Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 17, Issue 2, 2026 p: 70-79

OPEN ACCESS

Research Paper

Effects of Palm Oil, Camelina Oil, and Whole Camelina Seeds on Rumen Fermentation Parameters and Urinary Purine Derivatives in Fattening Lambs

Ali Tohidi[1], Taghi Ghoorchi[2] and Abdolhakim Toghdory[3]

1- Ph.D. Student, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (Corresponding Author: ghoorchi@gau.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 14 October, 2025 Revised: 05 January, 2026 Accepted: 21 January, 2026

Extended Abstract

Background: The rumen, considered the metabolic center of ruminants, plays a pivotal role in digesting fibrous materials and supplying the animal's energy and protein requirements. Any dietary change, particularly in the source and physical form of fat, can alter fermentation patterns, microbial populations, and consequently, the efficiency of microbial protein synthesis. Among potential fat sources, *Camelina sativa* stands out due to its resistance to drought and salinity and its oil, which is rich in unsaturated fatty acids, particularly alpha-linolenic acid (omega-3). This makes it an emerging feed ingredient in livestock nutrition. Palm oil, predominantly composed of saturated fatty acids, exhibits limited effects on ruminal microbial populations. In contrast, camelina oil, rich in unsaturated fatty acids, may alter the volatile fatty acid (VFA) ratio, reduce methane production, and enhance energy utilization efficiency. Furthermore, the form of the product (seed versus oil) can differentially affect ruminal responses. As the direct measurement of microbial populations is challenging and costly, indirect indicators (e.g., urinary purine derivatives) are commonly employed to estimate microbial protein synthesis. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of palm oil, camelina oil, and camelina seeds on ruminal fermentation parameters and microbial protein synthesis in fattening lambs.

Methods: Thirty-two male lambs (average age: 3.5 months; initial weight: 23.89 ± 0.48 kg) were randomly assigned to a completely randomized design with four dietary treatments, each replicated eight times, for an 84-day feeding period. The treatments were 1) a basal diet without a fat supplement (Control), 2) a basal diet supplemented with 1.5% palm oil, 3) a basal diet supplemented with 1.5% camelina oil, and 4) a basal diet supplemented with 5% camelina seeds. Diets were formulated according to NRC (2007) recommendations and balanced for energy and crude protein content. Feeds were provided as a total mixed ration (TMR) twice daily (at 07:00 and 16:00). Rumen fluid samples were collected on day 84, four hours post-feeding, via a stomach tube to determine ruminal pH, ammonia nitrogen (NH3-N), and VFAs. Ruminal pH was immediately measured using a portable pH meter. Ammonia nitrogen was analyzed using the phenol-hypochlorite method, and VFA concentrations were determined by gas chromatography. To estimate microbial protein synthesis, 24-hour urine samples were collected on day 80. Purine derivatives (allantoin, uric acid, xanthine, and hypoxanthine) were quantified using standard commercial kits. Microbial nitrogen flow was calculated using the equations of Chen and Gomes (1995). Data were analyzed using the GLM procedure in SAS software (Version 4.9), and means were compared using Duncan's multiple range test at a 5% significance level.

Results: Ruminal pH was not significantly affected by dietary treatments, remaining within the optimal range of 6.75–7.00 ($P > 0.05$), indicating a stable ruminal environment. Total VFA concentration was highest in the camelina oil treatment (111.30 mmol/L) and lowest in the palm oil treatment (91.00 mmol/L) ($P < 0.0001$).

Copyright ©2026. Tohidi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]

[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

The acetate-to-propionate ratio significantly increased in the palm oil group ($P < 0.001$), whereas the concentrations of acetic acid (62.50 mmol/L) and propionic acid (27.50 mmol/L) were highest in the camelina oil group. Ammonia nitrogen concentration increased significantly in the palm oil treatment ($P < 0.001$), potentially due to the reduced efficiency of nitrogen utilization by rumen microbes or energy limitation. In contrast, the presence of unsaturated fatty acids in camelina-based diets (oil and seed) likely improved the synchronization of energy and nitrogen availability for microbial growth. Urinary excretion of purine derivatives (allantoin, uric acid, xanthine+hypoxanthine) and estimated microbial protein synthesis were significantly higher in the camelina seed treatment group than in other groups ($P < 0.001$). Daily microbial protein production was highest in the camelina seed group (46.60 g/day) and lowest in the control group (34.10 g/day) ($P < 0.0001$). Microbial protein yield per kilogram of dry matter intake was also significantly greater in the camelina seed treatment (1.07 g/kg DMI) compared to the control diet (0.81 g/kg DMI) ($P = 0.0007$).

Conclusion: Overall, the inclusion of camelina seeds in the diet improved ruminal fermentation patterns and enhanced microbial protein synthesis, whereas palm oil exerted detrimental effects on rumen fermentation. The physical form of the fat source and its fatty acid profile play crucial roles in determining ruminal fermentation and microbial protein synthesis. Owing to the physical protection of oil from rapid ruminal degradation and the simultaneous supply of fermentable energy and protein, feeding camelina seeds maintained rumen pH within the optimal range, increased the propionate-to-acetate ratio, and enhanced microbial protein synthesis. Although camelina oil supplementation at 1.5% of diet dry matter increased total VFA concentration, it did not negatively impact microbial protein synthesis. Based on the findings of this study, including up to 5% camelina seeds in the diet of growing lambs can enhance ruminal fermentation efficiency and microbial protein synthesis, consequently improving overall feed utilization efficiency.

Keywords: Camelina oil, Camelina seed, Fattening lambs, Microbial protein, Palm oil, Urinary purines, Volatile fatty acids

How to Cite This Article: Tohidi, A., Ghoorchi, T., Chaji, M., & Toghdory, A. (2026). Effects of Palm Oil, Camelina Oil, and Whole Camelina Seeds on Rumen Fermentation Parameters and Urinary Purine Derivatives in Fattening Lambs. *Res Anim Prod,* 17(2), 70-79. DOI: 10.61882/rap.2026.1599

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]

[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

مقاله پژوهشی

اثر روغن پالم، روغن و دانه کاملینا بر فراسنجه‌های تخمیری شکمبه و پورین‌های ادراری در بره‌های پرواری

علی توحیدی[۱]، تقی قورچی[۲] و عبدالحکیم توغدری[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- استاد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، (نویسنده مسوول: ghoorchi@gau.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۱۴/۰۷/۲۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۱
صفحه: ۷۰ تا ۷۹

