Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

Effects of Different Fat Sources on Performance, Nutrient Digestibility, and Liver Enzymes in Transition Ewes and Blood Metabolites of Their Lambs

Babak Kiarash[1], Amirdavar Forouzandeh Shahraki[2]*, Seyed Ali Tabeidian[3], Gholamreza Ghalamkari[4], Mahshid Defaei[5]

[1] PhD Student in Animal Nutrition, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorsgan Branch, Isfahan, Iran, Email: kiyarashbabak@gmail.com

[2] Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorsgan Branch, Isfahan, Iran, Email: ad_foroozandeh@yahoo.com

[3] Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorsgan Branch, Isfahan, Iran, Email : tabeidian@yahoo.com

[4] Associate Professor, Animal Physiology, Faculty of Agriculture, Khorsgan Branch, Department of Animal Sciences, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, Email: ghalamkari@khuisf.ac.ir

[5] Assistant Professor, Department of Biochemistry, Faculty of Biology, Islamic Azad University, Khorsgan Branch, Isfahan, Iran, Email: mdefaei84@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:
Revised:
Accepted:

Keywords:
Fat sources
Lambs
Liver enzymes
Nutrient digestibility

ABSTRACT

Background and Objective: The transition period in ewes (3 weeks prepartum to 3 weeks postpartum) is characterized by profound metabolic changes and reduced feed intake, leading to negative energy balance, increased non-esterified fatty acids (NEFA), ketone bodies, and oxidative stress. This condition elevates the risk of ketosis, fatty liver, and impaired immunity. Dietary fat supplementation, as a nutritional strategy, can improve metabolic status by providing a dense energy source and reducing body reserve mobilization; however, its effects on digestion, rumen fermentation, and oxidative stress depend on the type of fat (protected saturated vs. unsaturated). Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of different fat sources on nutrient digestibility, liver enzymes in transition ewes, and selected blood parameters of newborn lambs.

Materials and Methods: The experiment was conducted on 60 pregnant ewes (one month before lambing) at the research farm of Islamic Azad University, Khorasgan Branch. Ewes were randomly assigned, based on body weight and expected lambing date, to five treatments (12 replicates) in a completely randomized design: (1) control (no added fat), (2) 3% calcium salts of omega-9 fatty acids, (3) 3% tallow, (4) 3% canola oil, and (5) 3% rumen-protected saturated fatty acid powder. Diets were formulated according to NRC (2007) and offered as TMR from 21 days prepartum to 21 days postpartum.

Results: Supplementation with different fat sources had no significant effect on body weight, dry matter intake, or body condition score of the ewes. Feeding rumen-protected saturated fatty acid powder significantly increased ether extract digestibility compared with canola oil and the control group in both pre- and postpartum periods, and showed higher values than animal fat postpartum ($P < 0.05$). This treatment also improved acid detergent fiber digestibility compared with animal fat and canola oil before lambing and compared with canola oil after lambing. Neutral detergent fiber digestibility was affected by treatments only postpartum, with higher values in the protected saturated fat group than in the canola oil and omega-9 treatments ($P < 0.05$), while dry matter and crude protein

Transitional ewes

digestibility did not differ among treatments. Liver enzyme activities were influenced by dietary fat source. ALT and AST levels in ewes fed canola oil and animal fat increased significantly postpartum ($P < 0.05$), whereas values in ewes receiving calcium salts of omega-9 and protected saturated fat remained within the normal range. ALP activity was also affected in both sampling periods, with the highest values observed in the omega-9 and animal fat groups. The type of dietary fat significantly affected blood parameters of newborn lambs ($P < 0.05$). Lambs born to ewes fed protected saturated fat and omega-9 fatty acids had higher concentrations of glucose, cholesterol, total protein, and immunoglobulin G compared with the control group. Cholesterol, total protein, and IgG concentrations in these treatments were also higher than in the animal fat group, while albumin concentration did not differ significantly among treatments.

Conclusion: Overall, supplementation of transition ewe diets with rumen-protected saturated fatty acid powder improved ether extract digestibility compared with canola oil and the control group and maintained more stable liver enzyme activity postpartum compared with canola oil and animal fat. Although not all traits differed significantly among treatments, these findings suggest that protected saturated fat may contribute to improved digestibility and metabolic status during the transition period compared with some other fat sources.

Cite this article: Kiarash, B., Forouzandeh Shahraki, A., Tabeidian, S.A., Ghalamkari, Gh.R., Defaei, M. (2026). Effects of Different Fat Sources on Performance, Nutrient Digestibility, and Liver Enzymes in Transition Ewes and Blood Metabolites of Their Lambs. *Journal of Ruminant Research*, 14(2),

© The Author(s)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

اثرات منابع مختلف چربی بر قابلیت هضم مواد مغذی و آنزیم های کبدی در میش های دوره انتقال و فراسنجه های خونی بره های متولد شده از آنها

بابک کیارش[۱]، امیرداور فروزنده شهرکی*[۲]، سیدعلی تبعیدیان[۳]، غلامرضا قلمکاری[٤]، مهشید دفاعی[٥]

[۱] دانشجوی دکترای تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خورسگان، اصفهان، ایران، رایانامه: kiyarashbabak@gmail.com

[۲] (نویسنده مسئول) دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خورسگان، اصفهان، ایران، رایانامه: ad_foroozandeh@yahoo.com

[۳] دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خورسگان، اصفهان، ایران، رایانامه: tabeidian@yahoo.com

[٤] دانشیار فیزیولوژی دام، دانشکده کشاورزی ، واحد خوراسگان ،گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی اصفحان، ایران، رایانامه: ghalamkari@khuisf.ac.ir

[٥] استادیار گروه بیوشیمی، دانشکده زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خورسگان، اصفهان، ایران، ، رایانامه: mdefaei84@iau.ac.ir)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت:
تاریخ ویرایش:
تاریخ پذیرش:

واژه‌های کلیدی:
آنزیم‌های کبدی
بره
گوارش¬پذیری
منابع چربی
میش دوره انتقال

چکیده

سابقه و هدف: دوره انتقالی میش‌ها (۳ هفته پیش تا ۳ هفته پس از زایش) با تغییرات شدید متابولیکی و کاهش مصرف خوراک همراه است که منجر به تعادل منفی انرژی، افزایش اسیدهای چرب غیراستریفیه، اجسام کتونی و استرس اکسیداتیو می‌شود. این وضعیت خطر کتوز، کبد چرب و ضعف ایمنی را افزایش می‌دهد. استفاده از منابع چربی به‌عنوان استراتژی تغذیه‌ای، با تأمین انرژی متراکم و کاهش بسیج ذخایر بدن، می‌تواند وضعیت متابولیکی را بهبود بخشد؛ اما اثرات آن بر هضم، تخمیر شکمبه و استرس اکسیداتیو به نوع چربی (اشباع محافظت‌شده یا غیراشباع) بستگی دارد. لذا هدف مطالعه بررسی اثر منابع مختلف چربی بر گوارش‌پذیری مواد مغذی، آنزیم‌های کبدی در میش‌های انتقالی و تأثیر بر فراسنجه‌های خونی بره‌های متولدشده بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش روی ٦٠ رأس میش آبستن (یک ماه قبل از زایش) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان انجام شد. میش‌ها بر اساس وزن و تاریخ زایش به‌صورت تصادفی به ۵ تیمار (۱۲ تکرار) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی تخصیص یافتند: ۱) شاهد (بدون چربی)، ۲) ۳ درصد نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹، ۳) ۳ درصد پیه، ٤) ۳ درصد روغن کلزا، ۵) ۳ درصد پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده در شکمبه. جیره‌ها بر اساس NRC (۲۰۰۷) از ۲۱ روز قبل تا ۲۱ روز پس از زایش به‌صورت TMR ارائه شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که افزودن منابع مختلف چربی تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن، مصرف ماده خشک یا امتیاز وضعیت بدنی میش‌ها نداشت. استفاده از پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده موجب افزایش معنی دار گوارش‌پذیری عصاره اتری نسبت به تیمارهای روغن کلزا و گروه

