
Effects of supplementation of lysophospholipid in milk on performance, health, and antioxidant defense capacity of suckling Holstein calves

Milad Zeynali¹, Manouchehr Souri^{2*}

¹ Master Student, Department of Animal Science Engineering, College of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

² Associate Professor, Department of Animal Science Engineering, College of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: m.souri@razi.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received:
Revised:
Accepted:

Keywords:

Daily weight gain
Fecal score
Malondialdehyde
Total antioxidant capacity

ABSTRACT

Background and Objectives: Lysophospholipids are an essential component of the cells as well as their major role in meeting the energy needs of the epithelial cells of the intestine. Dairy calves do not achieve maximum benefit from fat due to the lack of bile salts, so adding fat emulsions to the diet is very necessary to fill those Nutritional needs. Lysophospholipid is an antiinflammatory emulsifier as sociated with improved apparent digestibility of total dietary fat and improved feed efficiency in dairy cattle. However, it is unknown if Lysophospholipid improves performance in calves. Moreover, since many conventional milk replacers use vegetable-sourced fat (e.g., palm oil), nutrient absorption and fecal score may be affected in neonatal calves. The present study was conducted to investigate the effects of using lysophospholipid supplement in milk on growth performance, antioxidant defense capacity and fecal score of dairy calves

Materials and Methods: In this experiment, 30 suckling Holstein calves from the age of 3 to 75 days were used in a completely randomized design. Calves were fed with colostrum for 3 consecutive days after birth and then randomly divided into 3 experimental groups. The experimental treatments included the first group (control, initial diet and milk without lysophospholipid), the second group (initial diet and milk containing 2 grams of lysophospholipid per day) and the third group (initial diet and milk containing 4 grams of lysophospholipid per day). Feed intake was measured daily and live weight changes were measured every two weeks. The feces of the calves were evaluated and scored on the 1st, 30th, and 60th days of the experiment. Blood sampling was done at the beginning and end of the experiment about 4-5 hours after the morning meal through the vein. 9 ml of fresh blood was sent to the laboratory in venoject tubes near ice. In the laboratory, the blood samples were centrifuged for 15 minutes at a speed of 2500 rpm and their plasma and serum were separated. Plasma and serum samples were kept at -20°C until the desired parameters were measured. After the end of the test period, blood parameters including total antioxidant capacity, malondialdehyde, activity of superoxide dismutase, glutathione peroxidase, and catalase enzymes were measured by autoanalyzer.

Results: The results showed that the use of 4 grams of lysophospholipid increased the live weight without affecting the amount of feed intake (P<0.05). Supplementation of 4 g of lysophospholipid increased the activity of superoxide dismutase and glutathione peroxidase in plasma

compared to the control treatment. The fecal score of calves fed with milk containing 2 g of lysophospholipid supplement at the age of 30 days and calves fed with milk containing 4 g of lysophospholipid supplement at the age of 60 days was significantly higher than other experimental groups.

Conclusion: In general, the obtained results showed that the use of lysophospholipid supplements in milk can improve growth performance, fecal health, and antioxidant defense capacity in dairy calves.

Cite this article: Zeynali, M., Souri, M. (2024). Effects of supplementation of lysophospholipid in milk on performance, the health index and antioxidant defense capacity of suckling Holstein calves. *Journal of Ruminant Research*, 12(4).



© The Author(s).

DOI:

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثرات افزودن مکمل لیزوفسفولیپید در شیر بر عملکرد، شاخص سلامتی و ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

میلاذ زینعلی^۱، منوچهر سوری^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

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

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: لیزوفسفولیپیدها جزء ضروری سلول‌ها می‌باشند و در تأمین انرژی موردنیاز سلول‌های اپیتلیال روده دارای نقش اصلی هستند. گوساله‌های شیرخوار به دلیل ترشح کم نمک‌های صفراوی، حداکثر استفاده را از چربی جیره نمی‌کنند، بنابراین افزودن امولسیون کننده‌های چربی در تغذیه گوساله‌ها برای بهبود کارایی خوراک ضروری به نظر می‌رسد. لیزوفسفولیپید یک امولسیفایر ضدالتهابی است که با بهبود هضم ظاهری چربی کل جیره و بهبود کارایی خوراک در گاوهای شیری مرتبط است. با این حال، مشخص نیست که آیا لیزوفسفولیپید عملکرد گوساله‌های شیرخوار را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، آن‌جایی که بسیاری از جایگزین‌های شیر معمولی از چربی‌های گیاهی (مانند روغن پالم) استفاده می‌شود، لذا ممکن است جذب مواد مغذی در گوساله‌های شیرخوار تحت تأثیر قرار گیرد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید در شیر بر عملکرد رشد، ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی و امتیاز قوام مدفوع به‌عنوان شاخص سلامتی گوساله‌های شیرخوار انجام شد.
تاریخ دریافت: تاریخ ویرایش: تاریخ پذیرش:	مواد و روش‌ها: در این آزمایش از تعداد ۳۰ رأس گوساله شیرخوار هلشتاین از سن ۳ تا ۷۵ روزگی در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. گوساله‌ها بعد از تولد طی ۳ روز متوالی با آغوز تغذیه شده و بعد از آن به صورت تصادفی در ۳ گروه آزمایشی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل گروه اول (شاهد، جیره آغازین و شیر بدون لیزوفسفولیپید)، گروه دوم (جیره آغازین و شیر حاوی ۲ گرم لیزوفسفولیپید در روز) و گروه سوم (جیره آغازین و شیر حاوی ۴ گرم لیزوفسفولیپید در روز) بودند. خوراک مصرفی به‌طور روزانه و تغییرات وزن زنده هر دو هفته یک‌بار اندازه‌گیری شد. مدفوع گوساله‌ها در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ آزمایش ارزیابی و امتیازدهی شد. خون‌گیری در ابتدا و انتهای آزمایش حدود ۴ الی ۵ ساعت بعد از وعده غذایی صبح از طریق رگ و داج صورت گرفت. ۹ میلی‌لیتر از خون تازه در لوله‌های ونوجکت در مجاورت یخ به آزمایشگاه فرستاده شد. در آزمایشگاه نمونه‌های خون به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و پلاسما و سرم آن‌ها جدا گردید. نمونه‌های پلاسما و سرم تا زمان اندازه‌گیری پارامترهای موردنظر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از پایان دوره آزمایش فراسنجه‌های خونی شامل ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، مالون
واژه‌های کلیدی: افزایش وزن روزانه امتیاز مدفوع ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی مالون‌دی‌آلدئید	

دی‌آلدهیدو فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز توسط دستگاه اتوانالیزر اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مصرف روزانه ۴ گرم لیزوفسفولیپید بدون تأثیر بر میزان مصرف خوراک، سبب افزایش وزن زنده شد ($P < 0/05$). مکمل ۴ گرم لیزوفسفولیپید فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز را در پلاسمای خون نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. امتیاز مدفوع گوساله‌های تغذیه‌شده با شیر حاوی ۲ گرم مکمل لیزوفسفولیپید در سن ۳۰ روزگی و گوساله‌های تغذیه‌شده با شیر حاوی ۴ گرم مکمل لیزوفسفولیپید در سن ۶۰ روزگی به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد که استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید در شیر روزانه می‌تواند عملکرد رشد در گوساله‌های شیرخوار، سلامت مدفوع و ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشد.

