Animal Production Research
Vol. 12, No. 1, 2023 (13-24)
doi: 10.22124/AR.2023.21822.1690
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

Effect of different levels of lysophospholipid on performance, degradability, ruminal parameters, microbial population, and carcass fatty acids in fattening lambs

M. Farahmandpour[1], Y. Chashnidel[2*], A. Teymouri Yansari[3], M. Kazemifard[4]

1. Ph.D. Student in Animal Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
3. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
4. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

(Received: 30-05-2022 – Revised: 24-01-2023 – Accepted: 19-02-2023 – Available online: 19-02-2023)

Introduction: Lysophospholipids play an important role in animal nutrition. These substances, which are also classified as plant secondary metabolites, have a positive effect on the digestion and absorption of lipid nutrients in livestock. Lysophospholipids, mostly due to their emulsifying properties, increase the digestibility of fats and fat-soluble vitamins and can selectively prevent the growth of gram-positive bacteria. They can also emulsify dietary fats and increase fat absorption in the intestinal epithelium. The lysophospholipids can improve the consumption of fatty acid supplements and increase their digestibility. Therefore, they have substantial benefits for ruminants. The current study was conducted to evaluate the effects of consumption of different levels of lysophospholipids on degradability parameters, ruminal parameters, carcass fatty acid profile, microbial population, and protozoa in fattening male lambs.

Materials and methods: In this study, 24 crossbred male lambs with four treatments and six replications per treatment were used in a completely randomized design. The experimental diets included: 1. Basal diet (control) (without lysophospholipid in the diet and with a diet containing a lipid source), 2. Treatment containing a lipid source + 0.25% lysophospholipid in the diet, 3. Treatment containing a lipid source + 0.50% lysophospholipid in the diet, and 4. Treatment containing a lipid source + 0.75% lysophospholipid in the diet. The lipid source and lysophospholipid supplement were rumen-protected products. The total fattening period was 105 days (15 days of adaptation + 90 days of recording period).

Results and discussion: The results showed that adding 0.75% of lysophospholipid supplement increased feed consumption and daily weight gain and decreased FCR (P<0.05). With the addition of lysophospholipid supplement to the diet of fattening lambs, there was no significant difference between experimental diets with the control diet regarding the rapidly degraded fraction and slowly degraded fraction and total potential of degradability of dry matter, protein, and NDF (P>0.05). Experimental treatments had no significant effect on pH and ammonia nitrogen. The addition of 0.75% of the lysophospholipid supplement, compared to other treatments, increased the concentration of acetic acid and the ratio of acetate to propionate in the ruminal fluid and also increased linolenic acid (c18:3 ω3) (P<0.05) and the ratio of ω6/ω3 decreased in all experimental groups (P<0.05). The use of 0.5 and 0.75% lysophospholipid supplements in the diet increased the total ruminal bacterial population (P<0.05) but did not affect the population of protozoa (P<0.05).

* Corresponding author: ychashnidel2002@yahoo.com

Conclusions: Based on the results of this experiment, it is possible to use lysophospholipid supplements at the levels of 0.5 and 0.75% of diets containing fat supplements in fattening male lambs.
Keywords: Crossbred male lambs, Degradability, Rumen microbial population, Lysophospholipid
Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.
Funding: The authors received no specific funding for this work.
Acknowledgments: The Department of Animal Science of the Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources is acknowledged for providing the required facilities to conduct this study.

How to cite this article:

Farahmandpour, M., Chashnidel, Y., Teymouri Yansari, A., & Kazemifard, M. (2023). Effect of different levels of lysophospholipid on performance, degradability, ruminal parameters, microbial population, and carcass fatty acids in fattening lambs. *Animal Production Research*, *12*(1), 13-24. doi: 10.22124/AR.2023.21822.1690

تحقیقات تولیدات دامی

سال دوازدهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۲ (۲۴-۱۳)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر عملکرد، تجزیه‌پذیری، فراسنجه‌های تخمیر، جمعیت میکروبی شکمبه و اسیدهای چرب لاشه در بره‌های پرواری

مریم فرهمند پور[۱]، یداله چاشنی دل[۲*]، اسداله تیموری یانسری[۳]، محمد کاظمی فرد[۴]

۱- دانشجوی دکتری تغذیه دام، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منبع طبیعی ساری

۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰)

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی آثار مصرف سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر عملکرد، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، جمعیت میکروبی، تخمیر شکمبه و ترکیب اسیدهای چرب لاشه در بره‌های پرواری نر آمیخته زل با افشاری با چهار تیمار و شش تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱- جیره پایه (شاهد) (بدون افزودن لیزوفسفولیپید در جیره و با جیره حاوی منبع لیپید)، ۲- تیمار حاوی منبع لیپید به‌علاوه افزودن ۰/۲۵ درصد لیزوفسفولیپید در جیره، ۳- تیمار حاوی منبع لیپید به‌علاوه افزودن ۰/۵۰ درصد لیزوفسفولیپید در جیره، و ۴- تیمار حاوی منبع لیپید به‌علاوه افزودن ۰/۷۵ درصد لیزوفسفولیپید در جیره بودند. منبع لیپید و مکمل لیزوفسفولیپید از نوع محافظت شده از شکمبه بود. طول دوره پرورار برابر با ۱۰۵ روز (۱۵ روز عادت‌پذیری + ۹۰ روز دوره رکوردبرداری) بود. نتایج نشان داد که افزودن مقدار ۰/۷۵ در صد مکمل لیزوفسفولیپید سبب افزایش مصرف خوراک و رشد روزانه و کاهش ضریب تبدیل خوراک شد ($P<0/05$). با افزودن مکمل لیزوفسفولیپید به جیره، تفاوت معنی‌داری در بخش‌های سریع تجزیه و کند تجزیه ماده خشک، پروتئین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی مشاهده نشد. افزودن ۰/۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید نسبت به سایر تیمارها سبب افزایش غلظت اسید استیک و نسبت استات به پروپیونات در مایع شکمبه و همچنین افزایش اسید لینولنیک لاشه شد ($P<0/05$) و نسبت اسیدهای چرب ω-3 /ω-6 در همه گروه‌های حاوی لیزوفسفولیپید نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P<0/05$). استفاده از ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید در جیره باعث افزایش کل جمعیت باکتریایی شکمبه شد ($P<0/05$)، ولی بر جمعیت پروتوزوآها تأثیری نداشت. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان از مکمل لیزوفسفولیپید در سطوح ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد جیره‌های حاوی مکمل چربی در بره‌های نر پرواری استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: بره‌های نر آمیخته، تجزیه‌پذیری، جمعیت میکروبی شکمبه، لیزوفسفولیپید