شاهد در هر دو دوره قبل و بعد از زایش شد و پس از زایش نسبت به چربی حیوانی نیز مقادیر بالاتری نشان داد (P<۰/۰۵). این تیمار همچنین گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بیشتری نسبت به چربی حیوانی و روغن کلزا قبل از زایش و نسبت به روغن کلزا پس از زایش داشت. گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی تنها پس از زایش تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت به طوریکه تیمار چربی اشباع محافظت‌شده نسبت به روغن کلزا و منبع اُمگا-۹ مقادیر بالاتری نشان داد (P<۰/۰۵)، در حالی‌که گوارش‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. سطوح ALT و AST در میش‌های تغذیه‌شده با روغن کلزا و چربی حیوانی پس از زایش به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). در حالی‌که مقادیر در میش‌های تغذیه‌شده با نمک کلسیمی اُمگا-۹ و چربی اشباع محافظت‌شده در محدوده طبیعی باقی ماند. فعالیت ALP نیز در هر دو دوره نمونه‌برداری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و بالاترین مقادیر در گروه‌های اُمگا-۹ و چربی حیوانی مشاهده شد. نتایج نشان داد که نوع منبع چربی در جیره میش‌های دوره انتقال اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های خونی بره‌های متولدشده داشت (P<۰/۰۵). بره‌های حاصل از میش‌های دریافت‌کننده چربی اشباع محافظت‌شده و اسیدهای چرب اُمگا-۹ غلظت بالاتری از گلوکز، کلسترول، پروتئین کل و ایمونوگلوبولین G نسبت به گروه شاهد نشان دادند (P<۰/۰۵). همچنین غلظت کلسترول، پروتئین کل و ایمونوگلوبولین G در این تیمارها نسبت به تیمار چربی حیوانی بیشتر بود، در حالی‌که بین تیمارها از نظر غلظت آلبومین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، استفاده از پودر اسید چرب اشباع محافظت شده در جیره میش‌های دوره انتقال موجب افزایش گوارش‌پذیری عصاره اتری نسبت به روغن کلزا و گروه شاهد و پایداری بیشتر فعالیت آنزیم‌های کبدی پس از زایش در مقایسه با روغن کلزا و چربی حیوانی شد. با توجه به اینکه همه صفات بین تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشتند، این نتایج نشان می‌دهد که چربی اشباع محافظت‌شده می‌تواند در مقایسه با برخی منابع چربی به بهبود نسبی گوارش-پذیری و وضعیت متابولیکی در دوره انتقال کمک کند.

استناد: کیارش، بابک؛ فروزنده شهرکی، امیرداور؛ تبعیدیان، سیدعلی؛ قلمکاری، غلامرضا؛ دفاعی، مهشید. (۱۴۰۵). اثرات منابع مختلف چربی بر قابلیت هضم مواد مغذی و آنزیم‌های کبدی در میش های دوره انتقال و فراسنجه های خونی بره های متولد شده از آنها. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۴(۲)،

© نویسندگان
ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

در دوره‌ی انتقالی که معمولاً سه هفته پیش از زایش تا سه هفته پس‌ازآن را شامل می‌شود، میش‌های شیری با تغییرات شدید متابولیکی، هورمونی و فیزیولوژیکی مواجه‌اند؛ در این مرحله، نیاز به انرژی و مواد مغذی به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، درحالی‌که مصرف خوراک به‌دلیل کاهش ظرفیت شکمبه، تغییرات هورمونی و استرس زایمان کاهش می‌یابد (Lisuzzo و همکاران، ۲۰۲۲). این ناهماهنگی میان دریافت انرژی و نیاز متابولیکی منجر به بروز تعادل منفی انرژی، افزایش غلظت اسیدهای چرب غیر استریفیه و کتون‌ها می‌شود که زمینه‌ساز بروز اختلالات متابولیکی نظیر کتوز، کبد چرب و تضعیف عملکرد ایمنی است (Bouvier-Müller و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که در طول دوره‌ی انتقال، سطح استرس اکسیداتیو در بدن میش‌ها افزایش یافته و تولید گونه‌های فعال اکسیژن شدت می‌یابد، که این امر موجب آسیب به غشاهای سلولی، پروتئین‌ها و DNA می‌شود و در نهایت کارایی تولیدی و باروری حیوان را کاهش می‌دهد (Beck و Gregorin، ۲۰۲۱). یکی از مؤثرترین راهکارهای تغذیه ای برای کاهش فشار متابولیکی در دوره انتقال، استفاده از منابع مختلف چربی در جیره است (Ghahramani و همکاران، ۲۰۱۹). چربی‌ها به‌عنوان پرانرژی‌ترین ترکیب غذایی، علاوه بر تأمین سریع انرژی، قادرند بخشی از کسری انرژی ایجاد شده در این دوره را جبران کنند و از تجزیه‌ی بیش‌ازحد بافت چربی بدن جلوگیری نمایند. با این حال، اثر چربی بر عملکرد فیزیولوژیکی و متابولیکی حیوان به نوع منبع آن بستگی دارد؛ به‌طوری‌که تفاوت در ساختار شیمیایی و درجه‌ی اشباع، اثرات متفاوتی بر تخمیر شکمبه، گوارش‌پذیری و وضعیت اکسیداتیو بدن دارد (Hervás و همکاران، ۲۰۲۱؛ Behan و همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعاتی گزارش کرده‌اند که استفاده از چربی‌های محافظت شده می‌تواند با کاهش تخریب چربی در شکمبه و جذب مستقیم در روده، موجب افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی و انرژی خالص شود (Behan و همکاران، ۲۰۱۹). در مقابل، استفاده از چربی‌های آزاد و غیراشباع، مانند روغن‌های گیاهی، ممکن است با مهار فعالیت میکروبی شکمبه و کاهش تخمیر فیبر، تأثیر منفی بر گوارش‌پذیری داشته باشد (Ibrahim و همکاران، ۲۰۲۱). تحقیقات نشان داده است که جیره‌های غذایی پرچرب منجر به افزایش سطح آنزیم‌های کبدی مانند AST و ALT شده‌اند که نشان‌دهنده آسیب کبدی است (Zhao و همکاران، ۲۰۱۳؛ Uluisik و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، تغییرات در غلظت‌های پلاسمایی پروتئین کل، گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسیرید و لیپیدهای کل در میش‌های مکمل سازی شده با اسیدهای چرب محافظت شده مشاهده شده است (Ghoniem و همکاران، ۲۰۲۰)