استناد: زینعلی، میلاد؛ سوری، منوچهر. (۱۴۰۳). اثرات افزودن مکمل لیزوفسفولیپید در شیر بر عملکرد، شاخص سلامتی و ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۲(۴)،

DOI:



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

یکی از چالش‌های مهم پرورش گوساله‌های شیرخوار، توسعه دستگاه گوارش است (Khan و همکاران، ۲۰۱۶). گوساله‌های شیرخوار فاقد آنزیم لیپاز هستند؛ بنابراین، هضم مواد مغذی و جذب لیپیدها در آن‌ها محدود است (Jones و Heinrichs، ۲۰۱۷). هضم چربی در گوساله‌ها از دهان (جایی که لیپاز بزاق چربی شیر را هیدرولیز می‌کند) شروع می‌شود. با این حال، تنها ۳۰ درصد از کل چربی قبل از رسیدن به روده کوچک هیدرولیز می‌شود (Davis و Drackley، ۱۹۹۸). هنگامی که چربی به روده کوچک می‌رسد، لیپازهای لوزالمعده، لیزولسیتین و نمک‌های صفراوی میسل‌ها را تشکیل می‌دهند و قابلیت هضم چربی شیر را تا حدود ۹۷ درصد به حداکثر می‌رساند (Thornsberry و همکاران، ۲۰۱۶). گزارشات موجود نشان می‌دهد محدودیت فعالیت لیپاز ممکن است از تشکیل میسل‌های مخلوط در مجرای روده جلوگیری کند و در نتیجه هضم چربی و جذب مواد مغذی را کاهش دهد (Haetinger و همکاران، ۲۰۲۱)؛ بنابراین، افزودن امولسیفایرهای برون‌زا^۱ به جیره غذایی برای بهبود هضم و جذب چربی ضروری است.

از آنجایی که گوساله‌های شیرخوار با حجم بالایی از جیره مایع در هر وعده تغذیه می‌شوند، اهمیت امولسیفایر برای متابولیسم و جذب چربی بسیار مهم است. یکی از ویژگی‌های کلیدی هضم چربی در دستگاه گوارش، تشکیل میسل است که پس از هضم و امولسیون‌سازی پیچیده لیپید اتفاق می‌افتد (McFadden، ۲۰۱۹). نمک‌های صفراوی به‌عنوان امولسیفایر عمل می‌کنند، به این ترتیب که یک امولسیون را تثبیت می‌کنند و باعث کاهش کشش سطحی آب و پخش قطرات چربی در آن می‌شوند (Siyal و همکاران، ۲۰۱۷). در واقع، امولسیفایرهای

مصنوعی از فاز هیدرولیز لسیتین مشتق شده‌اند و عملکرد مشابهی دارند (Zhang و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج تحقیقات محدود انجام‌شده نشان می‌دهد لیزوفسفولیپیدها به عنوان افزودنی‌های خوراک، نسبت کارایی خوراک و عملکرد رشد را در گاوهای شیری و بره بهبود بخشید (Gallo و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین مکمل لیزوفسفولیپیدها در جیره به‌طور خطی باعث افزایش تولید شیر، کارایی خوراک و بازده پروتئین و چربی شیر گاوهای شیری شد (Lee و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر این، گزارش شده است فسفولیپیدها (منبع لیزوفسفولیپیدها) در شکمبه می‌توانند از تخریب میکروبی فرار کرده و امولسیون شدن را در روده کوچک افزایش دهند (Jenkins و همکاران، ۱۹۸۹). علاوه بر این، لیزوفسفولیپید دارای ظرفیت بالاتری برای تشکیل میسل است. تشکیل میسل کوچک‌تر بسیار مهم بوده و منجر به جذب بالاتر چربی و حتی مواد مغذی می‌شود (Li و همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعات متعدد، استفاده از جیره حاوی لیزوفسفولیپید منجر به افزایش قابلیت هضم چربی و جذب کلسترول از میسل شده است (Taghavizadeh و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین، افزودن ۰/۱ درصد لیزولستین و ۲۰۰ میلی‌گرم زایلاناز به جیره حاوی کربوهیدرات منجر به افزایش قابلیت استفاده از پروتئین، چربی و افزایش کارایی رشد در جوجه شده است (Hosseini و همکاران، ۲۰۱۸). از این رو، استفاده از لیزوفسفولیپید می‌تواند با تأثیر بر چسبندگی و در نهایت افزایش هضم‌پذیری، قابلیت استفاده از کربوهیدرات را افزایش دهد.

لذا با توجه به اینکه مطالعات صورت گرفته در مورد ارزیابی اثر لیزوفسفولیپیدها به‌منظور بهبود رشد و مصرف خوراک گوساله‌های شیرخوار محدود بوده، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثرات استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید در شیر بر عملکرد، ظرفیت

¹ Exogenous emulsifiers

دفاع آنتی‌اکسیدانی و امتیاز مدفوع گوساله‌های شیرخوار بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مجتمع تولید شیر حسینی واقع در زیار اصفهان در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام گردید. جایگاه انفرادی گوساله‌ها قبل از ورود شستشو و با شعله افکن ضد عفونی و از کلبه به عنوان بستر استفاده شد. هر یک از جایگاه‌های انفرادی دارای آخور فلزی (سطل) و آبخوری قطره‌چکانی ثابت بود. به طوری که آب و خوراک به راحتی در اختیار گوساله‌ها قرار می‌گرفت. در آزمایش حاضر تعداد ۳۰ رأس گوساله هلهشتاین، از سه روز بعد از تولد به طور تصادفی در ۳ گروه آزمایشی تقسیم شدند و از سن ۳