* نویسندهٔ مسئول: ychashnidel2002@yahoo.com

doi: 10.22124/AR.2023.21822.1690

مقدمه

در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای از خوراک کنسانتره در جیره‌های غذایی دام‌ها استفاده می‌شود. پرورش گوسفند در سیستم بسته نسبت به سیستم چرا، به دلیل امکان بهبود مصرف خوراک و عملکرد رشد حیوانات و کاهش طول دوره پرورش، بازده بیشتری دارد (Zhong *et al*., 2019). مکمل چربی می‌تواند تعادل منفی انرژی در دام‌های پرتولید را کاهش دهد (Abel-Caines *et al*., 2000).

لیزوفسفولیپیدها، لیپیدهایی بر پایه گلیسرول هستند که گروه فسفات آن‌ها به یک الکل یا آمینوالکل مثل کولین، اتانول‌آمین، اینوزیتول و یا سرین، استری شده است (Wettstein *et al*., 2009). لیزوفسفولیپیدها از هیدرولیز آنزیمی فسفولیپید تولید می‌شوند، و به‌طور عمده شامل لیزوفسفاتیدیل کولین، اسید لیزوفسفاتیدیک، لیزوفسفاتیدیل اتانول آمین و لیزوفسفاتیدیل اینوزیتول هستند. انواع مکمل چربی شامل چربی‌های فعال در شکمبه مانند چربی‌های حیوانی (مانند پیه و چربی طیور)، روغن‌های گیاهی (مانند سویا، کانولا و دانه کتان)، دانه‌های روغنی و محصولات فرعی پرچربی (برخی بقایای گیاهان خوراکی) و چربی‌های غیرفعال در شکمبه (محافظت شده)، هستند. لیزوفسفولیپیدها در تغذیه حیوانات نقش مهمی دارند. این مواد که به عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاهی نیز طبقه‌بندی می‌شوند، تأثیر مثبتی در هضم و جذب مواد مغذی لیپیدی در دام دارند. لیزوفسفولیپیدها، بیشتر به علت داشتن خاصیت امولسیون‌کنندگی، باعث افزایش قابلیت هضم چربی‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی می‌شوند و می‌توانند به‌طور انتخابی از رشد باکتری‌های گرم مثبت جلوگیری کنند. آن‌ها همچنین می‌توانند چربی‌های جیره غذایی را امولسیفه کنند و باعث افزایش جذب چربی‌ها در اپیتلیوم روده شوند. امولسیفایرها، توانایی مخلوط کردن چربی و آب را دارند. نشان داده شده است که گنجاندن یک امولسیون‌کننده در جیره غذایی، فعالیت آنزیمی و قابلیت هضم الیاف و دیگر مواد مغذی را افزایش می‌دهد (Lee *et al*., 2013). لیزوفسفولیپیدها، حاوی حدود ۱۷ درصد فسفاتیدیل کولین هستند که خود دارای حدود ۱۳ درصد کولین است. کولین در مقایسه با سایر اسیدهای آمینه در شکمبه، تجزیه‌پذیرتر است. تخمین زده می‌شود که حدود ۳۰ درصد کولین از شکمبه عبور می‌کند (Rico *et al*., 2017). در آزمایشی، افزودن ۰/۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید (لسیتین سویای هیدرولیز شده)، سبب افزایش اندکی در جمعیت باکتریایی گونه‌های *پریوتلا* (*Prevotella*) و *فیبروباکتر* (*Fibrobacter*) و کاهش تجزیه‌پذیری NDF و ADF شکمبه شد (Lee *et al*., 2019). در آزمایشی دیگر، افزودن مکمل لیزو فسفولیپید محافظت شده تأثیری بر pH و نیتروژن آمونیاکی نداشت (Fadden, 2019). در نژادهای آمیخته و یا نژادهای پربازده، لزوم استفاده از منابع لیپیدی در جیره برای تأمین سطح انرژی مورد نیاز دام و افزایش بهره‌وری مصرف منابع چربی در جیره‌ها پیشنهاد می‌شود. همچنین استفاده از چربی در جیره با حفظ سایر شرایط فیزیولوژی گوارش، سبب کاهش مصرف غلات و جلوگیری از ناهنجاری‌های متابولیکی نظیر اسیدوز می‌شود (Lee *et al*., 2013). طی مطالعات مختلف، استفاده از لیزوفسفولیپید به منظور بهبود مصرف مکمل اسید چرب و افزایش قابلیت هضم آن، دارای فواید موثری بر دام‌های نشخوارکننده بوده است. بنابراین هدف از این آزمایش، تعیین مناسب‌ترین سطوح استفاده از لیزوفسفولیپید در جیره بره‌های نر پرواری و بررسی آثار مصرف لیزوفسفولیپید بر عملکرد، تجزیه‌پذیری، فراسنجه‌های تخمیر، جمعیت میکروبی شکمبه و ترکیب اسیدهای چرب لاشه در بره‌های پرواری نر آمیخته‌های افشاری- زل بود.

مواد و روش‌ها

دام، شرایط آزمایشی و جیره‌های آزمایشی: این پژوهش در یک مزرعه پرورش گوسفند داشتی واقع در استان مازندران، شهرستان بابل، انجام شد. پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار روی ۲۴ رأس بره نر آمیخته افشاری- زل با میانگین وزن نزدیک به هم (۰/۵۴ ± ۲۹/۸۵) و سن تقریبی ۱۳۵ روز به مدت ۱۰۵ روز (۱۵ روز عادت‌پذیری و ۹۰ روز آزمایش) در بهار و تابستان ۱۴۰۰ انجام شد. در ابتدای دوره عادت‌پذیری، عمل پشم‌چینی، خوراندن داروی ضدانگل و واکسیناسیون آنتروتوکسمی انجام شد و بره‌ها در جایگاه‌های انفرادی به مساحت ۲/۱۶ متر مربع (۱/۸×۱/۲ متر) قرار گرفتند. پس از اتمام دوره عادت‌پذیری، بره‌ها به‌طور تصادفی در چهار تیمار آزمایشی قرار داده شدند. تیمارهای آزمایشی به شرح زیر شامل چهار جیره حاوی مقادیر نسبتاً مشابه مکمل لیپیدی و سطوح

مقدمه

در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای از خوراک کنسانتره در جیره‌های غذایی دام‌ها استفاده می‌شود. پرورش گوسفند در سیستم بسته نسبت به سیستم چرا، به دلیل امکان بهبود مصرف خوراک و عملکرد رشد حیوانات و کاهش طول دوره پرورش، بازده بیشتری دارد (Zhong *et al*., 2019). مکمل چربی می‌تواند تعادل منفی انرژی در دام‌های پرتولید را کاهش دهد (Abel-Caines *et al*., 2000).