تغذیه‌ی مادری در دوره‌ی انتقال نقش حیاتی در تعیین وضعیت متابولیکی و ایمنی بره‌های تازه متولد شده دارد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نوع و میزان چربی موجود در جیره‌ی مادر در اواخر آبستنی می‌تواند بر رشد داخل رحمی، متابولیسم گلوکز، سطح آنتی‌اکسیدان‌های خونی و حتی ترکیب بدن بره‌ها تأثیرگذار باشد (Rosa-Velázquez و همکاران، ۲۰۲۱). با وجود شواهد موجود، هنوز اطلاعات جامعی درباره‌ی اثر منابع مختلف چربی در جیره‌ی میش‌های دوره‌ی انتقال بر گوارش‌پذیری، شاخص‌های استرس اکسیداتیو و فراسنجه های خونی بره‌های متولد شده وجود ندارد. ازاین‌رو، نیاز به بررسی دقیق‌تر اثر منابع مختلف چربی از جمله چربی‌های حیوانی، روغن‌های گیاهی، چربی‌های محافظت‌شده و نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بر

عملکرد متابولیکی و اکسیداتیو میش‌ها در دوره‌ی انتقال و همچنین بر سلامت و متابولیسم بره‌های تازه متولد شده احساس می‌شود. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی اثرات منابع مختلف چربی بر قابلیت گوارش‌پذیری و آنزیم های کبدی در میش های دوره انتقال و فراسنجه های خونی بره های متولد شده از آنها است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در پاییز و زمستان سال ۱٤۰۳ در واحد پرورش گوسفند واقع در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، واقع در خاتون‌آباد، اصفهان انجام شد. بدین منظور، ٦۰ میش نژاد افشاری با وزن متوسط اولیه ۷۸ کیلوگرم و متوسط تعداد زایش ۲/۵، سه هفته مانده به زایمان انتخاب شدند. میش‌ها به صورت انفرادی در جایگاه‌هایی به ابعاد ۱۷۱×۸۳ سانتی‌متر با کف بتنی و آبخوری‌های جداگانه نگهداری شدند و به‌صورت تصادفی به پنج گروه آزمایشی در یک طرح کاملاً تصادفی اختصاص یافتند. میش‌ها از ۲۱ روز قبل تا ۲۱ روز بعد از زایمان با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱)گروه کنترل بدون روغن، ۲) جیره غذایی حاوی ۳ درصد نمک کلسیم اسیدهای چرب امگا-۹ (غنی از اسید اولئیک)، ۳) جیره غذایی حاوی ۳ درصد چربی حیوانی، ٤) جیره غذایی حاوی ۳ درصد روغن گیاهی (روغن کانولا) و ۵) جیره غذایی حاوی ۳ درصد پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده بودند. سطح ۳ درصد چربی افزوده‌شده به جیره بر اساس توصیه‌های(2007) NRC انتخاب شد. مطابق این مرجع، در جیره میش های آبستن و شیرده، استفاده از چربی افزوده شده در محدوده ۲ تا ٤ درصد ماده خشک به عنوان یک راهکار ایمن برای افزایش چگالی انرژی جیره، بدون ایجاد اثرات منفی بر مصرف خوراک، تخمیر شکمبه ای و هضم فیبر، توصیه می‌شود. انتخاب سطح ۳ درصد در مطالعه حاضر، که در میانه این بازه پیشنهادی قرار دارد، امکان مقایسه منابع مختلف چربی را بدون عبور از آستانه تحمل فیزیولوژیک شکمبه فراهم می‌کند. جیره پایه بر اساس نیازهای تغذیه‌ای توصیه‌شده NRC (۲۰۰۷) فرموله شد. اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره پایه در جدول ۱ ارائه شده است. جیره‌های آزمایشی به‌گونه‌ای فرموله شدند که نیازهای انرژی و پروتئین میش ها به‌طور یکنواخت تأمین شود. سطوح مواد معدنی و ویتامین ها نیز در تمامی تیمارها مشابه بود و تنها عامل متغیر در جیره‌ها، نوع منبع چربی افزوده‌شده بود. جیره‌ها به صورت خوراک مخلوط کامل در دو وعده در ساعت ۰۸:۰۰ و ۱٦:۰۰ توزیع شدند. میش‌ها در طول روز دسترسی آزاد به آب داشتند و به صورت آزاد با باقیمانده ۵–۱۰ درصد تغذیه شدند.

جمع‌آوری داده‌های آزمایشی: مانده خوراک روزانه از آخورها پیش از تغذیه صبحگاهی جمع‌آوری و وزن شد و بر این اساس، مصرف خوراک روزانه محاسبه گردید. وزن بدن و امتیاز وضعیت بدنی (BCS) میش‌ها در ۲۱ روز قبل از زایش و روز زایش با استفاده از یک سیستم امتیازدهی پنج‌درجه‌ای تعیین شد. پس از زایش، این شاخص‌ها به‌صورت هفتگی تا پایان دوره آزمایش (۲۱ روز پس از زایش) ثبت گردیدند.

جدول ۱ – ترکیبات مواد خوراکی و مواد مغذی و انرزی جیره غذایی میش‌ها در دوره انتقال

Table 1 - Composition of feed ingredients and nutrients and energy of ewes' diets during the transition period

قبل از زایش Pre-partum (%)	پس از زایش Post-partum (%)	اقلام خوراکی
29.50	28.00	یونجه Alfalfa
35.20	28.70	سیلاژ ذرت Corn silage
26.50	31.00	دانه جو Barley
6.50	9.00	کنجاله سویا Soybean meal
0.80	1.10	کلسیم کربنات Calcium carbonate
0.40	0.60	نمک Salt
1.10	1.60	مواد معدنی و ویتامینه Vitamin and mineral supplement
ترکیب شیمایی مواد مغذی Chemical composition of nutrients		
46.10	50.60	ماده خشک Dry matter (%)
14.36	15.27	پروتئین خام Crude protein (%)
2.43	2.45	انرژی متابولیسیمی Metabolizable energy (Mcal/kg)
42.29	39.6	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (NDF, %)
2.26	2.20	عصاره اتری Crude fat (%)
0.77	0.95	کلسیم Calcium (%)
0.28	0.29	فسفر Phosphorus (%)

ترکیب مکمل به ازای هر کیلوگرم جیره شامل ۲۱۰ گرم کلسیم، ۱۰۰ گرم فسفر، ۷۰ گرم منیزیم، ٤٥ میلی گرم کبالت، ۳٦۰ میلی گرم مس، ۱٦۰ میلی گرم ید، ۳۱۰۰ میلی گرم آهن، ۲۱۰۰ میلی گرم منگنز، ۱۰۰ میلی گرم سلنیوم، ۳۱۰۰ میلی گرم روی، ۵۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A ، ۱۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D و ۷۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E می‌باشد.