تا ۷۵ روزگی مورد بررسی قرار گرفتند. گوساله‌ها بعد از تولد طی ۳ روز متوالی با آغوز تغذیه شده و بعد از آن تا پایان دوره شیرخواری روزانه در دو نوبت به مقدار یکسان با شیر تغذیه شدند (۴ لیتر تا ۷ روزگی، ۶ لیتر تا ۱۴ روزگی، ۸ لیتر تا ۵۰ روزگی، ۶ لیتر تا ۶۰ روزگی، ۴ لیتر تا ۷۰ روزگی و ۳ لیتر تا ۷۵ روزگی). جیره آغازین (شامل ۹۰ درصد کنسانتره و ۱۰ درصد علوفه یونجه) با استفاده از مواد در دسترس به کمک نرم افزار جیره نویسی NRC (۲۰۰۱) تنظیم شد (جدول شماره ۱). تیمارهای آزمایشی شامل گروه اول (شاهد، جیره آغازین و شیر بدون لیزوفسفولپید)، (۲) گروه دوم (جیره آغازین و شیر حاوی ۲ گرم لیزوفسفولپید در روز) و گروه سوم (جیره آغازین و شیر حاوی ۴ گرم لیزوفسفولپید در روز) بودند.

جدول ۱- اجزای جیره آغازین و ترکیب شیمیایی جیره پایه

Table 1- Components of the starter diet and the chemical composition of the basic diet

درصد ماده خشک %DM	ماده خوراکی Ingredients	درصد ماده خشک %DM	ماده خوراکی Ingredients
0.5	اکسید منیزیم MgO	59.0	دانه ذرت Corn
0.8	نمک Salt	29.0	کنجاله سویا Soybean meal
0.5	بافر Buffer	4.5	سبوس گندم Wheat bran
1.5	مکمل معدنی ^۱ Mineral premix	1.2	کربنات کلسیم CaCO ₃
1.5	مکمل ویتامینه ^۱ Vitamin premix	0.5	دی کلسیم فسفات DCP
		1.0	جوش شیرین Sodium bicarbonate
درصد ماده خشک %DM	ترکیبات شیمیایی Chemical composition	درصد ماده خشک (%DM)	ترکیبات شیمیایی Chemical composition
2.8	عصاره اتری EE	18.0	پروتئین خام CP
54.2	کربوهیدرات غیر الیافی NFC	13.6	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF
		3100	انرژی قابل متابولیسم، ME, (Kcal/Kg)

۱- هر کیلوگرم مکمل مواد معدنی حاوی ۱۰ گرم کلسیم، ۱۰ گرم فسفر، ۲۰ گرم منیزیم، ۴۱۰۰ میلی‌گرم روی، ۵۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۱۵ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۴۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۵ میلی‌گرم ید، ۳۰ میلی‌گرم سلنیوم و ۲۰۰۰ میلی‌گرم مونتسین

۲- هر کیلوگرم مکمل ویتامینه حاوی ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۳۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۶۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E

¹-Each kilogram of mineral supplements contains 10 g of calcium, 10 g of phosphorus, 20 g of magnesium, 4100 mg of zinc, 5000 mg of iron, 15 mg of cobalt, 1000 mg of copper, 4000 mg of manganese, 35 mg of iodine, 30 mg of selenium and 2000 mg of monensin

²-Each kilogram of vitamin supplements contains 500,000 international units of vitamin A, 130,000 international units of vitamin D₃, 6,000 international units of vitamin E.

اختیار گوساله‌ها قرار می‌گرفت. قبل از ریختن خوراک، باقیمانده خوراک روز قبل از آخورها

در طول دوره آزمایش، جیره غذایی پس از توزین به صورت روزانه در نوبت صبح (ساعت ۱۰) در

داده‌های حاصل از مطالعه فراسنجه‌های عملکردی در این آزمایش به صورت فاکتوریل ۵×۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۱ تجزیه شدند. برای تجزیه آماری اطلاعات از رویه Mixed و از طرح اندازه‌گیری‌های تکرارشونده استفاده شد. با در نظر گرفتن اثر تصادفی حیوان در مدل، از اثر جیره‌های آزمایشی، دوره و اثر متقابل آن‌ها به عنوان متغیر اصلی و از وزن زنده اولیه گوساله‌ها به عنوان متغیر کمکی استفاده شد. میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت. مدل آماری مربوطه (۱) به صورت زیر بود:

مدل (۱)

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \xi_{ij} + b(x-\bar{x}) + \varepsilon_{ijk}$$

در این رابطه y_{ijk} : هر مشاهده، μ میانگین کل مشاهدات، A_i اثر جیره، B_j اثر دوره، AB_{ij} اثر متقابل جیره و دوره، ξ_{ij} اشتباه تصادفی با میانگین صفر و واریانس حیوانات مورد آزمایش، $b(x-\bar{x})$ اثر متغیر کمکی (وزن اولیه) و ε_{ijk} اثر خطای آزمایشی بود. داده‌های حاصل از مطالعه ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی و نمره مدفوع در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه تجزیه و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد: اثر سطوح مختلف مکمل لیزوفسفولیپید بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار و اثر متقابل جیره‌های آزمایشی و دوره در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که مصرف خوراک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). وزن زنده گوساله‌های شیرخوار تحت تأثیر افزودن مکمل لیزوفسفولیپید در شیر قرار گرفت، به طوری که وزن

جمع‌آوری و ثبت می‌شد. پس از تعیین درصد ماده خشک خوراک و باقیمانده آن، مقدار ماده خشک باقی‌مانده از ماده خشک خوراک داده شده کسر می‌شد تا ماده خشک مصرفی مشخص شود. جهت بررسی تغییرات وزن روزانه گوساله‌ها، پس از تعیین وزن همه گوساله‌ها در ابتدای آزمایش، گوساله‌ها به صورت دو هفته یکبار قبل از خوراک‌دهی صبح وزن‌کشی شدند. افزایش وزن روزانه بر اساس تغییرات وزن گوساله‌ها در فواصل ۱۴ روزه برآورد شد.

مدفوع گوساله‌ها در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. تقریباً ۴۵ تا ۶۰ دقیقه پس از تغذیه، مدفوع تازه ارزیابی و امتیازدهی شد. بررسی تمامی نمونه‌ها و امتیازدهی مدفوع توسط یک فرد برای به حداقل رساندن تنوع انجام شد. نمره‌های مدفوع بر اساس (۱) سفت و با قوام، (۲) نرم و شل، (۳) شل و آبکی، (۴) آبکی همراه با مقداری خون و (۵) آبکی همراه با خون و موکوس تعیین شد (Khan و همکاران، ۲۰۰۷).