لیزوفسفولیپیدها، لیپیدهایی بر پایه گلیسرول هستند که گروه فسفات آن‌ها به یک الکل یا آمینوالکل مثل کولین، اتانول‌آمین، اینوزیتول و یا سرین، استری شده است (Wettstein *et al*., 2009). لیزوفسفولیپیدها از هیدرولیز آنزیمی فسفولیپید تولید می‌شوند، و به‌طور عمده شامل لیزوفسفاتیدیل کولین، اسید لیزوفسفاتیدیک، لیزوفسفاتیدیل اتانول آمین و لیزوفسفاتیدیل اینوزیتول هستند. انواع مکمل چربی شامل چربی‌های فعال در شکمبه مانند چربی‌های حیوانی (مانند پیه و چربی طیور)، روغن‌های گیاهی (مانند سویا، کانولا و دانه کتان)، دانه‌های روغنی و محصولات فرعی پرچربی (برخی بقایای گیاهان خوراکی) و چربی‌های غیرفعال در شکمبه (محافظت شده)، هستند. لیزوفسفولیپیدها در تغذیه حیوانات نقش مهمی دارند. این مواد که به عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاهی نیز طبقه‌بندی می‌شوند، تأثیر مثبتی در هضم و جذب مواد مغذی لیپیدی در دام دارند. لیزوفسفولیپیدها، بیشتر به علت داشتن خاصیت امولسیون‌کنندگی، باعث افزایش قابلیت هضم چربی‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی می‌شوند و می‌توانند به‌طور انتخابی از رشد باکتری‌های گرم مثبت جلوگیری کنند. آن‌ها همچنین می‌توانند چربی‌های جیره غذایی را امولسیفه کنند و باعث افزایش جذب چربی‌ها در اپیتلیوم روده شوند. امولسیفایرها، توانایی مخلوط کردن چربی و آب را دارند. نشان داده شده است که گنجاندن یک امولسیون‌کننده در جیره غذایی، فعالیت آنزیمی و قابلیت هضم الیاف و دیگر مواد مغذی را افزایش می‌دهد (Lee *et al*., 2013). لیزوفسفولیپیدها، حاوی حدود ۱۷ درصد فسفاتیدیل کولین هستند که خود دارای حدود ۱۳ درصد کولین است. کولین در مقایسه با سایر اسیدهای آمینه در شکمبه، تجزیه‌پذیرتر است. تخمین زده می‌شود که حدود ۳۰ درصد کولین از شکمبه عبور می‌کند (Rico *et al*., 2017). در آزمایشی، افزودن ۰/۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید (لسیتین سویای هیدرولیز شده)، سبب افزایش اندکی در جمعیت باکتریایی گونه‌های *پریوتلا* (*Prevotella*) و *فیبروباکتر* (*Fibrobacter*) و کاهش تجزیه‌پذیری NDF و ADF شکمبه شد (Lee *et al*., 2019). در آزمایشی دیگر، افزودن مکمل لیزو فسفولیپید محافظت شده تأثیری بر pH و نیتروژن آمونیاکی نداشت (Fadden, 2019). در نژادهای آمیخته و یا نژادهای پربازده، لزوم استفاده از منابع لیپیدی در جیره برای تأمین سطح انرژی مورد نیاز دام و افزایش بهره‌وری مصرف منابع چربی در جیره‌ها پیشنهاد می‌شود. همچنین استفاده از چربی در جیره با حفظ سایر شرایط فیزیولوژی گوارش، سبب کاهش مصرف غلات و جلوگیری از ناهنجاری‌های متابولیکی نظیر اسیدوز می‌شود (Lee *et al*., 2013). طی مطالعات مختلف، استفاده از لیزوفسفولیپید به منظور بهبود مصرف مکمل اسید چرب و افزایش قابلیت هضم آن، دارای فواید موثری بر دام‌های نشخوارکننده بوده است. بنابراین هدف از این آزمایش، تعیین مناسب‌ترین سطوح استفاده از لیزوفسفولیپید در جیره بره‌های نر پرواری و بررسی آثار مصرف لیزوفسفولیپید بر عملکرد، تجزیه‌پذیری، فراسنجه‌های تخمیر، جمعیت میکروبی شکمبه و ترکیب اسیدهای چرب لاشه در بره‌های پرواری نر آمیخته‌های افشاری- زل بود.

مواد و روش‌ها

دام، شرایط آزمایشی و جیره‌های آزمایشی: این پژوهش در یک مزرعه پرورش گوسفند داشتی واقع در استان مازندران، شهرستان بابل، انجام شد. پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار روی ۲۴ رأس بره نر آمیخته افشاری- زل با میانگین وزن نزدیک به هم (۰/۵۴ ± ۲۹/۸۵) و سن تقریبی ۱۳۵ روز به مدت ۱۰۵ روز (۱۵ روز عادت‌پذیری و ۹۰ روز آزمایش) در بهار و تابستان ۱۴۰۰ انجام شد. در ابتدای دوره عادت‌پذیری، عمل پشم‌چینی، خوراندن داروی ضدانگل و واکسیناسیون آنتروتوکسمی انجام شد و بره‌ها در جایگاه‌های انفرادی به مساحت ۲/۱۶ متر مربع (۱/۸×۱/۲ متر) قرار گرفتند. پس از اتمام دوره عادت‌پذیری، بره‌ها به‌طور تصادفی در چهار تیمار آزمایشی قرار داده شدند. تیمارهای آزمایشی به شرح زیر شامل چهار جیره حاوی مقادیر نسبتاً مشابه مکمل لیپیدی و سطوح