چکیده مبوسط

مقدمه و هدف: شکمبه به‌عنوان مرکز متابولیک نشخوارکنندگان، نقش محوری را در هضم مواد فیبری و تأمین انرژی و پروتئین مورد نیاز دام ایفا می‌کند. هر گونه تغییر در جیره غذایی، به‌ویژه از نظر منبع و شکل فیزیکی چربی، می‌تواند الگوی تخمیر، جمعیت میکروبی و در نهایت کارایی تولید پروتئین میکروبی را دستخوش تغییر نماید. در این میان، گیاه کاملینا ساتیوا (*Camelina sativa*) به‌دلیل مقاومت به خشکی و شوری، و دارا بودن روغنی غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع، به‌ویژه اسید آلفا-لینولنیک (امگا-۳)، به‌عنوان منبعی نوظهور در تغذیه دام مطرح شده است. روغن پالم، به‌دلیل غلبه اسیدهای چرب اشباع، اثر کمتری بر جمعیت میکروبی شکمبه دارد، در حالی‌که روغن کاملینا با دارا بودن چندین پیوند غیر اشباع، ممکن است منجر به تغییر نسبت اسیدهای چرب فرار، کاهش متان و بهبود کارایی انرژی گردد. همچنین، نوع فرآورده (دانه یا روغن) می‌تواند بر پاسخ‌های شکمبه‌ای اثر متفاوتی داشته باشد. از آن‌جا که سنجش مستقیم جمعیت میکروبی دشوار و پرهزینه است، استفاده از شاخص‌های غیرمستقیم مانند اندازه‌گیری مشتقات پورینی در ادرار برای برآورد سنتز پروتئین میکروبی به‌کار می‌رود. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر روغن پالم، روغن کاملینا و دانه کاملینا بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای و سنتز پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری انجام شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۲ رأس بره نر (با میانگین سن ۳/۵ ماه و میانگین وزن اولیه ۰/۴۸± ۲۳/۸۹کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هشت تکرار به‌مدت ۸۴ روز پروار شدند. تیمارها شامل: ۱- جیره پایه بدون مکمل روغن (جیره شاهد)، ۲- جیره پایه حاوی ۱/۵ درصد روغن پالم، ۳- جیره پایه حاوی ۱/۵ درصد روغن کاملینا، و ۴- جیره پایه حاوی ۵ درصد دانه کاملینا بودند. جیره‌ها بر اساس توصیه‌های (NRC, 2007) تنظیم و از نظر انرژی و پروتئین خام متعادل شدند. خوراک‌ها به‌صورت TMR در دو وعده (هفت صبح و چهار عصر) تغذیه گردیدند. نمونه‌گیری از مایع شکمبه برای اندازه‌گیری pH، نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار در روز ۸۴ و چهار ساعت پس از خوراک‌دهی صبح با استفاده از لوله مری انجام شد. pH شکمبه بلافاصله توسط pH متر سیار اندازه‌گیری گردید. غلظت‌های نیتروژن آمونیاکی با روش فنل-هیپوکلریت و اسیدهای چرب فرار با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف تعیین گردیدند. برای تخمین سنتز پروتئین میکروبی، ادرار ۲۴ ساعته در روز ۸۰ جمع‌آوری و مشتقات پورینی (آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین و هیپوگزانتین) با کیت‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. جریان نیتروژن میکروبی با استفاده از معادلات چن و گومز (۱۹۹۵) محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS (ویرایش ۴/۹) و در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

یافته‌ها: pH شکمبه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت و در محدوده ۶/۷۵ تا ۷ باقی ماند ($P > ۰/۰۵$) که بیانگر حفظ تعادل بافری و سلامت محیط شکمبه است. غلظت کل اسیدهای چرب فرار در تیمار روغن کاملینا (۱۱۱/۲۵میلی‌مول در لیتر) بالاترین و در تیمار روغن پالم (۰۰/۹۱ میلی‌مول در لیتر) پایین‌ترین مقدار بود ($P < ۰/۰۰۰۱$). نسبت استات به پروپیونات در تیمار روغن پالم نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < ۰/۰۰۱$). غلظت‌های اسید استیک (۵۰/ ۶۲ میلی‌مول در لیتر) و اسید پروپیونیک (۲۷/۵۰ میلی‌مول در لیتر) در تیمار روغن کاملینا بالاترین مقدار را داشتند. غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمار روغن پالم افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$) که می‌تواند دلیل کاهش کارایی استفاده از نیتروژن توسط میکروب‌ها یا کاهش سنتز پروتئین میکروبی به‌علت محدودیت انرژی در محیط شکمبه باشد. در مقابل، در تیمارهای حاوی کاملینا (روغن و دانه) کاهش معنی‌دار نیتروژن آمونیاکی شکمبه همراه با افزایش معنی‌دار سنتز پروتئین میکروبی مشاهده شد که نشان می‌دهد حضور اسیدهای چرب غیر اشباع در جیره‌های حاوی کاملینا (روغن و دانه) احتمالاً موجب بهبود هماهنگی میان انرژی و نیتروژن قابل استفاده برای میکروب‌ها شده‌است. دفع روزانه تمام مشتقات پورینی ادرار (آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین + هیپوگزانتین) و سنتز پروتئین میکروبی در تیمار دانه کاملینا به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($P < ۰/۰۰۱$). تولید پروتئین میکروبی در تیمار دانه کاملینا (۴۶/۵۸گرم در روز) بیشترین و در تیمار شاهد (۳۴/۰۸ گرم در روز) کمترین مقدار را نشان داد ($P < ۰/۰۰۰۱$). تولید پروتئین میکروبی به‌ازای هر کیلوگرم ماده‌خشک مصرفی نیز در تیمار دانه کاملینا (۱/۰۷گرم) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد (۰/۸۱گرم) بود ($P = ۰/۰۰۰۷$).