خون‌گیری در روزهای ۴ و ۷۵ آزمایش حدود ۴ الی ۵ ساعت بعد از وعده غذایی صبح از طریق رگ و داج صورت گرفت. خون تازه به مقدار ۹ میلی‌لیتر در لوله‌های ونوجکت حاوی ماده ضد انعقاد در مجاورت یخ به آزمایشگاه ارسال شد. در آزمایشگاه نمونه‌های خون به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و پلاسما آن‌ها جدا گردید. نمونه‌های پلاسما تا زمان اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پارامترهای آنتی‌اکسیدانی شامل ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، مالون دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، گلوکاتیون پراکسیداز و کاتالاز نمونه‌های سرم خون توسط دستگاه اتوآنالایزر (Biotechnica BT1500 Chemistry Analyze) (Refurbished) انجام شد.

بدن گوساله‌های شیرخوار در گروه دوم و سوم (سطح ۲ و ۴ گرم لیزوفسفولیپید) نسبت به گروه شاهد بالاتر بود ($P < 0.05$). میانگین افزایش وزن روزانه و بازده خوراک با اینکه در گروه سوم بالاتر بود اما تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نشد ($P > 0.05$). همچنین تمامی صفات عملکردی با افزایش سن بالاتر بودند ($P < 0.05$).

جدول ۲- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید در شیر بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار (میانگین \pm SE)

Table 2- The effect of different levels of lysophospholipid in milk on the performance of dairy calves (mean \pm SE)

بازده خوراک feed efficiency	افزایش وزن روزانه Daily weight gain (g/d)	وزن نهایی Final weight (kg)	وزن اولیه Initial weight (kg)	مصرف ماده خشک DMI (g/d)	متغیر Parameter
0.604	764.86	65.33	54.00	1224.31	کل
تیمار Treatment					
0.570 \pm 0.234	731.00 \pm 346.58	91.35 \pm 9.88 ^b	39.10 \pm 6.74	1237.01 \pm 279.71	گروه اول ^۱ Group 1
0.605 \pm 0.263	760.43 \pm 338.50	94.19 \pm 10.79 ^a	39.50 \pm 5.71	1225.20 \pm 298.83	گروه دوم Group 2
0.635 \pm 0.308	803.14 \pm 325.24	96.04 \pm 11.62 ^a	39.31 \pm 8.56	1210.73 \pm 255.75	گروه سوم Group 3
دوره Period					
0.264 \pm 0.120 ^c	207.86 \pm 71.92 ^e	40.13 \pm 5.14 ^c	37.22 \pm 3.56 ^c	787.82 \pm 26.10 ^c	۱۷-۳ روزگی 3-17d
0.701 \pm 0.128 ^{ab}	827.14 \pm 137.19 ^d	51.71 \pm 5.89 ^b	40.13 \pm 5.14 ^c	1182.64 \pm 63.83 ^b	۱۸-۳۱ روزگی 18-31d
0.603 \pm 0.138 ^b	812.14 \pm 117.15 ^c	63.08 \pm 7.06 ^a	51.71 \pm 5.89 ^b	1352.85 \pm 117.01 ^b	۳۲-۴۵ روزگی 32-45d
0.761 \pm 0.251 ^a	1056.90 \pm 316.61 ^b	77.80 \pm 10.02 ^a	63.08 \pm 7.06 ^a	1404.73 \pm 147.27 ^a	۴۶-۵۹ روزگی 46-59d
0.686 \pm 0.255 ^{ab}	920.24 \pm 293.52 ^a	93.86 \pm 9.26 ^a	77.80 \pm 10.02 ^a	1393.51 \pm 273.49 ^{ab}	۶۰-۷۵ روزگی 60-75d
سطح معنی‌داری P-value					
0.29	0.30	0.04	0.97	0.70	تیمار Treatment
0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	دوره Period
0.88	0.76	0.98	0.92	0.99	تیمار \times دوره Treatment \times Period

^{a,b} در هر ستون و هر بخش میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^{a,b} In each row data with different superscripts are statistically different ($P < 0.05$)

^۱ گروه اول: (بدون لیزوفسفولیپید)، ۲) گروه دوم (۲ گرم لیزوفسفولیپید در روز) و گروه سوم (۴ گرم لیزوفسفولیپید در روز)

در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند. علاوه بر این، افزودن مکمل لیزوفسفولیپید به جیره بره‌ها بدون تأثیر بر مصرف خوراک، وزن بدن را افزایش داد که با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت دارد (Gallo و همکاران، ۲۰۱۹). بهبود عملکرد گوساله‌های شیرخوار با مکمل لیزوفسفولیپید ممکن است به دلیل افزایش جذب مواد مغذی در روده کوچک باشد (Chen و همکاران، ۲۰۲۱). گزارش شده است که مسیرهای متابولیک میکروبی بوتیرات روده باعث افزایش

در مطالعه حاضر، گوساله‌های تغذیه شده با شیر حاوی لیزوفسفولیپید، وزن زنده نهایی بالاتری را نشان دادند که می‌تواند نشان دهنده بهبود عملکرد رشد باشد. آزمایشی که توسط Reis و همکاران (۲۰۲۱) انجام شد، نشان داد که مکمل لیزوفسفولیپید عملکرد رشد را بدون تأثیر بر مصرف خوراک گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بهبود می‌بخشد. همچنین Chen و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند که گاوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۱ درصد لسیتین، وزن بدن بالاتری را

تحقیقات اخیر نشان داده است که تغذیه جایگزین شیر با محتوای چربی بالا، می‌تواند کارایی خوراک و عملکرد را در گوساله‌هایی که با امولسیفایرها تغذیه می‌شوند، بهبود بخشد (Berends و همکاران، ۲۰۲۰). از دلایل احتمالی بهبود کارایی خوراک در گوساله‌ها تأثیر فرآیند امولسیون سازی بر بهبود پایداری چربی می‌باشد که موجب هیدرولیز تری‌گلیسیریدهای متأثر از مولکول‌های آمفی‌فیلک موجود در فاز میانی مانند نمک‌های صفراوی، فسفولیپیدها و لیزوفسفولیپیدها می‌شود (Golding و Wooster، ۲۰۱۰). علاوه بر این، توانایی تشکیل میسل‌های کوچک‌تر در روده حیوانات و تولید سطوح بزرگ‌تر می‌تواند اندازه میسل‌های نمک صفراوی را افزایش دهد و در نتیجه ترکیب اسیدهای چرب را افزایش دهد (Boontiam و همکاران، ۲۰۱۷). این مکانیسم‌های امولسیفایر می‌تواند به کاهش مشکلات هضم و جذب اسیدهای چرب قبل از شروع نشخوار کمک کند (Toullec و Guillotea، ۱۹۸۹). Le Huerou-Luron و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که فعالیت لیپاز در دستگاه گوارش گوساله شیرخوار در بدو تولد کم است و با افزایش سن بیشتر می‌گردد که نتیجه آن بهبود عملکرد رشد در گوساله است. این بهبود عملکرد رشد می‌تواند با افزایش قابلیت هضم چربی و سایر مواد مغذی مرتبط باشد.