از کیسه‌های نایلونی با جنس پلی‌استر (داکرون) با قطر منافذ ۴۵ میکرومتر و به ابعاد ۷×۹ سانتی‌متراستفاده شد. برای هر نمونه در هر زمان مورد نظر، تعداد چهار کیسه (تکرار) تهیه و حداقل در دو گوسفند فیستوله‌دار شکمبه‌گذاری شد. همه کیسه‌های حاوی نمونه‌های جیره-های آزمایشی (سه گرم) را قبل از قرار دادن در شکمبه، در یک ظرف حاوی آب ولرم با دمای ۳۹ درجه سلسیوس به مدت پنج دقیقه خیسانده تا رطوبت کافی را جذب نمایند. این عمل به خاطر مرطوب شدن نمونه‌ها و دسترسی سریع میکروارگانیسم‌ها به سوبسترا انجام می‌شود. سپس کیسه-های حاوی نمونه با اتصال به یک شیلنگ لاستیکی از راه فیستولا وارد شکمبه شدند. کیسه‌های حاوی نمونه در فواصل زمانی ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون از شکمبه خارج شدند و پس از شستشو در ماشین لباسشویی و خشک نمودن برای تعیین اجزای ترکیبات مغذی تجزیه نشده در نمونه‌ها، تجزیه شدند. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه و با استفاده از ماشین لباسشویی به مدت ۲۰ دقیقه با آب سرد مورد شستشو قرار گرفتند. میزان ناپدیدشدن مواد مغذی و فراسنجه‌های هضمی آن با استفاده از معادله استاندارد (Ørskov and McDonald, 1979) تخمین زده و سپس درصد تجزیه‌پذیری با استفاده از معادله زیر مشخص شد:

$$\text{درصد تجزیه پذیری} = 1 - \frac{\text{مقدار باقیمانده نمونه در کیسه}}{\text{مقدار نمونه اولیه در کیسه}} \times 100$$

نرم افزار دگرا ویرایش ۳۰، میزان ناپدید شدن مواد در زمان‌های مختلف و همچنین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری مواد مغذی بر اساس معادله زیر برای زمان‌های مختلف محاسبه شدند که در این رابطه، P: تجزیه‌پذیری ماده مغذی، a: بخش سریع تجزیه‌شونده در شکمبه، b: بخش کند تجزیه‌شونده در شکمبه، c: ثابت نرخ تجزیه، e: عدد نپر، و t: زمان انکوباسیون در شکمبه (ساعت) است.

$$P = a+b\ (1-e^{-ct})$$

اندازه‌گیری فراسنجه‌های شکمبه‌ای (pH، نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار): مایع شکمبه در روز ۹۰ آزمایش، چهار ساعت بعد از تغذیه صبحگاهی با استفاده از لوله مری، از شکمبه بره‌های آزمایشی اخذ شد. اندازه‌گیری pH با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال قابل حمل (مدل ۸۲۷ مترون) انجام شد. سپس نمونه با پارچه کنفی چهار لایه صاف شده و نمونه‌ای از آن برای تعیین نیتروژن آمونیاکی (NH_3-N) و ترکیب اسیدهای چرب فرار، به‌طور جداگانه برداشته شد (۱۰میلی لیتر)، سپس ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال اضافه شده و برای تجزیه آزمایشگاهی در فریزر در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. نیتروژن آمونیاکی با استفاده از روش تیتراسیون (Conway, 1950) اندازه‌گیری شد. روش آماده‌سازی نمونه برای تعیین نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه به این صورت بود که پس از صاف کردن مایع شکمبه به میزان پنج میلی لیتر از هر نمونه، مستقیم در دستگاه تقطیر کلدال قرار داده شد. محلول ۰/۲ مولار بورات سدیم (۱۲/۴ گرم اسید بوریک و چهار گرم سود سوزآور با آب مقطر به حجم یک لیتر رسید) به‌جای اسید بوریک دو درصد استفاده شد. پس از تیتراسیون، میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد (AOAC, 2000) به‌صورت زیر محاسبه شد:

(۲۴۰ × عدد تیتر / مقدار نمونه × ۱۰۰۰) × ۱۰۰=درصد نیتروژن آمونیاکی

تعیین الگوی اسیدهای چرب فرار شکمبه (استیک، پروپیونیک، بوتیریک، والریک و ایزووالریک) با کمک دستگاه گازکروماتوگرافی (GC) در آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. برای اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب فرار، ۲۵ میلی لیتر از مایع شکمبه صاف شده با ۱/۵ میلی لیتر اسید کلریدریک شش نرمال به آرامی مخلوط و بلافاصله در ظرف درب‌دار در۲۰- درجه سلسیوس تا زمان تعیین آزمایش نگهداری شد. به منظور استخراج اسیدهای چرب فرار از مایع شکمبه (Ottenstein and Bartley, 1971)، پس از زمان ده دقیقه، سانتریفیوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه، مایع به دو فاز تفکیک شد که از مایع شفاف پایین، یک میلی لیتر جدا شده و در ظرفی دیگر به آن یک میلی لیتر دی کلرومتان اضافه شد. پس از پنج دقیقه ورتکس، مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه، سانتریفیوژ انجام شد تا دو فاز از هم جدا شوند. فازی که در پایین قرار گرفت، حاوی اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بود که به دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) تزریق شد.

اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای چرب لاشه: به منظور اندازه‌گیری پروفایل اسید چرب داخل ماهیچه‌ای، از نمونه همگن شده ماهیچه ناحیه دنده‌های ۱۲ و ۱۳، استفاده شد. در ابتدا، چربی نمونه گوشت را استخراج کرده و سپس متیل استر اسیدهای چرب تهیه شد (Folch *et al.*, 1957). متیل استر اسیدهای چرب با استفاده از کروماتوگرافی Winford, (Path Ion Cheshire, CW7) 3GA, United Kingdom)، تجزیه شد.