Supplement Composition (per kg of diet): 210 g calcium, 100 g phosphorus, 70 g magnesium, 45 mg cobalt, 360 mg copper, 160 mg iodine, 3100 mg iron, 2100 mg manganese, 100 mg selenium, 3100 mg zinc, 510000 IU vitamin A, 110000 IU vitamin D, 7000 IU vitamin E.

جهت ارزیابی پارامترهای خونی و فعالیت آنزیمی، نمونه‌های خون از میش‌ها یک هفته قبل و سه هفته پس از زایمان جمع‌آوری شد (Seifzadeh و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، برای بررسی فراسنجه های خونی بره‌ها، نمونه های خون آن‌ها در دو زمان، روز زایش و ۷ روز پس از تولد، جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها قبل از وعده صبحگاهی از طریق ورید وداج با استفاده از لوله‌های وکیوم گرفته شدند. بلافاصله پس از نمونه‌گیری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پلاسما با سانتریفیوژ کردن در g ×۳۰۰۰ به مدت ۱۵

دقیقه جدا شد. فراسنجه های اندازه گیری شده در میش‌ها شامل آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز، آسپارتات آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز و برای بره‌های متولد شده از آنها شامل گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسیرید، پروتئین کل، آلبومین و ایمونوگلوبولین G بود؛ که با استفاده از کیت‌های تجاری Delta Darman Part (تهران، ایران) انجام شد. تمامی آنالیزها با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر BT 1500(Biotechnica Instruments, Rome, Italy) اندازه گیری شد.

گوارش‌پذیری مواد مغذی خوراک با استفاده از خاکستر نامحلول در اسید (AIA) طبق روش ون کولن و یانگ (۱۹۷۷) تعیین شد (Van Keulen و Young، ۱۹۹۷). نمونه های خوراک و مدفوع در پایان هر یک از دوره‌های قبل و بعد از زایش، به مدت ۵ روز متوالی از تمامی میش‌ها جمع‌آوری گردید و پس از خشک شدن در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و آسیاب شدن، برای تعیین AIA مورد استفاده قرار گرفتند. با استفاده از این نشانگر داخلی، درصد قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی شامل ماده خشک، پروتئین خام، چربی و سایر اجزای جیره غذایی ترکیبات مواد خوراکی محاسبه گردید. برای تعیین ترکیب شیمیایی نمونه‌های مدفوع، ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام و چربی از روش AOAC (۲۰۰۵) استفاده شد. علاوه بر این، مقادیر فیبر دیواره سلولی و فیبر دیواره سلولی بدون همی‌سلولز با استفاده از روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد.

داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش پس از جمع‌آوری در نرم‌افزار اکسل وارد و تنظیم شدند. سپس تحلیل آماری داده‌ها برای وزن بدن، وضعیت بدنی و فراسنجه‌های خونی با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹,۱) و رویه GLM استفاده شد. همچنین برای آنالیز مشاهدات تکرار شده از روش تکرار شده در زمان (رویه MIXED) با اثرات ثابت تیمار، زمان (روز)، اثر متقابل تیمار در زمان، اثر تصادفی میش داخل تیمار و باقی مانده ها استفاده شد. سطح معنی داری ۵ درصد در نظر گرفته شد. معادله مورد استفاده از این طرح به صورت زیر بود:

$$Yij=\mu+Ti+BWj+eij$$

Y=مشاهده، μ= میانگین مشاهدات، Ti=اثر i امین تیمار، BWj=وزن اولیه (عامل کوواریت)، eij =اثر اشتباه آزمایشی

نتایج

وزن بدن و امتیاز وضعیت بدنی: نتایج جدول ۲ نشان داد که افزودن منابع مختلف چربی به جیره غذایی میش‌های دوره انتقال، هیچ اثر معنی‌داری بر وزن بدن وضعیت بدنی در دوره‌های قبل و بعد از زایش نداشت ($P>0.05$). وزن بدن در گروه‌های مختلف قبل از زایش ($P>۰/۹۸۷$) و بعد از زایش ($P>۰/۷۰۳$) تغییراتی نشان داد، اما این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبودند. امتیاز وضعیت بدنی پیش و پس از زایش در گروه‌ها نزدیک به یکدیگر بود و هیچ اختلاف آماری مشاهده نشد.

دوره انتقال، که شامل اواخر آبستنی و اوایل شیردهی است، با تقاضای شدید انرژی و در نتیجه، تعادل انرژی منفی مشخص می‌شود (Bouvier-Muller و همکاران، ۲۰۱۶). میش‌ها برای تأمین انرژی مورد نیاز شیردهی، ذخایر چربی بدن خود را بسیج می‌کنند. در این شرایط، وزن بدن و وضعیت بدنی معیارهای هستند که تغییرات متابولیکی را به خوبی منعکس نمی‌کنند (McHugh و همکاران، ۲۰۱۹). حتی زمانی که اسیدهای چرب خاص، مانند اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه، بر تنظیم ژن‌های مرتبط با متابولیسم چربی در بافت چربی تأثیر می‌گذارند(Nickles و همکاران، ۲۰۱۹)، این تغییرات

تنظیمی ممکن است به اندازه‌ای نباشد که تغییرات قابل اندازه‌گیری در وضعیت بدنی یا وزن بدن زنده ایجاد کند (Coleman و همکاران، ۲۰۱۸). Nazary و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی اثرات دانه‌های روغنی سویا و کلزا در میش‌های دوره انتقال نشان دادند که تغییرات روزانه‌ی وزن میش‌ها در دوره‌ی قبل و بعد از زایش تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. گزارش‌شده است که حتی با افزودن چربی به جیره نشخوارکنندگان، اگر جیره‌ها ازنظر انرژی متابولیسمی همسان باشند، وزن بدن و وضعیت بدنی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند (Anderson و همکاران، ۲۰۱۵). این موضوع در مورد میش‌هایی که در وضعیت بدنی مناسبی قرار دارند و به خوبی تغذیه می‌شوند مطابقت دارد (Oqla و همکاران، ۲۰۰٤). درواقع، اثرات منابع مختلف اسیدهای چرب، مانند اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه در مقایسه با اسیدهای چرب اشباع بیشتر بر تنظیم ژن‌های مرتبط با متابولیسم چربی و توزیع چربی در بافت‌های خاص است و تا بر تغییرات قابل اندازه‌گیری در توده کلی بدن چندان تاثیر گذار نیست (Emamat و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۲- اثرات منابع مختلف چربی در جیره غذایی میش‌های دوره انتقال بر وزن بدن و وضعیت بدنی

Table 2. Effects of different fat sources in the diet of transition ewes on body weight, feed intake and body condition

P value	SEM	PSAT	OMGA9	TAL	CAN	CON		
							Body weight (kg)	وزن بدن (کیلوگرم)
0.987	2.98	71.30	71.98	72.41	69.45	70.50	Pre-lambing	قبل از زایش
0.703	1.07	65.87	64.37	64.73	63.63	63.93	Post-lambing	بعد از زایش
0.685	20.28	258.57	362.38	365.71	277.14	312.85	Body weight change (g/day)	تغیرات وزن بدن (گرم در روز)
							Body condition score	وضعیت بدنی
0.788	0.06	3.08	3.09	3.03	3.31	3.12	Pre-lambing	قبل از زایش
0.813	0.05	3.00	2.94	2.96	2.89	2.93	Post-lambing	بعد از زایش

Con=گروه شاهد بدون افزودن چربی، CAN=جیره حاوی ۳ درصد روغن گیاهی (روغن کلزا)، TAL =جیره حاوی ۳ درصد چربی حیوانی (پیه)، OMGA9= جیره حاوی ۳ درصد نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹، و PSAT =جیره حاوی ۳ درصد پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده

Con = control group without added fat, CAN = diet containing 3% vegetable oil (canola oil), TAL = diet containing 3% animal fat (tallow), OMGA9 = diet containing 3% calcium salt of omega-9 fatty acids, and PSAT = diet containing 3% protected saturated fatty acid powder.