در مطالعه حاضر، با وجود بهبود وزن نهایی نسبت به گوساله‌های شاهد، مصرف خوراک تحت تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید قرار نگرفت. به‌طور مشابه مطالعات قبلی (Kastelic و همکاران، ۱۹۵۰؛ Huff و همکاران، ۱۹۵۱)، هم نشان داده‌اند که افزایش وزن و

دریافت انرژی و بهبود مورفولوژی روده (به‌عنوان مثال، طول پرزها و عمق کریپت) در دام می‌شود و در نتیجه وزن بدن را بهبود می‌بخشد (Jacquier و همکاران، ۲۰۱۹). Qiu و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که کولین، به عنوان یکی از اجزای اصلی لیزوفسفولیپیدها، غلظت بوتیرات را در روده خوک‌های از شیر گرفته افزایش داد که با وزن بدن حیوانات همبستگی مثبت داشت؛ بنابراین، احتمالاً مکانیسم لیزوفسفولیپیدها در بهبود وزن بدن ممکن است به دلیل افزایش غلظت اسید بوتیریک در میکروارگانسیم‌های روده باشد که در مطالعه Zhang و همکاران (۲۰۲۲) نیز تأیید شده است. با این حال، در مطالعه‌ای که توسط Song و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد، تلیسه‌های Hanwoo که با جیره حاوی لیزوفسفولیپیدها (۰/۳ درصد یا ۰/۵ درصد w/w) تغذیه می‌شدند، تغییری در عملکرد رشد نشان ندادند. این اختلاف را می‌توان تا حدی به محصولات مختلف لیزوفسفولیپید، منابع فسفولیپیدها، فرآیندهای هیدرولیز آنزیمی (فسفولیپاز) برای تولید لیزوفسفولیپید و نسبت لیزوفسفولیپیدها در مکمل نسبت داد. علاوه بر این، سطح دوز لیزوفسفولیپیدها در مطالعه Song و همکاران (۲۰۱۵) در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر بود. شایان‌ذکر است که لیزوفسفولیپید به‌عنوان یک افزودنی به‌طور گسترده در غیر نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گرفته است و اثرات ثابت لیزوفسفولیپیدها بر تولید دام مشاهده شده است که نشان می‌دهد درجه عبور شکمبه‌ای لیزوفسفولیپیدها ممکن است برای اثرات لیزوفسفولیپیدها بر روی عملکرد رشد حیوانات حیاتی باشد (Zhao و همکاران، ۲۰۱۵). Jenkins و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که برخی از فسفولیپیدها می‌توانند از تخریب شکمبه فرار کنند و امولسیون شدن را در روده کوچک افزایش دهند.

وضعیت دفاع آنتی‌اکسیدانی: در جدول ۳ نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیمی خون گوساله‌های شیرخوار ارائه شده است. استفاده از ۴ گرم مکمل لیزوفسفولیپید (گروه سوم) در شیر گوساله‌های شیرخوار باعث کاهش معنی‌دار غلظت مالون دی‌الدهید سرم نسبت به گروه شاهد و گروه دوم (۲ گرم لیزوفسفولیپید) شد ($P < 0.05$). فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز نیز تحت تأثیر استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید در شیر گوساله‌ها قرار گرفتند و افزودن ۴ گرم مکمل لیزوفسفولیپید به شیر گوساله‌ها باعث افزایش غلظت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در سرم نسبت به گروه شاهد شد ($P < 0.05$).

شاخص‌های سلامتی گوساله‌های شیرخوار بدون تأثیر بر مصرف خوراک، بهبود می‌یابند. علاوه بر این، نتایج آزمایشات صورت گرفته در خوک (Sun و Kim، ۲۰۱۹) و جوجه‌های گوشتی (Roy و همکاران، ۲۰۱۰) حاکی از آن است که استفاده از لیزوفسفولیپید در جیره، رشد را بدون تأثیر بر مصرف خوراک بهبود می‌بخشد که یکی از دلایل آن احتمالاً بهبود قابلیت هضم چربی و در اختیار قرار گرفتن انرژی بیشتر از چربی باشد که حیوان با وجود وزن بالاتر، مصرف خوراک مشابه با گروه شاهد داشته باشد. به‌طور مشابه استفاده از لیزوفسفولیپید به‌عنوان ماده اضافی در جیره گاوهای شیری علی‌رغم تغییر نسبت اسیدهای چرب در شیر تولیدشده، بر مقدار خوراک مصرفی تأثیری نداشت (Rico و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۳- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید در شیر بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیمی خون گوساله‌های شیرخوار (میانگین \pm SE)

Table 3-Effect of different levels of lysophospholipid in milk on antioxidant and enzyme parameters of dairy calves (mean \pm SE)

سطح معنی‌داری P-value	گروه سوم Group 3	گروه دوم Group 2	گروه اول Group 1	سن Age	پارامتر Parameter
0.38	4.86 \pm 1.23	4.23 \pm 1.15	4.84 \pm 0.99	۴ روزگی 4d	آنتی‌اکسیدان کل Total Antioxidant (U/mL)
0.78	6.03 \pm 1.39	5.90 \pm 1.34	5.62 \pm 0.99	۷۵ روزگی 75d	مالون دی‌الدهید Malondialdehyde (nmol/mL)
0.82	3.52 \pm 0.44	3.50 \pm 0.54	3.61 \pm 0.36	۴ روزگی 4d	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (U/mL)
0.008	2.34 \pm 0.68 ^b	3.16 \pm 0.79 ^a	3.78 \pm 0.73 ^a	۷۵ روزگی 75d	گلوتاتیون پراکسیداز (U/mL) Glutathione peroxidase (U/mL)
0.97	59.44 \pm 1.82	58.62 \pm 2.33	58.38 \pm 2.93	۴ روزگی 4d	کاتالاز (U/mL) Catalase (U/mL)
0.04	60.58 \pm 2.30 ^a	59.44 \pm 1.85 ^{ab}	57.82 \pm 2.96 ^b	۷۵ روزگی 75d	
0.47	103.09 \pm 5.73	107.04 \pm 9.53	103.96 \pm 6.84	۴ روزگی 4d	
0.005	117.87 \pm 5.08 ^a	113.36 \pm 4.51 ^b	110.96 \pm 6.84 ^b	۷۵ روزگی 75d	
0.71	7.63 \pm 1.21	7.98 \pm 1.72	9.18 \pm 1.55	۴ روزگی 4d	
0.24	12.93 \pm 1.82	12.60 \pm 1.51	11.84 \pm 0.90	۷۵ روزگی 75d	