شمارش تعداد جمعیت میکروبی و پروتوزوآها: بخشی از شیرابه شکمبه (مخلوط با حجم مساوی از فرمالین ۱۰ درصد) مخلوط و پس از رنگ‌آمیزی با رنگ متیلن بلو، بریلیانت‌گرین و لوگول در تاریکی و در دمای اتاق قرار گرفت. شمارش پروتوزوآها با استفاده از میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰x انجام شد (Ivan *et al.*, 2013).

برای اندازه‌گیری جمعیت کل باکتری‌های مایع شکمبه، بعد از جمع‌آوری نمونه‌های مایع شکمبه در روز ۹۰ آزمایش (چهار ساعت بعد از مصرف وعده خوراک صبح)، آنها بلافاصله در فلاسک آب گرم به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، محیط کشت با pH= ۷/۵۸ تهیه و سپس مقداری از مایع شکمبه با محلول رقیق‌سازی مخلوط و رقت‌های ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ تهیه و سپس از هر رقت، سه تکرار با تلقیح ۰/۵ میلی لیتر از محلول رقیق در محیط کشت اختصاصی (حاوی سه گرم مونو پتاسیم فسفات، شش گرم کلروپتاسیم، ۰/۶ گرم سولفات منیزیم، ۰/۶ کلروکلسیم، شش گرم سولفات آمونیوم، چهار گرم مایع شکمبه، گلوکز، مخلوط اسیدهای چرب، سلوبیوز، زایلوز، مخمر، مالتوز، سلولز و محلول کربنات سدیم)، تهیه شد و با گازدهی با CO_2 به مدت۳۰ ثانیه، درب لوله‌های کشت محکم بسته شد و در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سلسیوس قرار گرفت. بعد از ۱۴ روز با بررسی تغییر pH (از pH=۶ به pH=۴) و مشاهده رنگ کدر و خاکستری در ته هر لوله، رشد باکتری تعیین شد و با استفاده از جداول محتمل‌ترین روش (Most Probably Number MPN)، تعداد کل باکتری‌ها مشخص شد (Dehority, 2013).

تجزیه آماری: داده‌های این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار و با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. همچنین داده‌های مربوط به فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با چهار تیمار و چهار تکرار در هر زمان تجزیه و تحلیل شد. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ با هم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مصرف خوراک و عملکرد رشد: نتایج مربوط به عملکرد رشد در جدول ۲ نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در صفات مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه، وزن نهایی و ضریب تبدیل خوراک مشاهده شد (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد که تیمار حاوی ۰/۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید دارای بالاترین مقدار مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه و وزن نهایی و نیز دارای کمترین ضریب تبدیل خوراک بود.

در پژوهش حاضر، استفاده از ۰/۷۵ درصد جیره مکمل لیزوفسفولیپید سبب افزایش مصرف خوراک شد. موافق با نتایج این پژوهش در تحقیق دیگری، افزودن لیزوفسفولیپید به میزان ۰/۵ درصد جیره در بره‌های نر پرواری سبب افزایش مصرف خوراک شد (Huo *et al.*, 2019). با وجود این، در برخی از پژوهش‌ها، مصرف خوراک در بره‌های نر پرواری (Lee *et al.*, 2019) و گاوهای شیری (2012 Marchesini *et al.*,) در نتیجه تغذیه با مکمل لیزوفسفولیپید تغییری نکرده است. اما در سایر پژوهش‌ها،

جدول ۲- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر صفات عملکرد رشد بره‌های پرواری

Table 2. Effect of different levels of lysophospholipid (LPL) on growth performance of fattening lambs

Item	Treatment (% of LPL)				SEM	*P*-value
	0	0.25	0.5	0.75		
Feed intake (g)	1460^{c}	1490^{b}	1500^{b}	1590^{a}	1.310	0.003
Initial weight (kg)	30.91	31.88	32.08	32.76	1.311	0.332
Final weight (kg)	48.25^{c}	50.00^{b}	50.62^{b}	54.20^{a}	0.262	0.031
daily weight gain (g)	192^{c}	201^{b}	206^{ab}	238^{a}	0.010	0.045
Feed conversion ratio	7.60^{a}	7.41^{a}	7.28^{a}	6.68^{b}	0.143	0.002

$^{a-b}$ Values with different superscript letters within a row are significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the means.

مصرف ۰/۲۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید در گاوهای شیری (Huo *et al*., 2019) و مصرف ۰/۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید محافظت شده شکمبه‌ای در بره‌های نر پرواری سبب کاهش مصرف خوراک شد (Fadden, 2019). نتایج متناقض در میان مطالعات مختلف ممکن است ناشی از منبع مکمل لیزوفسفولیپید (Lee *et al*., 2019)، دوز مکمل لیزوفسفولیپید (Song *et al*., 2019)، مدت زمان مصرف (Lee *et al*., 2019) و تخریب مکمل لیزوفسفولیپید در شکمبه (Huo *et al*., 2019) باشد.

در این پژوهش، استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید سبب افزایش مصرف ماده خشک شد. دلایل مختلفی از جمله بهبود قابلیت هضم برخی مواد مغذی جیره مانند چربی خام، افزایش سطح تولید اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه و نیز شاخص پر بودن شکمبه ناشی از مصرف مکمل لیزوفسفولیپید (محافظت شده از شکمبه)، در توجیه افزایش ماده خشک مصرفی مطرح شده است (Behan *et al*., 2019). افزایش وزن روزانه در همه گروه‌هایی که مکمل لیزوفسفولیپید دریافت کردند، نسبت به گروه شاهد بیشتر بود، اما این افزایش در گروهی که از ۰/۷۵ درصد جیره مکمل لیزوفسفولیپید دریافت کرده بودند نسبت به گروه شاهد و بقیه گروه‌ها بیشتر بود ($P<۰/۰۵$)، که شاید به دلیل مصرف خوراک بیشتر و بهبود سطح انرژی گروه دریافت‌کننده مقدار ۰/۷۵ درصد جیره مکمل لیزوفسفولیپید باشد (Behan *et al*., 2019).

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری: نتایج تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک جیره‌های آزمایشی در جدول ۳ نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری بین بخش سریع تجزیه‌شونده جیره‌های مختلف وجود نداشت. اختلاف بخش کند تجزیه-شونده و مجموع بخش قابل تجزیه ماده خشک جیره‌های آزمایشی نیز معنی‌دار نبود. در توافق با این پژوهش، افزودن ۲/۵ درصد لیسیتین سویا به جیره بره‌های نر پرواری تاثیری بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک نداشت، زیرا بخش لیپید جیره، بخش کوچکی از ماده خشک جیره بوده و مصرف امولسیفایر بر بهبود تجزیه‌پذیری ماده خشک محسوس نیست (Jenkins *et al*., 2000).