مصرف خوراک: اثر منابع مختلف چربی بر مصرف خوراک میش‌های دوره انتقال بررسی شد (جدول ۳). مصرف خوراک پیش از زایش و پس از زایش در تیمارهای آزمایشی (گروه شاهد، پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده، اسیدهای چرب اُمگا-۹، پیه و روغن کلزا) تحت تاثیر معنی دار منبع چربی، زمان یا تعامل منبع چربی × زمان بر مصرف خوراک قرار نگرفت.

افزایش بیش از حد چربی در جیره نشخوارکنندگان می‌تواند به دلیل اثرات منفی بر تخمیر شکمبه‌ای یا مکانیسم‌های سیری، منجر به کاهش مصرف ماده خشک شود (Peixoto و همکاران، ۲۰۱٦). یافته‌های مطالعه حاضر مبنی بر عدم تأثیر معنی‌دار منابع چربی بر مصرف خوراک در دوره‌های قبل و بعد از زایش، با نتایج برخی تحقیقات دیگر در میش‌ها و گاوهای شیری همخوانی دارد (Sinclair و همکاران، ۲۰۱۰؛

Oqla و همکاران، ۲۰۰٤). افـزودن چربـی بـه جیـره نشخوارکنندگان می‌تواند مصرف ماده خشک را کاهش دهد، به‌ویژه اگر سطح چربی بالا باشد یا بـر تخمیـر شکمبه‌ای تأثیر منفـی بگـذارد (Relling و همکـاران، ۲۰۰۷). با این حال، عدم کاهش مصرف خوراک نشان می‌دهد که سـطح چربـی افـزوده شـده در جیـره‌هـا (احتمالاً کمتر از آستانه تحمل شکمبه) بـه انـدازه‌ای نبوده که خوش‌خوراکی را به‌طور معنـی‌داری کـاهش دهد و تقاضای بالای انرژی در میش‌های شیرده، یـک عامل قوی برای حفظ مصرف خوراک در سـطح بـالا است (Alves و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ۳: اثرات منابع مختلف چربی در جیره غذایی میش‌های دوره انتقال بر مصرف خوراک

Table 3. Effects of different fat sources in the diet of transition ewes on feed intake

سطح معنی داری P-value			SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments					
Fat × Time	Time	Fat		PSAT	OMGA9	TAL	CAN	CON	
				Feed intake (kg/day)					مصرف خوراک (کیلوگرم در روز)
0.547	0.654	0.785	0.28	2.19	1.95	2.00	1.87	2.32	قبل از زایش Pre-lambing
0.452	0.254	0.309	0.22	2.99	2.40	2.71	2.83	2.46	بعد از زایش Post-lambing

Con=گروه شاهد بدون افزودن چربی، CAN=جیره حاوی ۳ درصد روغن گیاهی (روغن کلزا)، TAL =جیره حاوی ۳ درصد چربی حیوانی (پیه)، OMGA9= جیره حاوی ۳ درصد نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹، و PSAT =جیره حاوی ۳ درصد پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده

Con = control group without added fat, CAN = diet containing 3% vegetable oil (canola oil), TAL = diet containing 3% animal fat (tallow), OMGA9 = diet containing 3% calcium salt of omega-9 fatty acids, and PSAT = diet containing 3% protected saturated fatty acid powder.

گوارش‌پذیری مواد مغذی: نتایج مزبوط به اثر منـابع مختلف چربی در جیره غذایی میش‌های دوره انتقـال درجدول ٤ نشان داده شده است همانطور که مشاهده می شود گوارش‌پذیری ماده خشـک و پـروتئین خـام تحت تاثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. با این حال، تأثیر منابع چربی بر گوارش‌پذیری عصـاره اتری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). در دوره قبل و بعـد از زایش، تیمار پودر اسید چرب اشـباع محافظـت‌شـده بیشـترین میـزان هضـم را نشـان داد و بعـد از آن تیمارهای حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹ و چربی حیوانی در مراحل دیگر قرار گرفتنـد، در حالی که کمترین میزان هضم مربوط به گـروه شـاهد بود. گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نیز تحت تـأثیر منـابع مختلـف چربـی قـرار گرفـت، به‌طـوری‌کـه اخـتلاف بـین تیمارهـا در هـر دو دوره معنی‌دار بـود (P<۰/۰۵). در ایـن میـان، پـودر اسـید چرب اشباع محافظت‌شده بیشـترین و تیمـار حـاوی چربی حیوانی کمترین میزان هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را نشان داد. در مورد گـوارش‌پـذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی، اختلاف بین تیمارها قبل از زایش معنی‌دار نبـود، امـا پـس از زایـش ایـن اختلاف به سطح معنـی‌داری رسـید (P<۰/۰۵)، بـه‌طوریکه که پودر اسـید چـرب اشـباع محافظـت‌شـده بالاترین و جیره‌های حاوی چربی حیـوانی و روغـن کلزا مقـادیر پـایین‌تـری از هضـم الیـاف نـامحلول در شوینده خنثی را داشتند.

به‌طورکلی در مطالعه حاضر، اسـتفاده از پـودر اسـید چرب اشباع محافظت‌شده سـبب بهبـود معنـی‌دار در گوارش‌پذیری عصـاره اتـری و نیـز بهبـود نسـبی در گوارش‌پذیری ماده خشک و الیاف گردید. این نتـایج با یافته‌های مطالعات قبلـی در خصـوص تـأثیر منـابع مختلـف چربـی بـر گـوارش‌پـذیری مـواد مغـذی در نشـخوارکنندگان هـم‌خـوانی دارد (Bahramkhani-Zaringoli و همکاران، ۲۰۲۲؛ Hussein و همکـاران،