^{a,b} در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^{a,b} In each row data with different superscripts are statistically different ($P < 0.05$)

^۱ گروه اول: (بدون لیزوفسفولیپید)، (۲) گروه دوم (۲ گرم لیزوفسفولیپید در روز) و گروه سوم (۴ گرم لیزوفسفولیپید در روز)

(Sordillo، ۲۰۱۳). برخی از مطالعات نشان داده‌اند که چربی در جیره غذایی می‌تواند منجر به عدم تعادل در متابولیسم انرژی، رسوب لیپیدهای مضر و

استرس اکسیداتیو ناشی از عدم تعادل گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند باعث آسیب بافتی و از بین رفتن عملکرد طبیعی سلول در گوساله شود

۲۰۰۳). مالون دی آلدئید، محصول پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از رادیکال‌های اکسیژن، یک شاخص مهم برای ارزیابی آسیب استرس اکسیداتیو بافتی است (Jiao و همکاران، ۲۰۲۱). Cai و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که همبستگی منفی بین لستین جیره غذایی و سطوح مالون دی آلدئید وجود دارد. با افزایش محتوای فسفولیپید، محتوای مالون دی آلدئید کاهش می‌یابد. مطابق با این، یک همبستگی منفی بین مکمل لیزوفسفولیپید شیر و سطوح سرمی مالون دی آلدئید در مطالعه حاضر مشاهده شد.

وضعیت سلامت و امتیاز مدفوع: نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف مکمل لیزوفسفولیپید بر وضعیت اسهال و امتیاز مدفوع گوساله‌های شیرخوار در جدول ۴ گزارش شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در گوساله‌های تغذیه شده با شیر حاوی ۴ گرم لیزوفسفولیپید، تعداد روزهای اسهال به طور معنی دار نسبت به تیمار شاهد پایین تر بود ($P < 0.05$). امتیاز مدفوع نیز در سن ۳۰ و ۶۰ روزگی تحت تأثیر افزودن مکمل لیزوفسفولیپید در شیر گوساله‌ها قرار گرفت. بدین صورت که در سن ۳۰ روزگی امتیاز مدفوع گوساله‌های دریافت کننده ۲ گرم مکمل لیزوفسفولیپید به طور معنی داری از گروه شاهد بالاتر بود ($P < 0.05$). در سن ۶۰ روزگی نیز گوساله‌های تغذیه شده با شیر حاوی ۴ گرم مکمل لیزوفسفولیپید امتیاز مدفوع بالاتری نسبت به تیمار شاهد و تیمار ۲ گرم مکمل لیزوفسفولیپید داشتند ($P < 0.05$).

وضعیت اسهال و امتیاز مدفوع گوساله با مکمل لیزوفسفولیپید بهبود یافت. به طوری که مکمل لیزوفسفولیپید احتمال وقوع اسهال را کاهش داد. در مواردی ابتلای گوساله به اسهال ممکن است توأم با تب باشد. در این صورت وقوع اسهال ممکن است ناشی از یک آلودگی عفونی باشد. باین حال، محققین مشاهده کرده‌اند که تغذیه جایگزین شیر با چربی‌های

پراکسیداسیون لیپیدی شود که در نهایت منجر به آسیب کبد، التهاب، آپوپتوز و تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (Dai و همکاران، ۲۰۱۹). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، سوپراکسید دیسموتاز و گلوکاتیون پراکسیداز در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی درون‌زا می‌توانند گونه‌های فعال اکسیژن مختلف را در بدن حذف کنند و سلول‌ها را از آسیب اکسیداتیو محافظت کنند (Marin و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که مکمل اسید صفراوی که عملکردی مشابه لیزوفسفولیپید دارد، می‌تواند فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، گلوکاتیون پراکسیداز و کاتالاز را افزایش دهد و آسیب سیستم آنتی‌اکسیدانی ناشی از سطوح بالای چربی را کاهش دهد (Ding و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، Huang و همکاران (۲۰۲۰) در شرایط آزمایشگاهی دریافتند که فسفولیپیدهای شیر می‌توانند به طور قابل توجهی فعالیت آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشند و اکسیداسیون PUFA را به تأخیر بیندازند. در مطالعه حاضر، مکمل لیزوفسفولیپید فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و گلوکاتیون پراکسیداز را در پلاسما افزایش داد که گویای تأثیر لیزوفسفولیپید بر بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب وارد شده به سیستم آنتی‌اکسیدانی گوساله شیرخوار است. اثرات لیزوفسفولیپیدها بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی ممکن است مربوط به جزء کولین آن‌ها باشد که استرس اکسیداتیو را با تعدیل وضعیت ردوکس سلول کاهش می‌دهد و پاسخ التهابی را مهار می‌کند (Mehta و همکاران، ۲۰۰۹). مکمل کولین متابولیت متیونین هموسیستئین پلاسما را تغییر می‌دهد که منجر به افزایش S-آدنوزیل متیونین می‌شود (Innis و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش S-آدنوزیل متیونین می‌تواند از القای نیتریک اکساید سنتاز القایی جلوگیری کند و تولید گلوکاتیون را افزایش دهد (Song و همکاران،

دستگاه گوارش آن‌ها بود (Field, ۲۰۰۳). علاوه بر آن، مشاهده اسهال کمتر ممکن است به اثرات ضدالتهابی فسفولیپیدهایی که مکمل لیزوفسفولیپید را تشکیل می‌دهند (Treede و همکاران، ۲۰۰۷) و یا بهبود بالقوه در سلامت پرزهای روده (Brautigan و همکاران، ۲۰۱۷) مرتبط باشد.