بر اساس نتایج جدول ۴، تفاوت معنی‌داری بین بخش سریع تجزیه‌شونده، بخش کند تجزیه‌شونده و مجموع بخش قابل تجزیه پروتئین جیره‌های مختلف وجود نداشت.

جدول ۳- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر تجزیه‌پذیری ماده خشک (درصد)

Table 3. Effect of different levels of lysophospholipid (LPL) on dry matter degradability (%)

Item	Treatment (% of LPL)				SEM	*P*-value
	0	0.25	0.5	0.75		
a	25.16	25.10	24.85	24.91	0.81	0.951
b	51.87	51.15	51.62	51.14	0.46	0.926
a + b	76.03	76.25	76.47	76.05	0.29	0.785
c	0.039	0.040	0.038	0.038	0.03	0.061
ED						
k=0.02	58.25	58.82	59.11	58.45	0.32	0.513
k=0.04	50.58	50.79	50.81	51.55	0.37	0.899
K=0.06	45.23	46.11	45.35	45.21	0.50	0.123

a: Rapidly degraded fraction (%), b: Slowly degraded fraction (%), a+b: Potential of degradability, c: Constant rate of degradation (/h), ED: Effective degradability of dry matter (at 2, 4, and 6 % out-follow rates (k)).

جدول ۴- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر تجزیه‌پذیری پروتئین خام (درصد)

Table 4. Effect of different levels of lysophospholipid (LPL) on crude protein degradability (%)

Item	Treatment (% of LPL)				SEM	*P*-value
	0	0.25	0.5	0.75		
a	25.74	26.74	25.45	25.55	0.51	0.954
b	47.55	48.09	47.93	48.14	0.25	0.736
a + b	73.29	74.83	73.38	73.69	0.71	0.995
c	0.052	0.054	0.054	0.053	0.01	0.121
ED						
k=0.02	60.86	61.59	60.14	58.95	0.95	0.543
k=0.04	52.91	52.91	53.10	52.59	0.31	0.181
k=0.06	47.45	48.55	47.91	47.58	0.45	0.832

a: Rapidly degraded fraction (%), b: Slowly degraded fraction (%), a+b: Potential of degradability, c: Constant rate of degradation (/h), ED: Effective degradability of crude protein (at 2, 4, and 6 % out-follow rates (k)).

یافته‌های جدول ۵ نشان داد که میانگین ناپدیدشدن الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، بخش تند تجزیه-شونده و مجموع بخش قابل تجزیه در گروه‌های آزمایشی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. موافق با این یافته‌ها در یک پژوهش، افزودن مکمل لیسیتین (محافظت شده از شکمبه) به جیره بره‌های نر پرواری تأثیری بر تجزیه‌پذیری الیاف نداشت (Wettstein *et al*., 2001). از طرفی در پژوهش‌های دیگر، افزودن ۰/۲۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید محافظت شده شکمبه‌ای (Fadden, 2019) و افزودن ۰/۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید (لسیتین سویای هیدرولیز شده) (Lee *et al.,* 2019)، سبب کاهش تجزیه‌پذیری NDF و ADF شد. تجزیه‌پذیری بخش قابل تجزیه به شدت تحت تأثیر ترکیب دیواره سلولی است که در آن، ساختار الیاف (پیوند لیگنوسلولزی) می‌تواند نفوذ آنزیم‌های میکروبی را مهار کند و در نتیجه، منجر به تخریب کمتر مواد مغذی شود. فرآیند تجزیه‌پذیری ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلفی مثل شرایط محیطی، میزان مصرف ماده خشک و جمعیت میکروبی شکمبه در زمان آزمایش باشد (Lee *et al.,* 2019). در این آزمایش، مکمل لیزوفسفولیپید تأثیری بر تجزیه‌پذیری ماده خشک نداشت. با توجه به این موضوع که تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام جیره به‌طور عمده به‌وسیله تنوع و تغییرات در بخش محلول در آب (a) ماده خوراکی ایجاد می‌شود (Lee *et al.,* 2019)، به نظر نمی‌رسد که افزودن سطوح مختلف لیزوفسفولیپید در تحقیق حاضر در تجزیه‌پذیری جیره‌های آزمایشی مؤثر باشد.

فراسنجه‌های شکمبه‌ای (pH، نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب): طبق یافته‌های جدول ۶، تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر pH و نیتروژن آمونیاکی نداشتند. موافق با این یافته در پژوهش‌های دیگر نیز افزودن ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد مکمل لیزوفسفولیپید در جیره بره‌های نر پرواری (Lee *et al*., 2019) و افزودن ۰/۵ درصد مکمل فسفولیپید محافظت شده شکمبه‌ای در جیره گاوهای شیری (Fadden, 2019)، تاثیری بر pH و نیتروژن آمونیاکی نداشت. طبق یافته‌های این پژوهش، افزودن مقدار ۰/۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید باعث افزایش غلظت اسید استیک و نسبت استات به پروپیونات در شکمبه شد ($P<0/05$). احتمالاً این نتیجه به دلیل افزایش جمعیت باکتری‌های سلولولتیک شکمبه است. موافق با این یافته در یک پژوهش، افزودن ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد مکمل لیزوفسفولیپید در جیره بره‌های نر پرواری سبب افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه شد (Lee *et al*., 2019)، اما در پژوهشی دیگر، افزودن مکمل لیزوفسفولیپید در جیره بره‌های نر پرواری تأثیری بر غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه نداشت (Huo *et al*., 2019).

ترکیب اسیدهای چرب لاشه: نتایج این آزمایش (جدول ۷) نشان داد که استفاده از ۰/۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید در جیره باعث افزایش اسید لینولنیک شد ($P<0/05$). موافق با این یافته‌ها در پژوهشی دیگر، افزودن لیسیتین سویا به جیره باعث افزایش غلظت لینولنیک اسید در عضله گوساله‌ها شد (Parvar *et al*., 2017).