۲۰۲٤). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که چربی‌های گیاهی آزاد مانند روغن سویا و روغن پالم به‌دلیل تأثیر منفی بر فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه، می‌توانند منجر به کاهش هضم ماده خشک و الیاف شوند. در این راستا Bahramkhani-Zaringoli و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که افزودن روغن پالم و روغن سویا به جیره، موجب کاهش هضم ماده خشک و ماده آلی نسبت به گروه شاهد گردید. این موضوع احتمالاً ناشی از اثر مهاری اسیدهای چرب غیراشباع آزاد بر جمعیت باکتری‌های فیبرولیتیک شکمبه است. در مقابل، نتایج حاصل از Hussein و همکاران (۲۰۲٤) نشان داد که استفاده از روغن ذرت، به‌ویژه در مقایسه با منابع چربی دیگر، موجب افزایش هضم ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گردید. تفاوت بین منابع چربی را می‌توان به ترکیب اسیدهای چرب، میزان اشباع و نیز فرم فیزیکی یا فرآیند تهیه چربی نسبت داد. در این زمینه، Gao و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که فرآوری روغن ذرت به شکل نانوامولسیون موجب بهبود گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام نسبت به فرم خام آن شد. Gallardo و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که جیره‌های غذایی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه موجب افزایش گوارش‌پذیری پروتئین خام می‌شوند. همچنین در مطالعه دیگری Alipour و همکاران، ۲۰۲۱ با بررسی منابع چربی محافظت شده در بره های طالشی و زل گزارش دادند که بیشترین گوارش‌پذیری پروتئین خام در تیمار چربی غیراشباع محافظت شده نژاد طالشی و کمترین مقدار در تیمار چربی غیراشباع محافظت شده زل مشاهده شد.

جدول ٤. اثرات منابع مختلف چربی در جیره غذایی میش‌های دوره انتقال بر گوارش‌پذیری مواد مغذی

Table 4. Effects of different fat sources in the diet of transition ewes on digestibility

P value	SEM	PSAT	OMGA9	TAL	CAN	CON		
							Dry matter digestibility	گوارش‌پذیری ماده خشک
0.061	1.48	68.50	67.92	66.50	67.00	64.80	Pre-lambing	قبل از زایش
0.080	2.32	69.89	69.14	67.00	68.54	65.52	Post-lambing	بعد از زایش
							Protein digestibility	گوارش‌پذیری پروتئین
0.230	1.20	65.14	64.00	63.20	63.50	61.92	Pre-lambing	قبل از زایش
0.450	1.63	66.87	66.50	64.52	65.00	63.12	Post-lambing	بعد از زایش
							Ether extract digestibility	گوارش‌پذیری عصاره اتری
0.010	1.23	73.52^{a}	70.31^{ab}	72.00^{ab}	68.10^{b}	57.20^{c}	Pre-lambing	قبل از زایش
0.032	1.87	74.00^{a}	73.80^{ab}	71.29^{b}	69.20^{b}	59.60^{c}	Post-lambing	بعد از زایش
							Acid detergent fiber digestibility	گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
0.043	1.65	54.00^{a}	50.00^{ab}	48.50^{b}	49.00^{b}	53.50^{ab}	Pre-lambing	قبل از زایش
0.050	2.01	55.80^{a}	50.50^{ab}	51.50^{ab}	47.50^{b}	55.70^{a}	Post-lambing	بعد از زایش
							Neutral detergent fiber digestibility	گوارش‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی
0.06	1.87	55.00	52.00	55.50	53.00	55.00	Pre-lambing	قبل از زایش
0.041	1.39	57.87^{a}	53.00^{b}	55.80^{ab}	52.50^{b}	56.50^{ab}	Post-lambing	بعد از زایش

Con=گروه شاهد بدون افزودن چربی، CAN=جیره حاوی ۳ درصد روغن گیاهی (روغن کلزا)، TAL =جیره حاوی ۳ درصد چربی حیوانی (پیه)، OMGA9= جیره حاوی ۳ درصد نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹، و PSAT =جیره حاوی ۳ درصد پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده

$^{a-b}$حروف متفاوت در ردیف ها نشان از معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد

Con = control group without added fat, CAN = diet containing 3% vegetable oil (canola oil), TAL = diet containing 3% animal fat (tallow), OMGA9 = diet containing 3% calcium salt of omega-9 fatty acids, and PSAT = diet containing 3% protected saturated fatty acid powder.

$^{a-b}$Different letters in the rows indicate significance at the 5% level.

آنزیم های کبدی: نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر آنزیم های کبدی میش ها در قبل و بعد زایش در جدول ۵ نشان داده شده است همانطور که مشاهده می شود میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز بین تیمارهای آزمایشی معنی دار نبود؛ اما پس از زایش فعالیت این آنزیم بین تیمارها معنی دار مشاهده شد به طوریکه میش های دریافت کننده جیره حاوی نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹ و پیه بیشترین میزان را نسبت به گروه شاهد داشتند (P<۰/۰۵). آسپارتات آمینو ترانسفراز در دوره قبل از زایش تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت؛ اما بعد از زایش مکمل کردن جیره میش ها با روغن کلزا بیشترین میزان را نسبت به گروه شاهد و اسیدهای چرب اشباع محافظت شده داشت (P<۰/۰۵). فعالیت آلکالین فسفاتاز نیز تحت تأثیر منابع مختلف چربی قرار گرفت، به‌طوری‌که در هر دو دوره قبل و بعد از زایش اختلاف بین تیمارها معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). پیش از زایش، بالاترین فعالیت آلکالین فسفاتاز در تیمارهای حاوی اُمگا-۹ و روغن کلزا و پایین‌ترین مقدار در گروه شاهد مشاهده شد. پس از زایش نیز روند مشابهی ادامه یافت، با این تفاوت که تیمار چربی حیوانی بیشترین فعالیت آنزیمی را نشان داد.

به طور کلی، پیش از زایش، منابع مختلف چربی تأثیر معنی داری بر آنزیم‌های کبدی نداشتند؛ اما پس از زایش، نوع چربی جیره موجب تغییر معنی دار در فعالیت آلانین‌آمینوترانسفراز، آسپارتات‌آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز شد. گزارش شده است که افزودن چربی به جیره گوسفندان تاثیر معنی‌داری در فعالیت آنزیم‌های کبدی از جمله آنزیم‌های آلانین-آمینوترانسفراز و آسپارتات‌آمینوترانسفراز ایجاد نکرده است (Motlagh، ۲۰۱۶). بااین‌حال، در مطالعه‌ای نشان دادند که ترکیب خاصی از چربی‌ها، به‌ویژه جیره‌های با چربی اشباع بالا و کربوهیدرات پایین، می‌تواند سبب افزایش قابل‌توجه در فعالیت آنزیم‌های کبدی شود (Aljahdali و همکاران، ۲۰۲۳).