گیاهی هم ممکن است سیالیت مدفوع را در گوساله‌ها، مستقل از یک پاتوژن افزایش دهد (De Paula و همکاران، ۲۰۱۷). در مطالعه حاضر مشاهده کاهش وقوع اسهال در گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل لیزوفسفولیپید احتمالاً فرآیند امولسیون سازی سریع‌تر و در نتیجه آن سرعت جذب چربی بیشتر در

جدول ۴- اثر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید در شیر بر وضعیت اسهال و امتیاز مدفوع گوساله‌های شیرخوار (میانگین±SE)

Table 4-Effect of different levels of lysophospholipid in milk on diarrhea status and fecal score of dairy calves (mean±SE)

سطح معنی‌داری P-value	گروه سوم Group 3	گروه دوم Group 2	گروه اول Group 1	پارامتر Parameter
0.60	0.30±0.02	0.50±0.01	0.50±0.03	تعداد گوساله‌های اسهال Number of calves with diarrhea
0.01	0.70±0.13 ^b	1.40±0.23 ^{ab}	1.90±0.17 ^a	تعداد روزهای اسهال Number of days of diarrhea
0.52	2.50±0.33	2.20±0.67	2.35±0.66	نمره مدفوع ۱ روزگی 1day fecal score
0.04	2.50±0.23 ^{ab}	2.70±0.48 ^a	2.40±0.21 ^b	نمره مدفوع ۳۰ روزگی 30day fecal score
0.02	2.85±0.28 ^a	2.55±0.15 ^b	2.55±0.52 ^b	نمره مدفوع ۶۰ روزگی 60day fecal score

^{a,b} در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

^{a-b} In each row data with different superscripts are statistically different (P < 0.05)

^۱ گروه اول: (بدون لیزوفسفولیپید)، ۲) گروه دوم (۲ گرم لیزوفسفولیپید در روز) و گروه سوم (۴ گرم لیزوفسفولیپید در روز)

سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز را در پلاسمای خون گوساله‌های شیرخوار افزایش و شاخص استرس اکسیداتیو را کاهش داد که نشان‌دهنده تأثیر لیزوفسفولیپید بر بهبود ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مصرف مکمل لیزوفسفولیپید در شیر مصرفی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین موجب بهبود افزایش وزن زنده و در پی آن افزایش وزن از شیرگیری بدون تأثیر بر میزان مصرف خوراک شد. مکمل ۴ گرم لیزوفسفولیپید فعالیت

منابع

- Berends, H., Van Laar, H., Leal, L.N., Gerrits, W.J.J. & Martín-Tereso, J. (2020). Effects of exchanging lactose for fat in milk replacer on ad libitum feed intake and growth performance in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4275-4287.
- Boontiam, W., Jung, B. & Kim, Y.Y. (2017). Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. *Poultry Science*, 96(3), 593-601.
- Cai, Z., Feng, S., Xiang, X., Mai, K. & Ai, Q. (2016). Effects of dietary phospholipid on lipase activity, antioxidant capacity and lipid metabolism-related gene expression in large yellow croaker larvae (*Larimichthys crocea*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 201, 46-52.

- Chen, G.J., Zhang, R., Wu, J.H., Shang, Y.S., Li, X.D., Qiong, M., Wang, P.C., Li, S.G., Gao, Y.H. & Xiong, X.Q. (2020). Effects of soybean lecithin supplementation on growth performance, serum metabolites, ruminal fermentation and microbial flora of beef steers. *Livestock Science*, 240, 104121.
- Chen, H., Wang, C., Huasai, S. & Chen, A. (2021). Effects of dietary forage to concentrate ratio on nutrient digestibility, ruminal fermentation and rumen bacterial composition in Angus cows. *Scientific Reports*, 11(1), 17023.
- Dai, Y.J., Cao, X.F., Zhang, D.D., Li, X.F., Liu, W.B. & Jiang, G.Z. (2019). Chronic inflammation is a key to inducing liver injury in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fed with high-fat diet. *Developmental & Comparative Immunology*, 97, 28-37.
- Davis, C.L. & Drackley, J.K. (1998). *The development, nutrition, and management of the young calf*. Iowa State University Press.
- De Paula, M.R., Oltramari, C.E., Silva, J.D., Gallo, M.D.C., Mourão, G.B. & Bittar, C.M.M. (2017). Intensive liquid feeding of dairy calves with a medium crude protein milk replacer: Effects on performance, rumen, and blood parameters. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4448-4456.
- Ding, T., Xu, N., Liu, Y., Du, J., Xiang, X., Xu, D., Liu, Q., Yin, Z., Li, J., Mai, K. & Ai, Q. (2020). Effect of dietary bile acid (BA) on the growth performance, body composition, antioxidant responses and expression of lipid metabolism-related genes of juvenile large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) fed high-lipid diets. *Aquaculture*, 518, 734768.
- Field, M. (2003). Intestinal ion transport and the pathophysiology of diarrhea. *The Journal of Clinical Investigation*, 111(7), 931-943.
- Gallo, S.B., Brochado, T., Brochine, L., Passareli, D., Costa, S.F., Bueno, I.D.S., Balieiro, J.D.C., Neto, R.F. & Tedeschi, L.O. (2019). Effect of biosurfactant added in two different oil source diets on lamb performance and ruminal and blood parameters. *Livestock Science*, 226, 66-72.
- Golding, M. & Wooster, T.J. (2010). The influence of emulsion structure and stability on lipid digestion. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15(1-2), 90-101.
- Haetinger, V.S., Dalmoro, Y.K., Godoy, G.L., Lang, M.B., De Souza, O.F., Aristimunha, P. & Stefanello, C. (2021). Optimizing cost, growth performance, and nutrient absorption with a bio-emulsifier based on lysophospholipids for broiler chickens. *Poultry Science*, 100(4), 101025.
- Hosseini, S.M., Nourmohammadi, R., Nazarizadeh, H. & Latshaw, J.D. (2018). Effects of lysolecithin and xylanase supplementation on the growth performance, nutrient digestibility and lipogenic gene expression in broilers fed low-energy wheat-based diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(6), 1564-1573.
- Huang, Z., Brennan, C., Zhao, H., Guan, W., Mohan, M.S., Stipkovits, L., Zheng, H., Liu, J. & Kulasiri, D. (2020). Milk phospholipid antioxidant activity and digestibility: Kinetics of fatty acids and choline release. *Journal of Functional Foods*, 68, 103865.
- Huff, J.S., Waugh, R.K. & Wise, G.H. (1951). Effect of glycerol-mono-stearate on fat absorption, growth and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 34(11), 1056-1063.
- Innis, S.M., Davidson, A.G.F., Melynk, S. & James, S.J. (2007). Choline-related supplements improve abnormal plasma methionine-homocysteine metabolites and glutathione status in children with cystic fibrosis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(3), 702-708.
- Jacquier, V., Nelson, A., Jjali, M., Rhayat, L., Brinch, K.S. & Devillard, E. (2019). *Bacillus subtilis* 29784 induces a shift in broiler gut microbiome toward butyrate-producing bacteria and improves intestinal histomorphology and animal performance. *Poultry Science*, 98(6), 2548-2554.
- Jenkins, T.C., Gimenez, T. & Cross, D.L. (1989). Influence of phospholipids on ruminal fermentation in vitro and on nutrient digestion and serum lipids in sheep. *Journal of Animal Science*, 67(2), 529-537.