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، استفاده از دانه کاملینا با بهبود شرایط تخمیر شکمبه و افزایش سنتز پروتئین میکروبی همراه بود، در حالی‌که روغن پالم اثرات منفی بر تخمیر شکمبه داشت. شکل فیزیکی ارائه چربی و منبع اسیدهای چرب نقش تعیین‌کننده‌ای در الگوی تخمیر شکمبه‌ای و سنتز پروتئین میکروبی داشت. دانه کامل کاملینا به‌دلیل محافظت فیزیکی روغن در برابر تخمیر سریع و همچنین تأمین همزمان انرژی و پروتئین قابل تخمیر، ضمن حفظ pH شکمبه در محدوده مطلوب، سبب افزایش نسبت پروپیونات به استات و بهبود سنتز پروتئین میکروبی گردید. اگرچه روغن کاملینا به شکل آزاد غلظت کل اسیدهای چرب فرار را افزایش داد، اما سطح ۱/۵ درصد آن تأثیر منفی بر سنتز پروتئین میکروبی نداشت. بر اساس یافته‌های این پژوهش، استفاده از دانه کاملینا تا سطح ۵ درصد ماده‌خشک جیره می‌تواند با بهبود تخمیر شکمبه‌ای و افزایش سنتز پروتئین میکروبی، کارایی استفاده از جیره را در بره‌های پرواری ارتقا دهد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب فرار، بره پرواری، پروتئین میکروبی، پورین‌های ادراری، دانه کاملینا، روغن پالم، روغن کاملینا

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]
[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

مقدمه

شکمبه به‌عنوان یک زیست‌گاه میکروبی پیچیده، نقش اساسی را در هضم مواد فیبری و تأمین نیازهای پروتئینی و انرژی نشخوارکنندگان ایفا می‌کند. هرگونه تغییر در ترکیب جیره، به‌ویژه افزودن منابع چربی، می‌تواند جمعیت میکروبی، الگوی تخمیر و نهایتاً محصولات نهایی تخمیر را دستخوش تغییر نماید (Jenkins, 1993).

منابع چربی مختلفی در تغذیه نشخوارکنندگان مورد استفاده می‌گیرند که می‌توان به چربی موجود در علوفه‌ها و دانه‌های روغنی و روغن‌های تجاری همانند روغن پالم، روغن کلزا و سایر روغن‌ها اشاره کرد (Mehrani *et al.,* 2025). مکمل‌های چربی اغلب در جیره نشخوارکنندگان گنجانده می‌شوند تا تراکم انرژی و در عین‌حال مصرف مواد مغذی را افزایش دهند (Baee *et al.,* 2023). افزایش ۵-۳ درصد چربی باعث تولید در بره‌های پرواری شده است (Ghoorchi *et al.,* 2006).

در این میان، گیاه کاملینا (*Camelina sativa*) از خانواده چلیپاییان، به‌عنوان یک دانه روغنی مقاوم به خشکی و شوری، با نیاز آبی کم و قابلیت کشت در اراضی حاشیه‌ای، طی دو دهه اخیر مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته است (Nouri *et al.*, 2025). دانه کاملینا حاوی ۳۵ تا ۴۵ درصد روغن با ترکیب اسید چرب منحصر به‌فرد است، به‌گونه‌ای که تا ۷۴ درصد از اسیدهای چرب آن را اسیدهای چرب غیر اشباع تشکیل می‌دهند که از این میزان، حدود ۴۶ درصد مربوط به اسید لینولنیک (امگا-۳) است. کنجاله باقی‌مانده از استخراج روغن نیز با داشتن ۲۹ تا ۴۰ درصد پروتئین‌خام و پروفایل اسیدآمینه‌ای غنی از لیزین و آرژینین، پتانسیل بالایی برای جایگزینی بخشی از کنجاله سویا در جیره نشخوارکنندگان دارد (McVay & Lamb, 2008).

با وجود مزایای تغذیه‌ای و زراعی کاملینا، استفاده از فرآورده‌های آن در تغذیه نشخوارکنندگان با چالش‌هایی نیز همراه است. اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر، به‌ویژه در فرم آزاد، می‌توانند با اثر بر غشای سلولی باکتری‌های گرم‌مثبت به‌ویژه باکتری‌های سلولولیتیک، سبب کاهش جمعیت آن‌ها، کاهش قابلیت هضم فیبر و تغییر الگوی تخمیر به‌سمت کاهش نسبت استات به پروپیونات شوند. علاوه بر این، حضور ترکیبات ضد تغذیه‌ای، نظیر گلوکوزینولات‌ها و اسید اروسیک، در دانه کاملینا می‌تواند در سطوح بالا محدودیت‌هایی را برای مصرف ایجاد کند.

روغن پالم با غلظت بالای اسیدهای چرب اشباع (عمدتاً پالمیتیک)، معمولاً اثرات تخریبی کمتری بر جمعیت میکروبی شکمبه دارد. در مقابل، روغن کاملینا سرشار از اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه (PUFA) به‌ویژه اسید آلفا-لینولنیک (حدود ۳۰ تا۴۰ درصد) است. از سوی دیگر، استفاده از دانه کاملینا به‌صورت خام ممکن است به‌دلیل حضور فیزیکی دانه و رهایش تدریجی روغن، اثرات متفاوتی نسبت به روغن خالص بر محیط شکمبه داشته باشد (Gonthier *et al.*, 2004).

ارزیابی مستقیم جمعیت میکروبی شکمبه پرهزینه و زمان‌بر است. بنا بر این، استفاده از روش‌های غیر مستقیم مانند اندازه‌گیری مشتقات پورینی ادراری (آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین و هیپوگزانتین) به‌عنوان شاخصی قابل اعتماد برای برآورد سنتز پروتئین میکروبی و جریان آن به دوازدهه، در مطالعات تغذیه‌ای نشخوارکنندگان رواج یافته است (Chen & Gomes, 1995).

اختلاف معنی‌داری در آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین+ هیپوگزانتین ادراری و مقدار پروتئین میکروبی سنتز شده بین تیمارهای دارای روغن ماهی، روغن سویا و روغن کلزا در تغذیه بره‌های پرواری یافت نشد (Parvar *et al.*, 2017).

با توجه به کمبود اطلاعات درباره اثرات مقایسه‌ای روغن پالم، روغن و دانه کاملینا بر فراسنجه‌های تخمیری و سنتز پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری، این مطالعه به‌منظور ارزیابی و مقایسه تاثیر این منابع چربی بر شاخص‌های ذکر شده، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

دام‌ها، شرایط محیطی و جیره آزمایشی

این پژوهش در مزرعه آموزشی هنرستان کشاورزی امام رضا (ع) اسفراین، استان خراسان شمالی، در سال ۱۴۰۴ انجام شد. تعداد ۳۲ رأس بره پرواری (با میانگین سن ۳/۵ ماه و میانگین وزن اولیه ۰/۴۸± ۲۳/۸۹کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هشت تکرار مورد استفاده قرار گرفتند.

تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره پایه بدون مکمل روغن (جیره شاهد) ۲- جیره پایه حاوی ۱/۵ درصد روغن پالم، ۳- جیره پایه حاوی ۱/۵ درصد روغن دانه کاملینا، و ۴- جیره پایه حاوی ۵ درصد دانه کاملینا بودند.