جدول ۵- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)

Table 5. Effect of different levels of lysophospholipid (LPL) on NDF degradability (%)

Item	Treatment (% of LPL)				SEM	*P*-value
	0	0.25	0.5	0.75		
a	15.45	15.14	15.85	15.43	0.75	0.615
b	39.31	39.05	39.03	39.55	0.30	0.981
a + b	54.76	54.19	54.88	54.98	0.31	0.653
c	0.053	0.051	0.051	0.051	0.01	0.051
ED						
k=0.02	45.55	45.23	44.01	44.22	0.64	0.799
k=0.04	39.63	39.60	39.50	39.22	0.54	0.678
K=0.06	34.02	34.55	33.24	33.95	0.62	0.866

a: Rapidly degraded fraction (%), b: Slowly degraded fraction (%), a+b: Potential of degradability, c: Constant rate of degradation (/h), ED: Effective degradability of NDF (at 2, 4 and 6 % out-follow rates (k)).

جدول ۶- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای در بره‌های پرواری

Table 6. Effect of different levels of lysophospholipid (LPL) on ruminal parameters of fattening lambs

Item	Treatment (% of LPL)				SEM	*P*-value
	0	0.25	0.5	0.75		
Rumen pH	6.50	6.75	6.58	6.70	0.141	0.575
NH3-N (mg/dL)	7.90	7.25	7.35	6.85	0.040	0.746
VFA (mol/L)						
Total VFA (mmol/L)	89.16^{b}	91.07^{ab}	91.59^{ab}	93.70^{a}	0.951	0.035
Acetic acid (A)	42.19^{a}	43.90^{ab}	43.19^{ab}	45.29^{b}	0.900	0.031
Propionic acid (P)	23	23.5	23.95	23.12	0.511	0.217
Butyric acid	16.8	16.4	16.23	17.42	0.532	0.122
Valeric acid	3.02	2.95	3.11	3.32	0.460	0.223
Isovaleric acid	4.15	4.32	5.11	4.55	0.431	0.191
A/P	2.48^{b}	2.37^{b}	2.45^{b}	2.60^{a}	0.063	0.042

$^{a-b}$ Values with different superscript letters within a row are significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the means.

جدول ۷- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر ترکیب اسیدهای چرب لاشه (درصد از کل اسیدهای چرب)

Table 7. Effect of different levels of lysophospholipids (LPL) on carcass fatty acid profiles (% of total fatty acids)

Item	Treatment (% of LPL)				SEM	*P*-value
	0	0.25	0.5	0.75		
$C_{14:}0$	5.01	4.48	4.95	4.81	0.210	0.086
$C_{15:}0$	5.43	5.99	5.42	5.37	0.202	0.078
C_{16}: 0	23.32	23.70	23.24	23.05	0.366	0.952
C_{16}:1	2.82	2.85	2.65	2.90	0.262	0.095
$C_{18:}$ 0	11.74	11.85	12.01	11.82	0.120	0.090
$C_{18:}$ 1ω9	32.46	32.52	31.98	31.39	0.522	0.245
C_{18}: 1 ω 7	11.52	11.21	11.95	11.78	0.454	0.121
C_{18}: 2 ω 6	5.30	5.17	5.55	5.45	0.151	0.112
C_{18}: 2 ω $_{9}t_{11}$	0.57	0.61	0.59	0.62	0.030	0.081
C_{18}: 3 ω $_{3}$	0.47^{b}	0.63^{b}	0.65^{ab}	0.88^{a}	0.411	0.041
C_{20}:4 ω $_{6}$	0.75	0.65	0.64	0.55	0.090	0.075
C_{20}: 5 ω $_{3}$	0.05	0.06	0.08	0.07	0.415	0.085
C_{22}:5ω $_{3}$(EPA)	0.22	0.21	0.23	0.23	0.428	0.026
C_{22}: ω$_{3}$(DHA)	0.05	0.07	0.06	0.08	0.045	0.085
SFA	45.69	46.02	45.62	45.45	0.501	0.155
MUFA	46.90	46.58	46.58	46.67	0.311	0.062
PUFA	7.41	7.40	7.80	7.88	0.401	0.091
ω-6	5.29	5.21	5.49	6.11	0.404	0.160
ω-3	0.70	0.75	0.86	0.91	0.219	0.080
P/S	0.16	0.16	0.17	0.17	0.904	0.060
ω-6/ ω-3	7.55^{a}	6.94^{b}	6.38^{b}	6.71^{b}	0.431	0.064

$^{a-b}$ Values with different superscript letters within a row are significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the means. P/S: Polyunsaturated fatty acid /saturated fatty acid. PUFA: Polyunsaturated fatty acid, MUFA: Monounsaturated fatty acid.

در این پژوهش، نسبت ω-6/ω-3 در همه گروهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵). افزودن منابع ω-3 به جیره سبب افزایش ذخیره اسیدهای چرب ω-3 داخل ماهیچه‌ای همراه با کاهش ذخیره اسیدهای چرب ω-6 شده که نهایتاً منجر به کاهش نسبت ω-6/ω-3 می‌شود (Scollan *et al*., 2001). تغییرات در اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه و اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه نیز از نظر لحاظ آماری معنی‌دار نبود. با این حال، عواملی که بر غلظت اسید لینولنیک تأثیر می‌گذارند، محتوای چربی و غلظت اسید چرب غیراشباع جیره، درصد کنسانتره و اثر متقابل بین این عوامل هستند. اسید لینولئیک لاشه می‌تواند تحت تأثیر امولسیفایرهایی مانند لیزوفسفولیپید قرار بگیرد، زیرا آن‌ها می‌توانند سبب افزایش جذب چربی‌ها در بافت لاشه شوند (Behan, 2019).

شمارش تعداد جمعیت باکتریایی و پروتوزوآها: نتایج این آزمایش (جدول ۸) نشان داد که استفاده از ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید در جیره باعث افزایش جمعیت کل باکتری‌ها شد (P<۰/۰۵)، ولی بر جمعیت پروتوزوآها

تأثیری نداشت ($P>0/05$). موافق با یافته‌های این آزمایش در یک پژوهش، افزودن یک درصد لیسیتین به جیره بره‌های نر پرواری سبب افزایش جمعیت کل باکتری‌ها شد (Ivan *et al*., 2013). در پژوهشی دیگر، افزودن ۰/۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید به جیره بره‌های نر پرواری باعث افزایش اندکی در جمعیت کل باکتری‌ها به‌ویژه باکتری‌های گرم مثبت شد (Huo *et al*., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که، مکمل لیزوفسفولیپید (تا سطح ۰/۷۵ درصد) سبب بهبود صفات عملکرد رشد، جمعیت کل باکتری‌ها، غلظت اسیداستیک، نسبت استات به پروپیونات در مایع شکمبه و اسید لینولنیک لاشه بره‌های نر پرواری شد.

