi, A. (2015). Feasibility cultivation of camelina (*Camelina sativa*) as medicinal-oil plant in rain fed condition in Kermanshah-Iran's first report. *Journal of Medicinal Plant and By-Products*, 2, 215-218. <https://doi.org/10.22092/JMPB.2015.108911>.
- Lawrence, R. D., Anderson, J. L. & Clapper, J. A. (2016). Evaluation of camelina meal as a feedstuff for growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(8): 6215-6228. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10876>
- Lopes, J. C., Harper, M. T., Giallongo F., Oh, J., Smith, L., Ortega-Perez, A. M., Harper, S. A., Melgar, A., Kniffen D. M., Fabian R. A & 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11911>
- Mahdavi Kalatenu, M., Torbatinejad, N. M., Zerehdaran, S., Moslemipour, F. & Samiei, R. (2013). Utilize of guar meal instead common oil seeds meal in nutrition of Mazandaran male 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. & 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.
- Makkar, H. P. S. (2010). In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In: Vercoe, P.E., Makkar, H.P.S., Schlink, A.C. (Eds.), *In vitro Screening of Plant Resources for Extranutritional Attributes in Ruminants: Nuclear and Related Methodologies*. IAEA, Dordrecht, the Netherlands, pp. 107-144.
- Martin, C., Ferlay, A., Mosoni, P., Rochette, Y., Chilliard, Y. & 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10110>
- Martin, C., Morgavi, D. P. & Doreau, M. (2010). Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, 4, 351-365. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990620>
- Menke, K. H. , Rabb, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schnider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Jornual Agriculture Science*. 93: 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>
- Menke, K. H. & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, 28, 7- 55.
- National Research Council (2007). Nutrient Requirements of small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington (DC, USA): *National Academy of Sciences*.
- Nazari, S., Azizi, A., Kiani, A & 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. <https://doi.org/10.22124/AR.2022.21052.1661> (In Persian).
- Paula, E. M., Silva, L. G., Brandao, V. L. N., Dai, X. & Faciola, A. P. (2019). Feeding canola, camelina and carinata meals to ruminants. *Animal*, 9(10): 704-718. <https://doi.org/10.3390/ani9100704>
- Piravi-vannak, Z., Shahrokhi Nezhad., M., & Rashidi Nodeh, H. (2023). Study of physicochemical properties and nutritional and anti-nutritive compounds of camelina (*Camelina sativa*) meal (Soheyl) with unique methods. 4th International Food Science and Technology Congress 2-3 may 2023. Iranian Research Organization for Science and Technology.
- Rahmati Zaed, M., Hozhabri, F. & Kafilzadeh, F. (2023). The effect of adding a mixture of peppermint, thyme and rosemary essential oils to diet on growth performance, rumen fermentation parameters and blood metabolites of fattening lambs. *Iranian Journal of*

- Animal Science*, 53 (4): 273 -285. <https://doi.org/10.22059/ijas.2022.340407.653879>. (In Persian)
- Rezaei, Z., Kahrizi, D., Rostami-Ahmadvandi, H., Falah, F. & Karami, F. (2016). Production and fatty acid characterization of DH1025 a doubled haploid *Camelina sativa* line. International Conference on Researches in Science & Engineering. 28 July 2016. Istanbul University – Turkey.
- Russell, J. B. & 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.
- Shingfield, K. J., Ahvenjarvi, S., Toivonen, V., Vanhatalo, A., Huhtanen, P., & 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*, 99:971–983. <https://doi.org/10.1017/S0007114507853323>
- Shirnegar, Z., Hozhabri, F., & Nooriyan Soroor, M. E. (2023). Replacement of soybean meal with *Camelina sativa* meal in diet of fattening lambs: effect on performance, some blood and rumen fermentation parameters. *Iranian Journal of Animal Production*, 25(3): 255-266. <https://doi.org/10.22059/jap.2023.354050.623726> (In Persian).
- Sizmaz, Ö., Çalik, A. & Bundur, A. (2021). In vitro fermentation characteristics of camelina meal comparison with soybean meal. *Livestock Studies*, 61(1): 9-13
- Ueda, K., Ferlay, A., Chabrot, J., Loor, J. J., Chilliard, Y., & 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*. 86:3999–4007. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74011-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74011-9)
- Van Soest, P. J. (1982). Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, OR, USA: *Cornell University Press*. Pp. 253- 280.
- Wang, S., Kreuzer, M., Braun, U., & 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. <https://doi/abs/10.1002/jsfa.8260>
- Woyengo, T. A., Beltranena, E., & Zijlstra, R. T. (2017). Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.006>.
- Yang, S. L., Bu, D. P., Wang, J. Q., Hu, Z. Y., Li, D., Wei, H. Y., Zhou, L. Y., & Loor, J. J. (2009). Soybean oil and linseed oil supplementation affect profiles of ruminal microorganisms in dairy cows. *Animal*, 3(11): 1562- 1569. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990462>
- Zhang, W. J., Xu, Z. R., Zhao, S. H., Sun, J. Y., & Yang, X. (2007). Development of a microbial fermentation process for detoxification of gossypol in cottonseed meal. *Animal Feed Science and Technology*. 135: 176-186 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.003>