جیره پایه (شاهد) از نظر ترکیبات یکسان بود و تیمارها با جایگزینی بخشی از کنجاله سویا و کود مرغی با منابع چربی، از نظر انرژی و پروتئین خام نزدیک به‌هم تنظیم شدند. ترکیب مواد خوراکی و موادمغذی جیره‌های آزمایشی در جدول (۱) آمده است. ترکیبات شیمیایی جیره‌ها بر اساس جداول انجمن ملی تحقیقات گوسفند (NRC, 2007) و آنالیز آزمایشگاهی (AOAC, 2005) تعیین شدند. جیره‌ها به‌صورت کاملاً مخلوط (TMR) و در دو نوبت (صبح و عصر) در اختیار دام‌ها قرار داده شدند.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]
[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده (بر حسب درصد ماده‌خشک)

Table 1. The composition of feed ingredients and the chemical/nutrient composition of experimental diets (the percentage of dry matter basis)

اقلام خوراکی Feed ingredients	تیمارهای آزمایشی (براساس درصد ماده‌خشک) Experimental treatments (based on % dry matter)			
	شاهد Control	روغن پالم Palm Oil	روغن کاملینا Camelina Oil	دانه کاملینا Camelina Seed
کاه Straw	10.00	10.00	10.00	10.00
یونجه Alfalfa	20.00	20.00	20.00	20.00
دانه جو Barley Seed	15.00	15.00	15.00	15.00
دانه ذرت Corn Seed	16.00	16.00	16.00	16.00
سبوس گندم Wheat Bran	8.00	8.00	8.00	8.00
تفاله چغندر Sugar beet pulp	8.00	8.00	8.00	8.00
کنجاله سویا Soybean Meal	8.00	8.50	8.50	6.90
کود مرغی Poultry manure	14.00	12.00	12.00	10.10
دانه کاملینا Camelina seed	0.00	0.00	0.00	5.00
روغن پالم Palm Oil	0.00	1.50	0.00	0.00
روغن کاملینا Camelina Oil	0.00	0.00	1.50	0.00
مکمل ویتامینی و معدنی Vitamin-mineral supplement	1.00	1.00	1.00	1.00

ترکیبات شیمیایی (براساس درصد ماده‌خشک)
Chemical composition (as % of dry matter)

ترکیب Component	واحد Unit	شاهد Control	روغن پالم Palm Oil	روغن کاملینا Camelina Oil	دانه کاملینا Camelina Seed
ماده خشک Dry Matter	٪	89.95	89.93	89.93	90.00
انرژی قابل متابولیسم Metabolizable Energy	Mcal/kg	2.35	2.44	2.44	2.40
پروتئین خام Crude Protein	٪	15.94	15.58	15.58	15.77
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	٪	18.66	18.35	18.35	18.55
الیاف نامحلول در شوینده خنثی) Neutral detergent fiber	٪	37.05	36.52	36.52	37.05
عصاره اتری Ether extract	٪	3.81	5.07	5.07	8.30
خاکستر Ash	٪	8.70	8.30	8.30	8.02
کلسیم Calcium	٪	0.72	0.73	0.73	0.72
فسفر Phosphorus	٪	0.36	0.37	0.37	0.35
کربوهیدرات غیر فیبری Non-fiber carbohydrates	٪	34.50	34.53	34.53	30.86

مکمل ویتامین و مواد معدنی به‌ازای هر کیلوگرم: ۸/۵ گرم کلسیم، ۵/۵ گرم فسفر، ۲ گرم منیزیم، ۲/۵ گرم گوگرد،۶۰ میلی‌گرم منگنز، ۴۰ میلی‌گرم روی، ۱۲ میلی‌گرم مس، ۰/۵ میلی‌گرم کبالت، ۸۰ میلی‌گرم آهن، ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم، ۳۰ میلی‌گرم نیاسین، ویتامینA ۸۰۰۰، ویتامین D ۱۵۰۰و ویتامین E ۵۰ واحد بین‌المللی و ۱۰ گرم نمک آنیونی.
(پروتئین خام + الیاف نامحلول در شوینده خنثی + عصاره اتری + خاکستر) − ۱۰۰=کربوهیدرات غیرفیبری (NFE)

Vitamin and mineral supplement per kilogram: 8.5 g calcium, 5.5 g phosphorus, 2 g magnesium, 2.5 g sulfur, 60 mg manganese, 40 mg zinc, 12 mg copper, 0.5 mg cobalt, 80 mg iron, 0.3 mg selenium, 30 mg niacin, vitamin A 8000 IU, vitamin D 1500 IU, vitamin E 50 IU, and 10 g anionic salt.
Non-fiber carbohydrate (NFE)=100 − (crude protein + neutral detergent fiber + ether extract + ash).

در هفته آخر دوره پرواربندی (روز ۸۴) و ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی صبح، نمونه‌های مایع شکمبه از تمامی بره‌ها با استفاده از لوله مری متصل به پمپ مکش جمع‌آوری شدند. جهت جلوگیری از آلودگی با بزاق، ابتدا چند سی‌سی اولیه دور ریخته شد. بلافاصله پس از نمونه‌گیری، pH مایع شکمبه توسط pHمتر دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت گردید. سپس، نمونه‌ها از پارچه متقال چهارلایه صاف و برای آنالیزهای بعدی به دو بخش تقسیم شدند: بخش اول برای اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی با ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط و منجمد شد. بخش دوم برای اندازه‌گیری اسیدها چرب فرار با ۱ میلی‌لیتر اسید سولفوریک۰/۲ نرمال مخلوط و منجمد گردید (Rajabi Aliabadi *et al*., 2022).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]
[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

اندازه‌گیری فراسنجه‌های شکمبه‌ای

فنل-هیپوکلریت (Broderick & Kang, 1980) و با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت اسیدهای چرب فرار (استات، پروپیونات، بوتیرات، والرات، ایزوبوتیرات و ایزووالرات) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل PU 4410, PHILIPS) مجهز به ستون مویین و آشکارساز شعله یونی (FID) تعیین گردید. برای این‌منظور، نمونه‌ها پس از ذوب شدن در دمای اتاق، به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰۰ گرم در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند و مایع رویی به ویال‌های مخصوص تزریق منتقل شد. از ۲-اتیل بوتیریک اسید به‌عنوان استاندارد داخلی استفاده گردید. کل اسیدهای چرب فرار نیز با روش تقطیر با بخار (Markham still) و تیتراسیون با سود ۰/۰۲ نرمال تعیین شد (Barnett & Reid., 1957).