تغذیه غذایی پرچرب به‌ویژه غنی از اسیدهای چرب اشباع و ترانسبا افزایش معنی‌دار آنزیم‌های کبدی سرم از جمله آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز همراه است که نشان‌دهنده آسیب سلول‌های کبدی می‌باشد (Machado و همکاران، ۲۰۱۰؛ Rosqvist و همکاران، ۲۰۱۹). این افزایش آنزیم‌ها اغلب با تجمع تری‌گلیسرید در هپاتوسیت‌ها، استرس اکسیداتیو، التهاب و پیشرفت از استئاتوز ساده به استئاتوهپاتیت غیرالکلی (NASH) مرتبط است (Mercado-López و همکاران، ۲۰۲۵). علاوه بر این، مطالعات نشان داده‌اند که تداوم مصرف چربی‌های اشباع می‌تواند حساسیت به انسولین را کاهش داده، لیپولیز بافت چربی را افزایش دهد و ورود اسیدهای چرب آزاد به کبد را تشدید کند که در نهایت چرخه معیوب تجمع چربی و آسیب کبدی را تقویت می‌کند (Raubenheimer و همکاران، ۲۰۰۶؛ Rosqvist و همکاران، ۲۰۱۹). در مقابل افزودن چربی غیر اشباع به جیره می‌تواند منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌های لیپوژنز در بافت‌های کبدی و چربی شود، زیرا در این حالت کبد به‌جای سنتز داخلی اسیدهای چرب، به پردازش چربی‌های دریافتی از جیره می‌پردازد (El-Nour و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۵: اثرات منابع مختلف چربی در جیره غذایی میش‌های دوره انتقال بر آنزیم های کبدی

Table 5. Effects of different fat sources in the diet of transition ewes on liver enzymes

P value	SEM	PSAT	OMGA9	TAL	CAN	CON	
							آلانین آمینوترانسفراز Alanine Aminotransferase
0.061	1.98	18.78	22.50	20.80	23.01	19.10	قبل از زایش Pre-lambing
0.011	2.65	30.80^{ab}	34.00^{a}	35.20^{a}	32.50^{ab}	27.30^{b}	بعد از زایش Post-lambing
							آسپارتات آمینو ترانسفراز Aspartate Aminotransferase
0.123	3.89	80.20	85.00	83.00	84.50	79.00	قبل از زایش Pre-lambing
0.048	3.45	99.84^{b}	106.65^{ab}	103.10^{ab}	111.52^{a}	98.47^{b}	بعد از زایش Post-lambing
							آلکالین فسفاتاز Alkaline Phosphatase
0.050	1.89	72.51^{b}	79.21^{a}	75.12^{ab}	78.00^{a}	68.60^{b}	قبل از زایش Pre-lambing
0.045	2.45	85.50^{ab}	88.12^{ab}	98.00^{a}	86.0^{ab}	79.50^{b}	بعد از زایش Post-lambing

Con=گروه شاهد بدون افزودن چربی، CAN=جیره حاوی ۳ درصد روغن گیاهی (روغن کلزا)، TAL =جیره حاوی ۳ درصد چربی حیوانی (پیه)، OMGA9= جیره حاوی ۳ درصد نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹، و PSAT =جیره حاوی ۳ درصد پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده

$^{a-b}$حروف متفاوت در ردیف ها نشان از معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد

Con = control group without added fat, CAN = diet containing 3% vegetable oil (canola oil), TAL = diet containing 3% animal fat (tallow), OMGA9 = diet containing 3% calcium salt of omega-9 fatty acids, and PSAT = diet containing 3% protected saturated fatty acid powder.

$^{a-b}$Different letters in the rows indicate significance at the 5% level.

فراسنجه‌های خونی بره های متولدشده: نتایج ارزیابی اثر منابع مختلف چربی در جیره غذایی میش‌های دوره انتقال بر فراسنجه‌های خونی بره‌های متولدشده از آنها نشان داد که نوع چربی مصرفی در دوره آبستنی تأثیر قابل‌توجهی بر برخی فراسنجه‌های بره‌ها دارد (جدول ٦). نتایج نشان داد غلظت گلوکز خون بره‌ها در هر دو زمان نمونه‌گیری (روز زایش و ۷ روز پس از تولد) تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای قرار گرفت (P<۰/۰۵). به طوریکه بره‌های متولدشده از میش‌هایی که جیره آن‌ها حاوی اسیدهای چرب اُمگا-۹ یا چربی اشباع محافظت‌شده بود، دارای غلظت بالاتری از گلوکز پلاسما نسبت به گروه شاهد بودند. غلظت کلسترول پلاسما نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر منابع چربی قرار گرفت (P<۰/۰۵). بیشترین مقادیر مربوط به تیمارهای حاوی امگا-۹ و کمترین مقدار در گروه شاهد مشاهده شدد. بره‌های حاصل از میش‌های دریافت‌کننده چربی‌های غیراشباع تمایل به مقادیر بالاتر تری‌گلیسرید داشتند. غلظت پروتئین کل پلاسما در بره‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع چربی قرار گرفت (P<۰/۰۵)، به‌طوری‌که تیمارهای حاوی امگا-۹ و چربی اشباع محافظت‌شده موجب افزایش این شاخص نسبت به گروه شاهد شدند. با این حال، غلظت آلبومین پلاسما بین تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد(P<۰/۰۵)، هرچند تمایل به افزایش در تیمارهای حاوی اسیدهای چرب غیراشباع مشاهده گردید. ازنظر شاخص‌های ایمنی،

غلظت ایمونوگلوبولین G در پلاسما به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای قرار گرفت به طوریکه بره‌های متولدشده از میش‌هایی که در جیره خود منابع اُمگا-۹ یا چربی اشباع محافظت‌شده دریافت کرده بودند، بالاترین مقادیر ایمونوگلوبولین G را نشان دادند، درحالی‌که کمترین مقدار مربوط به گروه شاهد بود ($P<0/05$).

منابع مختلف چربی بر مسیرهای متابولیسم کلسترول در کبد اثرگذار هستند. افزایش کلسترول سرمی مشاهده‌شده در برخی تیمارهای حاوی چربی احتمالاً ناشی از افزایش ترشح کلسترول به شکل لیپوپروتئین از روده و متعاقباً افزایش بار متابولیکی بر سیستم‌های آنزیمی کبد درگیر در انتقال و تبدیل کلسترول است (El-Nour و همکاران، ۲۰۱۲). چربی‌های مکمل، به ویژه منابعی مانند امگا-۹ و گروه‌های اسیدهای اشباع محافظت‌شده، ممکن است دسترسی به انرژی را برای میش در دوره انتقال افزایش دهند. این شرایط می‌تواند منجر به انتقال بهتر مواد مغذی به جنین و در نتیجه ذخایر انرژی بالاتر در بره هنگام تولد شود. Nickles و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که ارتباط مثبتی میان غلظت گلوکز پلاسما در بره‌های متولدشده از میش‌های دریافت کننده اسیدهای چرب غیراشباع وجود دارد. با این حال، تغییرات گزارش‌شده در غلظت گلوکز پلاسما با افزایش در مصرف خوراک همراه نبود. از سوی دیگر، Carranza-Martin و همکاران (۲۰۱۸) اختلاف معنی‌داری در غلظت گلوکز پلاسما در نتاج گزارش نکردند؛ زیرا در آن مطالعه مقدار PUFA مصرفی در جیره مادر (۰/۳۹ درصد از ماده خشک) کمتر از مقدار مطالعه مقایسه‌ای بود.