- Jiao, P., Hu, G., Liang, G., Chen, M., An, N., Wang, Z., Liu, H., Xing, H. & Xie, X. (2021). Dietary supplementation with *Macleaya cordata* extract inclusion affects growth performance, rumen fermentation, bacterial communities, and immune responses of weaned lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 282, 115127.
- Jones, C. & Heinrichs, J. (2017). Feeding the newborn dairy calf. Pennsylvania State University Cooperative Extension.
- Kastelic, J., Bentley, O.G. & Phillips, P.H. (1950). Studies on growth and survival of calves fed semi-synthetic milks from birth. *Journal of Dairy Science*, 33(10), 725-36.
- Khan, M.A., Bach, A., Weary, D.M. & Von Keyserlingk, M.A.G. (2016). Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 885-902.
- Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Kim, S. B., Ki, K. S. & Choi, Y. J. (2007). Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5259-5268.
- Le Huerou-luron, I., Guilloteau, P., Wicker-Planquart, C., Chayvialle, J.A., Burton, J., Mouats, A., Toullec, R. & Puigserver, A. (1992). Gastric and pancreatic enzyme activities and their relationship with some gut regulatory peptides during postnatal development and weaning in calves. *The Journal of Nutrition*, 122(7), 1434-1445.
- 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(4), 3110-3120.
- Li, B., Li, Z., Sun, Y., Wang, S., Huang, B. & Wang, J. (2019). Effects of dietary lysolecithin (LPC) on growth, apparent digestibility of nutrient and lipid metabolism in juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L. *Aquaculture and Fisheries*, 4(2), 61-66.
- Marin, D.E., Pistol, G.C., Gras, M., Palade, M. & Taranu, I. (2018). A comparison between the effects of ochratoxin A and aristolochic acid on the inflammation and oxidative stress in the liver and kidney of weanling piglets. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 391(10), 1147-1156.
- McFadden, J.W. (2019). Dietary lecithin supplementation in dairy cattle. Pages 1–11 in Cornell Nutr. Conf. Cornell Univ., Ithaca, NY
- Mehta, A.K., Arora, N., Gaur, S.N. & Singh, B.P. (2009). Choline supplementation reduces oxidative stress in mouse models of allergic airway disease. *European Journal of Clinical Investigation*, 39(10), 934-941.
- Qiu, Y., Liu, S., Hou, L., Li, K., Wang, L., Gao, K., Yang, X. & Jiang, Z. (2021). Supplemental choline modulates growth performance and gut inflammation by altering the gut microbiota and lipid metabolism in weaned piglets. *The Journal of Nutrition*, 151(1), 20-29.
- Reis, M.E., Toledo, A.F.D., da Silva, A.P., Poczynek, M., Fioruci, E.A., Cantor, M.C., Greco, L. & Bittar, C.M.M. (2021). Supplementation of lysolecithin in milk replacer for Holstein dairy calves: Effects on growth performance, health, and metabolites. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5457-5466.
- Roy, A., Haldar, S., Mondal, S. & Ghosh, T.K. (2010). Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary Medicine International*, 2010.
- Siyal, F.A., El-Hack, M.E.A., Alagawany, M., Wang, C., Wan, X., He, J., Wang, M., Zhang, L., Zhong, X., Wang, T. & Kuldeep, D. (2017). Effect of soy lecithin on growth performance, nutrient digestibility and hepatic antioxidant parameters of broiler chickens. *International Journal of Pharmacology*, 13(4), 396-402.
- Song, W., Yang, J., Hwang, I., Cho, S. & Choi, N. (2015). Effect of dietary Lysophospholipid (LIPIDOLTM) supplementation on the improvement of forage usage and growth performance in Hanwoo heifer. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 35(3), 232-237.

- Song, Z., Zhou, Z., Chen, T., Hill, D., Kang, J., Barve, S. & McClain, C. (2003). S-adenosylmethionine (S-AdoMet) protects against acute alcohol induced hepatotoxicity in mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 14(10), 591-597.
- Sordillo, L.M. (2013). Selenium-dependent regulation of oxidative stress and immunity in periparturient dairy cattle. *Veterinary Medicine International*, 2013.
- Sun, H.Y. & Kim, I.H. (2019). Evaluation of an emulsifier blend on growth performance, nutrient digestibility, blood lipid profiles, and fecal microbial in growing pigs fed low energy density diet. *Livestock Science*, 227, 55-59.
- Taghavizadeh, M., Shekarabi, S.P.H., Mehrgan, M.S. & Islami, H.R. (2020). Efficacy of dietary lysophospholipids (Lipidol™) on growth performance, serum immuno-biochemical parameters, and the expression of immune and antioxidant-related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 525, 735315.
- Thornberry, R.M., Wood, D., Kertz, A.F. & Hutcheson, D. (2016). Alternative ingredients in calf milk replacer: A review for bovine practitioners. *The Bovine Practitioner*, 65-88.
- Toullec, R. & Guilloteau, P. (1989). Research into the digestive physiology of the milk-fed calf. In *Symposium on the occasion of the retirement of Dr. Ir EJ van Weerden*. Pudoc.
- Treede, I., Braun, A., Sparla, R., Kuhnel, M., Giese, T., Turner, J.R., Anes, E., Kulaksiz, H., Füllekrug, J., Stremmel, W. & Griffiths, G. (2007). Anti-inflammatory effects of phosphatidylcholine. *Journal of Biological Chemistry*, 282(37), 27155-27164.
- Zhang, M., Bai, H., Zhao, Y., Wang, R., Li, G., Zhang, G. & Zhang, Y. (2022). Effects of Dietary Lysophospholipid Inclusion on the Growth Performance, Nutrient Digestibility, Nitrogen Utilization, and Blood Metabolites of Finishing Beef Cattle. *Antioxidants*, 11(8), 1486.