جمع‌آوری ادرار و اندازه‌گیری مشتقات پورینی

در روز ۸۰ دوره آزمایش، ادرار تمام بره‌ها با استفاده از کیسه‌های جمع‌آوری ادرار که به بدن دام متصل می‌شد، به‌مدت ۲۴ ساعت جمع‌آوری گردید. برای جلوگیری از اتلاف نیتروژن و تثبیت پورین‌ها، کیسه‌ها حاوی ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۱۰ درصد بودند. پس از پایان ۲۴ ساعت، حجم کل ادرار هر دام اندازه‌گیری شد و نمونه‌ای حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر برای آنالیزهای بعدی جدا و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شد.

غلظت اسید اوریک نمونه‌های ادرار با کیت‌های شرکت پارس‌آزمون (۱۴۰۰۰۳۱) و غلظت‌های آلانتوئین، گزانتین و هیپوگزانتین به‌ترتیب با کیت‌های A7878، X7373 و H9377 شرکت Sigma و توسط اسپکتروفتومتر Libera S22 اندازه‌گیری شدند. کل مشتقات پورینی (TPD) از جمع مقادیر این ترکیبات محاسبه گردید. جریان نیتروژن میکروبی به دوازده با استفاده از معادلات ارائه‌شده توسط چن و گومز (Chen & Gome, 1995) و بر اساس TPD دفع شده در ادرار و وزن متابولیکی دام برآورد شد.

کل مشتقات پورینی (TPD) جذب شده و دفع شده با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

(رابطه ۱)

$$Y = 0.84X + (0.150\times W^{0.75} \times e^{-0.25X})$$

Y: کل مشتقات پورینی دفع شده از طریق ادرار (میلی‌مول در روز).

X: کل مشتقات پورینی جذب شده توسط دام (میلی‌مول در روز).

$W^{0.75}$: وزن متابولیکی دام.

e: عدد نپری (≈ ۲.۷۱۸۲۸).

برای محاسبه مقدار X، مشتق رابطه بالا گرفته شده و در رابطه زیر جایگزین می‌شود:

(رابطه ۲)

$$X(n+1) = Xn - \frac{F(x)}{F'(x_n)}$$

که:

(رابطه ۳)

$$F(x) = 0.84X_n + (0.150\times W^{0.75}\times e^{-0.25}x_n) - Y$$

(رابطه ۴)

$$F'(x) = 0.84 - 0.038\times W^{0.75}\times e^{-0.25}x_n$$

محاسبه جذب پورین روزانه

با جایگزین کردن مقدار Y (کل مشتقات پورینی دفع شده از طریق ادرار) در معادله بالا، مقدار X (کل مشتقات پورینی جذب شده توسط دام) برآورد می‌شود.

محاسبه جریان روده‌ای نیتروژن میکروبی

جریان نیتروژن میکروبی (Microbial N) با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(رابطه ۵)

$$\text{Microbial N (gN/d)} = \frac{X(\text{mmol/d}) \times 70}{(0.116 \times 0.83 \times 1000)}$$

۰/۸۳: قابلیت هضم پورین‌های میکروبی.

۷۰: مقدار نیتروژن میکروبی (۷۰ mgN/mmol).

۰/۱۱۶: نسبت نیتروژن پورینی به کل نیتروژن در مخلوط میکروبی شکمبه.

مدل آماری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS (ویرایش ۴/۹) تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید. مدل آماری مورد استفاده به‌صورت $y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود که در آن y_{ij}: فراسنجه مورد اندازه‌گیری، μ: میانگین کل، T_i: اثر تیمار، و e_{ij}: خطای تصادفی هستند.

نتایج و بحث

فراسنجه‌های شکمبه‌ای

نتایج مربوط به فراسنجه‌های شکمبه‌ای در جدول ۲ ارائه شده‌اند. pH شکمبه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت و در محدوده ۶/۷۵ تا ۷/۰۰ بود ($P > ۰/۰۵$). غلظت اسید استیک در تیمار روغن پالم (۵۵/۵۰ میلی‌مول در لیتر) به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($P < ۰/۰۰۰۱$). بالاترین غلظت اسید پروپیونیک در تیمار روغن کاملینا (۲۷/۵۰ میلی‌مول در لیتر) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد و روغن پالم داشت. نسبت پروپیونات به استات در تیمار روغن پالم (۲/۷۱) بیشترین و در تیمارهای حاوی کاملینا کمترین بود. کل اسیدهای چرب فرار در تیمار روغن کاملینا (۱۱۱/۲۵ میلی‌مول در لیتر) بالاترین و در تیمار روغن پالم (۹۱/۰۰ میلی‌مول در لیتر) پایین‌ترین مقدار را داشت. نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمار روغن پالم (۱۴/۷۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($P < ۰/۰۰۰۱$).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]
[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

جدول ۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای بره‌های پرواری

Table 2. Effects of experimental treatments on ruminal fermentation parameters in fattening lambs

احتمال معنی داری P-Value	خطای استاندارد میانگین SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				شاخص‌ها Parameters
		دانه کاملینا Camelina Seed	روغن کاملینا Camelina Oil	روغن پالم Palm Oil	شاهد Control	
0.4262	0.063	6.75	6.75	6.50	6.75	pH
<0.0001	0.698	57.50^{c}	62.50^{a}	55.50^{c}	60.25^{b}	اسید استیک (میلی‌مول در لیتر) Acetic acid (mmol/L)
<0.0001	0.586	26.50^{ab}	27.50^{a}	20.50^{c}	25.00^{b}	اسید پروپیونیک (میلی‌مول در لیتر) Propionic acid (mmol/L)
0.0104	0.544	11.50^{b}	13.50^{a}	10.25^{b}	12.00^{ab}	اسید بوتیریک (میلی‌مول در لیتر) Butyric acid (mmol/L)
0.0123	0.386	5.00^{b}	6.25^{a}	4.00^{b}	4.75^{b}	اسید والریک (میلی‌مول در لیتر) Valeric acid (mmol/L)
0.0014	0.057	0.90^{b}	1.15^{a}	0.70^{c}	1.00^{ab}	اسید ایزوبوتیریک (میلی‌مول در لیتر) Isobutyric acid (mmol/L)
<0.0001	0.053	1.00^{b}	1.35^{a}	0.75^{c}	1.00^{b}	اسید ایزووالریک (میلی‌مول در لیتر) Isovaleric acid (mmol/L)
<0.0001	0.033	2.17^{c}	2.28^{c}	2.71^{a}	2.41^{b}	نسبت اسید استیک به پروپیونات Acetate/propionate ratio
<0.0001	1.083	98.00^{c}	111.25^{a}	91.00^{d}	104.25^{b}	کل اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول در لیتر) Total volatile fatty acids (mmol/L)
<0.0001	0.426	11.00^{b}	8.00^{c}	14.75^{a}	10.00^{b}	نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Ammonia nitrogen (mg/dL)

حروف متفاوت (a، b، c، d) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها هستند (P < ۰/۰۵).