تشکر و قدردانی

از گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به واسطه کمک در اجرای این آزمایش، تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول ۸- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر جمعیت باکتریایی ($\times10^{10}$) و پروتوزوآ مایع شکمبه ($\times10^{5}$) (تعداد در میلی لیتر)

Table 8. Effect of different levels of Lysophospholipid on rumen microbial populations ($\times10^{10}$) and protozoa ($\times10^{5}$) (number /mL)

Item	Treatment (% of LPL)				SEM	*P*-value
	0	0.25	0.5	0.75		
Total bacteria	7.95^{b}	7.67^{b}	8.58^{a}	7.67^{b}	0.270	0.035
Total protozoa	6.15	5.95	5.11	5.15	0.221	0.060

$^{a-b}$ Values with different superscript letters within a row are significantly different ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means.

فهرست منابع

Abel, S. F., Grant, R. F., & Morrison, M. (1998). Effect of soybean hulls, soy lecithin and soap stock mixtures on ruminal fermentation on and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *81*, 2-12.

AOAC. (2000). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. USA.

Behan, A., Loh, T. C., Fakurazi, S. U., Kala, A., & Samsudin, A. A. (2019). Effects of supplementation of rumen protected fats on rumen ecology and digestibility of nutrients in sheep. *Animals*, *9*, 400-406.

Conway, W. J. (1950). Micro diffusion analysis and volumetric error. Second edition. Crosby lock wood and son, London, UK.

Dehority, B. A. (2013). Effect of pH on viability of *Entodinium caudatum*, *Entodinium exiguum*, *Epidinium caudatum*, and *Ophryoscolex purkynjei in vitro*. *Journal of Eukaryot Microbiology*, *52*, 339-342.

Fadden, J. W. (2019). Dietary lecithin supplementation in dairy cattle. Department of Animal Science, Cornell University, USA.

Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. A. (1957). Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, *26*, 497-509.

Huo, G., Li, B., Cheng, L., Wu, T., You, P., Shen, S., Li, Y., He, Y., Tain, W., Li, C., Li, J., Song, C., Wang, B., & Sun, X. (2019). Dietary supplementation of lysophospholipids effects feed digestion in lambs. *Animals*, *9*(10), 805.

Ivan, M., Petit, H., Chiquette, J., & Wright, A. (2013). Rumen fermentation and microbial population in lactating dairy cows receiving diets containing oil seeds rich in c-18 fatty acids. *British Journal of Nutrition*, *109*, 1211-1218.

Jenkins, T. (2000). Nutrient digestion, ruminal fermentation, and plasma lipids in steers fed combinations of hydrogenated fat and lecithin. Animal Science, Clemson University, Ciemson, SC 29634.

Lee, C., & Hristov, A. N. (2013). Evaluation of acid-insoluble ash and indigestible neutral detergent fiber as total tract digestibility markers in dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, *96*, 5295-5299.

Lee, C., Morris, D. L., Copelin, J. E., Hettick, J. M., & Kwon, I. H. 2019. Effects of lysophospholipids on short-term production, nitrogen utilization, and rumen fermentation and bacterial population in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *102*, 3110-3120.

Marchesini, G., Segato, S. A., Stetani, N., Tenti, S., Dorigo, M. G., Gerardi, D., & Andrighetto, I. (2012). Lecithin: a by-product of biodiesel production and a source of choline for dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, *11*, 112-120.

Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, *28*, 7-55.

National Research Council. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academies Press, Washington DC, USA.

Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*, *92*, 499-503.

Ottenstein, D. M., & Bartley, D. A. (1971). Separation of free acids C2–C5 in dilute aqueous solution column technology. *Journal of Chromatographic Science*, *11*, 673-681.

Parvar, R., Ghoorchi, T., & Shargh, M. S. (2017). Influence of dietary oils on performance, blood metabolites, purine derivatives, cellulase activity and muscle fatty acid composition in fattening lambs. *Small Ruminant Research*, *150*, 22-29.

Rico, D. E., & Ying, Y. (2017). Effects of lysolecithin on milk fat synthesis and milk fatty acid profile of cows fed diets differing in fiber and unsaturated fatty acid concentration. *Journal of Dairy Science*, *100*(11), 56-63.

SAS Institute. (2011). SAS User's Guide. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Scollan, N. D., Choi, N. J., Kurt, E., Fisher, A. V., Enser, M., & Wood, J. D. (2001). Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, *85*, 115-124.

Toteda, F., Facciolongo, A., Facciolongo, M., & Ragni, A. (2015). Effect of suckling type and PUFA use on productive performances, quanti-qualitative characteristics of meat and fatty acid profile in lamb. *Progress in Nutrition*, *2*, 125-134.

Tufani, N. A., Makhdoomi, D. M., & Hafiz, A. (2016). Rumen acidosis in small ruminants and its therapeutic management. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *3*, 19-24.

Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of ruminant. Second edition, Cornell University Press. Pp. 253-280.

Wettstein, H. R., Sutter, F., & Kreuzer, M. (2001). Effect of lecithins partly replacing rumen protected fat on fatty acid digestion and composition of cow milk. *Europe Journal of Lipid Science Technology*, *103*, 12-22.

Yang, W., Meng, F., Peng, J., Han, P., Fang, F., Ma, L., & Cao, B. (2014). Isolation and identification of a cellulolytic bacterium from the Tibetan pig's intestine and investigation of its cellulase production. *Electronic Journal of Biotechnology*, *17*(6), 262-267.

Zhong, R., Xiang, H., Cheng, L., Zhao, C., Wang, F., & Fang, Y. (2019). Effects of feeding garlic powder on growth performance, rumen fermentation, and the health status of lambs infected by gastrointestinal nematodes. *Animals*, *9*(3), 102.