Different superscript letters (a, b, c, d) in each row indicate significant differences between means ($P < 0.05$).

عدم تغییر معنی‌دار pH شکمبه بین تیمارها نشان دهنده کارایی سیستم‌های بافری شکمبه و ترشح بزاق در حفظ pH در محدوده مطلوب (۵/۶ تا ۷) است (Van Soes, 1994). این یافته با گزارشات قبلی مبنی‌بر تأثیر حداقلی چربی‌ها بر pH شکمبه همخوانی دارد (Bashtini & Farhangfa, 2019).

کاهش معنی‌دار غلظت اسید استیک و کل اسیدهای چرب فرار در تیمار روغن پالم می‌تواند ناشی از کاهش قابلیت هضم فیبر و فعالیت باکتری‌های سلولولیتیک باشد (Bogge *et al.*,1987). اگر چه روغن پالم به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب اشباع توانایی پوشاندن یا کوتینک (Coating) کمتری دارد و انتظار می‌رود تا تأثیر کمتری بر هضم فیبر داشته باشد اما در سطح مصرف ۱/۵ درصد و در جیره بره‌های پرواری با کربوهیدرات غیرفیبری نسبتا بالا اثرات مهاری مستقیم اسیدهای چرب بر جمعیت میکروبی (به ویژه باکتری‌های سلولولیتیک) غالب می‌شوند و منجر به کاهش تخمیر می‌گردد. در مقابل، افزایش غلظت اسید پروپیونیک در تیمار روغن کاملینا نشان دهنده تغییر الگوی تخمیر به‌سمت تولید پروپیونات است که می‌تواند ناشی از افزایش تخمیر کربوهیدرات‌های غیرالیافی یا تأثیر اسیدهای چرب غیر اشباع بر مسیرهای تخمیر باشد. افزایش پروپیونات از نظر متابولیکی مطلوب است زیرا پیش‌ساز اصلی گلوکز در نشخوارکنندگان محسوب می‌شود (Daniel & Resende Júnior, 2012).

افزایش نسبت استات به پروپیونات در تیمار روغن پالم عمدتاً به‌دلیل کاهش شدید پروپیونات بود، در حالی‌که در تیمارهای کاملینا این کاهش به‌دلیل افزایش پروپیونات رخ داد. افزایش معنی‌دار نیتروژن آمونیاکی در تیمار روغن پالم می‌تواند ناشی از کاهش کارایی استفاده از نیتروژن توسط میکروب‌ها به‌دلیل محدودیت انرژی یا کاهش سنتز پروتئین میکروبی باشد (Ruiz *et al.*, 2002).

مشتقات پورینی و سنتز پروتئین میکروبی

بر اساس نتایج مربوط به مشتقات پورینی ادرار در جدول ۳، تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر مقادیر آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین، هیپوگزانتین و مجموع گزانتین و هیپوگزانتین داشتند (P < ۰/۰۰۰۱).

مقدار آلانتوئین ادرار در تیمار شاهد برابر با ۳۸/۵۸ میلی‌مول در روز بود که با افزودن منابع مختلف چربی به جیره افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار دانه کاملینا (۴۹/۶۵ میلی‌مول در روز) مشاهده شد و پس از آن به‌ترتیب در تیمارهای روغن کاملینا (۴۵/۸۵ میلی‌مول در روز) و روغن پالم (۴۲/۰۶ میلی‌مول در روز) قرار داشتند. تمام تیمارها از نظر آماری با یکدیگر اختلافات معنی‌داری را نشان دادند.

روند مشابهی برای اسید اوریک مشاهده شد. مقدار این فراسنجه در تیمار شاهد ۱۷/۹۹ میلی‌مول در روز بود و با افزودن منابع چربی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به‌طوری‌که تیمار دانه کاملینا با ۲۳/۳۵ میلی‌مول در روز بیشترین مقدار را نشان داد، در حالی‌که مقادیر در تیمارهای روغن کاملینا و روغن پالم به‌ترتیب ۲۱/۵۶ و ۱۹/۷۸ میلی‌مول در روز بود.

مقدار گزانتین نیز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P < ۰/۰۰۰۱). کمترین مقدار این فراسنجه در تیمار شاهد (۶/۶۴ میلی‌مول در روز) و بیشترین مقدار آن در تیمار دانه کاملینا (۱۰/۳۵ میلی‌مول در روز) مشاهده شدند. تیمارهای روغن پالم و روغن کاملینا به‌ترتیب مقادیر ۷/۸۹ و ۹/۲۰ میلی‌مول در روز را نشان دادند.

مقدار هیپوگزانتین نیز با افزودن منابع چربی به جیره به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مقادیر این فراسنجه در تیمارهای شاهد، روغن پالم، روغن کاملینا و دانه کاملینا به ترتیب برابر با ۳/۰۱، ۴/۳۷، ۵/۸۴ و ۷/۱۶ میلی‌مول در روز بودند.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]

[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

همچنین، مجموع گزانتین و هیپوگزانتین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P < ۰/۰۰۰۱). کمترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد (۹/۶۵ میلی‌مول در روز) و بیشترین مقدار آن در تیمار دانه کاملینا (۱۷/۵۲ میلی‌مول در روز) مشاهده شدند، در حالی‌که مقادیر مربوط به تیمارهای روغن پالم و روغن کاملینا به ترتیب ۱۲/۲۶ و ۱۵/۰۴ میلی‌مول در روز بودند. به‌طور کلی، افزودن منابع چربی به جیره سبب افزایش معنی‌دار تمامی مشتقات پورینی ادرار شد و این افزایش در تیمار دانه کاملینا نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود.

شاخص‌های مرتبط با جذب، دفع و سنتز پروتئین میکروبی نیز نشان دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای حاوی منابع چربی بودند (P < ۰/۰۰۰۱).

مقدار پورین‌های جذب‌شده در تیمار شاهد برابر با ۷۷/۹۰ میلی‌مول در روز بود و با افزودن چربی‌ها به جیره به‌طور پیوسته افزایش یافت؛ به‌طوری‌که تیمارهای روغن پالم، روغن کاملینا و دانه کاملینا به‌ترتیب مقادیر ۸۷/۱۶، ۹۷/۰۰ و ۱۰۶/۴۸ میلی‌مول در روز را نشان دادند. تمام تیمارها از نظر آماری تفاوت‌های معنی‌دار داشتند و دانه کاملینا بیشترین جذب پورین را ایجاد کرد.

مقدار پورین‌های دفع شده نیز روندی مشابه را نشان داد. کم‌ترین مقدار دفع در تیمار شاهد (۶۶/۲۲ میلی‌مول در روز) و بیشترین مقدار در تیمار دانه کاملینا (۹۰/۵۱ میلی‌مول در روز) مشاهده شدند. تیمارهای روغن پالم و روغن کاملینا نیز به‌ترتیب ۷۴/۱۰ و ۸۲/۴۶ میلی‌مول در روز پورین دفع کردند.

سنتز نیتروژن میکروبی نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P < ۰/۰۰۰۱). مقدار این شاخص در تیمار شاهد ۵/۴۵ گرم در روز بود و با افزودن منابع چربی افزایش یافت؛ به‌طوری‌که تیمارهای روغن پالم، روغن کاملینا و دانه کاملینا مقادیر ۶/۱۰، ۶/۷۹ و ۷/۴۵ گرم در روز را نشان دادند.

به‌دنبال آن، مقدار پروتئین میکروبی بر حسب گرم در روز نیز افزایش معنی‌دار یافت و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد (۳۴/۰۸ گرم در روز) و بیشترین مقدار در تیمار دانه کاملینا (۴۶/۵۸ گرم در روز) به ثبت رسیدند. تیمارهای روغن پالم و روغن کاملینا نیز مقادیر متوسط ۳۸/۱۳ و ۴۲/۴۴ گرم در روز را تولید کردند.

مقدار پروتئین میکروبی برحسب گرم در هر کیلوگرم وزن متابولیک نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (P = ۰/۰۰۰۷) و از ۰/۸۱ گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۱/۰۷ گرم در کیلوگرم در تیمار دانه کاملینا افزایش یافت. در این شاخص، تفاوت بین تیمارهای میانی (روغن پالم و روغن کاملینا) از نظر آماری در حد متوسط بود؛ به‌طوری‌که تیمار روغن کاملینا با ۰/۹۸ گرم در کیلوگرم از نظر آماری بین دو تیمار دیگر قرار گرفت.

به‌طور کلی، تمام شاخص‌های مرتبط با جذب، دفع و سنتز پروتئین میکروبی نشان دادند که افزودن منابع چربی، خصوصاً دانه کاملینا باعث افزایش قابل توجه بازده میکروبی و جریان پروتئین میکروبی شد.

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر دفع روزانه مشتقات پورینی و تولید پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری

Table 3. Effects of experimental treatments on daily purine derivative excretion and microbial protein production in fattening lambs

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی داری P-Value
	شاهد Control	روغن پالم Palm Oil	روغن کاملینا Camelina Oil	دانه کاملینا Camelina Seeds		
مشتقات پورینی (Purine derivatives)						
آلانتوئین (میلی‌مول در روز) (Allantoin (mmol/day)	38.58^{d}	42.06^{c}	45.85^{b}	49.65^{a}	1.014	<0.0001
اسید اوریک (میلی‌مول در روز) Uric acid (mmol/day)	17.99^{d}	19.78^{c}	21.56^{b}	23.35^{a}	0.508	<0.0001
گزانتین(میلی‌مول در روز) Xanthine (mmol/day)	6.64^{d}	7.89^{c}	9.20^{b}	10.35^{a}	0.335	<0.0001
هیپوگزانتین(میلی‌مول در روز) Hypoxanthine (mmol/day)	3.01^{d}	4.37^{c}	5.84^{b}	7.16^{a}	0.380	<0.0001
گزانتین+ هیپوگزانتین(میلی‌مول در روز) Xanthine + Hypoxanthine (mmol/day)	9.65^{d}	12.26^{c}	15.04^{b}	17.52^{a}	0.715	<0.0001
کل (میلی‌مول در روز) Total (mmol/day)						
جذب شده Absorbed	77.90^{d}	87.16^{c}	97.00^{b}	106.48^{a}	2.615	<0.0001
دفع شده Excreted	66.22^{d}	74.10^{c}	82.46^{b}	90.51^{a}	2.223	<0.0001
نیتروژن میکروبی (گرم در روز) Microbial Nitrogen (g/day)	5.45^{d}	6.10^{c}	6.79^{b}	7.45^{a}	0.183	<0.0001
پروتئین میکروبی(گرم در روز) Microbial Protein (g/day)	34/08^{d}	38.13^{c}	42.44^{b}	46.58^{a}	1.144	<0.0001
پروتئین میکروبی (گرم در کیلوگرم) Microbial Protein (g/kg)	0.81^{c}	0.88^{bc}	0.98^{ab}	1.07^{a}	0.034	0.0007

حروف متفاوت (a، b، c، d) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها هستند (P < ۰/۰۵).

Different superscript letters (a, b, c, d) in each row indicate significant differences between means (P < 0.05).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]

[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

برتری معنی‌دار تیمار دانه کاملینا نسبت به روغن کاملینا نشان دهنده اهمیت شکل فیزیکی ارائه چربی است. به‌نظر می‌رسد که رهایش تدریجی روغن از دانه در شکمبه از اثرات منفی سریع اسیدهای چرب غیر اشباع بر باکتری‌های حساس جلوگیری کرده، هم‌زمانی بهتری را بین آزادسازی نیتروژن و انرژی برای سنتز میکروبی ایجاد می‌کند (Gonthier, 2004). افزایش سنتز پروتئین میکروبی می‌تواند توضیحی برای عملکرد رشد مطلوب بره‌ها علی‌رغم کاهش مصرف خوراک در تیمارهای حاوی چربی باشد.

افزایش معنی‌دار مشتقات پورینی ادرار در تیمارهای حاوی چربی، به‌ویژه دانه کاملینا، یکی از مهم‌ترین یافته‌های این مطالعه است. این نتیجه در تضاد با برخی گزارشات در مورد اثرات منفی چربی بر میکروارگانیسم‌های شکمبه است (Palmquist & Jenkins., 1980). با این‌حال، مطالعات جدیدتر نشان داده‌اند که افزودن چربی در سطوح متعادل و به‌ویژه به‌صورت دانه‌های روغنی می‌تواند سبب افزایش مشتقات پورینی ادرار و احتمالاً سنتز پروتئین میکروبی را افزایش دهد (Machmüller *et al*., 2000; Parvar *et al*., 2017).

چندین مکانیسم می‌توانند این افزایش را توجیه کنند: احتمالاً، تأمین انرژی متراکم از چربی اگرچه مستقیماً توسط میکروب‌ها تخمیر نمی‌شود، اما از طریق فرآیند زیست هیدروژناسیون، منبع الکترون را برای تولید ATP فراهم می‌کند. به‌نظر می‌رسد که کاهش نسبی جمعیت پروتوزوآها توسط اسیدهای چرب غیر اشباع (حذف انتخابی پروتوزوآها) می‌تواند با کاهش شکار باکتری‌ها، جریان نیتروژن باکتریایی به دوازدهه را افزایش دهد (Bashtini & Farhangfar, 2019). احتمالاً، در تیمار دانه کاملینا، حفظ قابلیت هضم ماده آلی و فیبر همراه با تأمین انرژی از چربی، بستر مناسبی را برای رشد و تکثیر میکروبی فراهم کرده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که نوع و شکل فیزیکی منبع چربی تأثیر قابل توجهی بر تخمیر شکمبه و سنتز پروتئین میکروبی دارد. روغن پالم با کاهش کل اسیدهای چرب فرار و افزایش نیتروژن آمونیاکی، اثرات منفی بر تخمیر شکمبه نشان داد. روغن کاملینا با افزایش نسبت پروپیونات وکاهش نسبت استات به پروپیونات، الگوی تخمیر را به‌سمت تولید بیشتر گلوکز سوق داد. دانه کاملینا با بهبود شرایط تخمیر (کاهش نسبت استات به پروپیونات نسبت به شاهد) و افزایش معنی‌دار سنتز پروتئین میکروبی، بهترین عملکرد را در میان تیمارها داشت. همچنین، دانه کاملینا به‌دلیل رهایش تدریجی روغن، به‌طور معنی‌داری مؤثرتر از روغن کاملینا بود. استفاده از دانه کاملینا به‌عنوان یک منبع چربی و پروتئین در جیره بره‌های پرواری می‌تواند با بهبود کارایی میکروبی شکمبه، به تأمین بهتر نیازهای پروتئینی دام کمک کند.

References

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Edited by Kenneth Helrich. USA.

Baee, H., Ghoorchi, T., Toghdory, A., & Mokhtarpour, A. (2023). Growth performance, ruminal fermentation characteristics and microbial protein synthesis of lambs fed palmitic and stearic acid. *Animal Feed Science and Technology,* 302, 115674. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115674

Barnett, A. J. G., & Reid, R. L. (1957). Studies on production of volatile fatty acids from grass by rumen liquid in an artificial rumen. *Journal of Agricultural Science*, 48, 315-321. https://doi.org/10.1017/S0021859600031671

Bashtini, M., & Farhangfar, H. (2019). *Dairy Cow Nutrition*, Vazhegane Kherad Publications. 232p. [In Persian]

Bogge, D. L., Bergen, W. G., & Hawkins, D. R. (1987). Effects of tallow supplementation and protein withdrawal on ruminal fermentation, microbial synthesis and site of digestion. *Journal of Animal Science*, 64, 907-914.

Broderick, G. A., & 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, 64-75 doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8

Chen, X. B., & Gomes, M. J. (1995). Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives an overview of the technical details. *International Feed Resources Unit*, Rowett Research Institute, Aberdeen, UK.

Daniel, J. L., & Resende Júnior, J. C. (2012). Absorption and metabolism of volatile fatty acids by rumen and omasum. *Ciência e Agrotecnologia*, 36, 93-99.

Ghoorchi, T., Gharabash, A.M., & Torbatinejad, N.M. (2006). Effect of calcium salt of long chain fatty acid on performance and blood metabolites of Atabay lambs. Asian *Journal of Animal and Veterinary Advances,* (1), 70-75. DOI: 10.3923/ajava.2006.70.75

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]

[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]

Gonthier, C., Mustafa, A.F., Berthiaume, R., Petit, H.V., Marineau, R., & Ouellet, D.R. (2004). Effects of feeding micronized and extruded Flaxseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 1854-1863. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73343-3

Jenkins, T. C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3851-3863. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9

Machmüller, A., Ossowski, D. A., & Kreuzer, M. (2000). Comparative evaluation of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 85, 41-60.

McVay, K. A., & Lamb, P. E. (2008). Camelina Production in Montana. Montana State University Extension Publication. Bozeman, Montana, USA.

Mehrani, K., Ghoorchi, T., & Toghdory. (2025). The effect of different fat sources on vital signs, blood parameters and hematology of pregnant and non-pregnant ewes under heat stress conditions. *Iranian Journal of Animal Science,* 56 (4), 767-791. 10.22059/ijas.2025.387547.654051 [In Persian]

Nouri, M., Tabatabaei Vakili, T., Mirzadeh, Kh., Aghaei, A. and Dorostghoal, M. (2025). The Effect of Camellia Oil and Tribulus terrestris Extract on Sperm Parameters and Seminal Plasma Concentrations of Antioxidant Enzymes and Malondialdehyde in Aged Broiler Breeder Roosters. *Research on Animal Production*, 16(4), 43-53. DOI: 10.61882/rap.2025.1517 [In Persian]

Parvar, R., Ghoorchi, T., & Shams Shargh, M. (2017). Influence of dietary oils on performance, blood metabolites, purine derivatives, cellulase activity and muscle fatty acid composition in fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 5442, 1-27.

Rajabi Aliabadi, R., Ghoorchi, T., Torbati Nejad, N. M., Toghdor, A., Mohajer, M., & Tahmasbi, R. (2022). The effects of physical form of alfalfa and processing of barley grain on performance, rumen fermentation parameters and microbial protein synthesis in Dalagh fattening stages lambs. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 137, 17-30. https://doi.org/10.22092/ASJ.2022.354280.2149 [In Persian]

Ruiz, R., Tedeschi, L., Marini, J., Fox, D., Pell, A., Jarvis, G., & Russell, J. (2002). The effect of a ruminal nitrogen (N) deficiency in dairy cows: evaluation of the Cornell net carbohydrate and protein system ruminal N deficiency adjustment. *Journal of Dairy Science*, 85, 2986-2999.

Van Soest, P. J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant, Cornell University Press, Ithaca, New York.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-22]

[DOI: 10.61882/rap.2026.1599]