در مطالعه حاضر افزایش غلظت کلسترول و تری‌گلیسرید در بره‌های گروه‌های امگا-۹ و چربی اشباع محافظت‌شده نسبت به گروه کنترل، نشان‌دهنده بهبود وضعیت انرژی و متابولیکی بره‌های متولدشده است. گزارش‌شده است که مکمل کردن اسیدهای چرب در اواخر آبستنی می‌تواند بر رشد، حساسیت به انسولین و متابولیسم انرژی در بره‌ها تأثیر بگذارد (Rosa-Velázquez و همکاران، ۲۰۲۱). گزارش‌شده است که بره‌های حاصل از مادران تیمارشده با چربی دارای غلظت بالاتری از کلسترول سرم، تری‌گلیسیرید، LDL و HDL نسبت به گروه شاهد بودند (Younis و همکاران، ۲۰۱۲). غلظت بالاتر کلسترول و تری‌گلیسرید در گروه امگا-۹ ممکن است ناشی از تغییر در پروفایل اسیدهای چرب کلستروم و شیر باشد که بر جذب و متابولیسم لیپیدها در بره تأثیر می‌گذارد (Bokharaeian و همکاران، ۲۰۲۵). از آنجایی که بره‌ها برای تأمین انرژی اولیه خود به‌شدت به لیپیدها وابسته هستند، افزایش این پارامترها می‌تواند نشان‌دهنده آمادگی متابولیکی بهتر برای بقا باشد.

در مطالعه حاضر، افزایش معنی‌دار غلظت ایمونوگلوبولین G و پروتئین کل در بره‌های گروه‌های اسیدهای اشباع محافظت‌شده و امگا-۹ مشاهده شد. ایمینوگلوبولین G جزء اصلی ایمنی غیرفعال است که از طریق کلستروم مادر به بره منتقل می‌شود و برای بقای نوزاد حیاتی است. مطالعات تأیید می‌کنند که تغذیه مادر در اواخر آبستنی می‌تواند ترکیب کلستروم، به ویژه غلظت ایمونوگلوبولین G را تغییر دهد (Wang و همکاران، ۲۰۲۰؛ Viola و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین گزارش‌شده است استفاده از مکمل چربی، از جمله اسیدهای چرب، می‌تواند کیفیت کلستروم را بهبود بخشد و در نتیجه انتقال ایمنی غیرفعال به بره را تقویت کند (Asadi و همکاران، ۲۰۲۴). برخی مطالعات نشان دادند که تغذیه میش‌ها با DHA و EPA تأثیر معنی‌داری بر غلظت ایمونوگلوبولین G پلاسما در بره‌ها نداشت (Nurlatifah و همکاران، ۲۰۲۳؛ Moreno-Indias و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ٦. اثرات منابع مختلف چربی در جیره غذایی میش‌های دوره انتقال اثراتش بر فراسنجه‌های خونی بره‌های متولدشده

Table 6. Effects of different fat sources in the diet of transition ewes on their effects on blood parameters of born lambs

	CON	CAN	TAL	OMGA9	PSAT	SEM	P value
گلوکز (میلی‌گرم در دسی لیتر) Glucose (mg/dL)							
روز زایش	65^{b}	70^{ab}	68^{b}	72^{a}	70^{ab}	1.8	0.042
۷ روز بعد از تولد	70^{b}	75^{ab}	74^{ab}	78^{a}	76^{a}	2.1	0.030
کلسترول (میلی‌گرم در دسی لیتر) Cholesterol (mg/dL)							
روز زایش	75^{c}	90^{ab}	85^{b}	95^{a}	90^{ab}	3.2	0.014
۷ روز بعد از تولد	80^{c}	95^{ab}	88^{b}	110^{a}	95^{ab}	3.6	0.025
تری گلیسیرید (میلی‌گرم در دسی لیتر) Triglyceride (mg/dL)							
روز زایش	35^{b}	39^{b}	38^{b}	40^{ab}	41^{a}	1.5	0.050
۷ روز بعد از تولد	40^{b}	43^{ab}	42^{ab}	45^{a}	44^{a}	1.6	0.042
پروتئین کل (گرم در دسی لیتر) Total Protein (g/dL)							
روز زایش	5.20^{c}	5.50^{b}	5.30^{bc}	5.80^{a}	5.70^{ab}	0.12	0.021
۷ روز بعد از تولد	5.50^{c}	5.90^{ab}	5.60^{bc}	6.00^{a}	6.10^{a}	0.13	0.010
آلبومین (گرم در دسی لیتر) Albumin (g/dL)							
روز زایش	3.12	3.15	2.90	3.20	3.01	0.07	0.092
۷ روز بعد از تولد	3.20	3.30	3.00	3.50	3.40	0.08	0.127
ایمینوگلوبولین G (میلی‌گرم در میلی لیتر) Immunoglobulin G (mg/mL)							
روز زایش	18.12^{c}	20.23^{b}	19.65^{bc}	22.85^{a}	23.46^{a}	0.99	0.011
۷ روز بعد از تولد	15.36^{c}	18.65^{bc}	17.45^{b}	20.58^{a}	21.78^{a}	0.88	0.010

Con=گروه شاهد بدون افزودن چربی، CAN=جیره حاوی ۳ درصد روغن گیاهی (روغن کلزا)، TAL =جیره حاوی ۳ درصد چربی حیوانی (پیه)، OMGA9= جیره حاوی ۳ درصد نمک کلسیمی اسیدهای چرب اُمگا-۹، و PSAT =جیره حاوی ۳ درصد پودر اسید چرب اشباع محافظت‌شده

$^{a-b}$حروف متفاوت در ردیف ها نشان از معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد

Con = control group without added fat, CAN = diet containing 3% vegetable oil (canola oil), TAL = diet containing 3% animal fat (tallow), OMGA9 = diet containing 3% calcium salt of omega-9 fatty acids, and PSAT = diet containing 3% protected saturated fatty acid powder.

$^{a-b}$Different letters in the rows indicate significance at the 5% level.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد پودر چربی اشباع محافظت‌شده گوارش‌پذیری عصاره اتری، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی را نسبت به روغن کلزا و گروه شاهد افزایش داد و فعالیت آنزیم‌های کبدی در میش‌های دریافت کننده روغن کلزا و چربی حیوانی پس از زایش افزایش یافت، در حالی‌که در گروه‌های دریافت‌کننده چربی اشباع محافظت‌شده و اسیدهای چرب امگا-۹ در محدوده طبیعی باقی ماند. بره‌های حاصل از میش‌های دریافت‌کننده چربی اشباع محافظت‌شده و امگا-۹ غلظت بالاتری از گلوکز، کلسترول، پروتئین کل و ایمونوگلوبولین G نسبت به گروه شاهد نشان دادند، در حالی‌که تفاوت معنی‌داری

با سایر منابع چربی مشاهده نشد. بر اساس این نتایج، استفاده از چربی اشباع محافظت شده و اسیدهای چرب امگا-۹ در جیره میش‌های دوره انتقالی می‌تواند به بهبود گوارش‌پذیری مواد مغذی و وضعیت متابولیکی کمک کند.

منابع

Alipour, H., Pirmohammadi, R., Khalilvandi Behrouzyar, H., & Ghorbani, A. (2022). The effect of high-energy diets rich in carbohydrates or protected fat sources on performance, digestibility, expression of TNF-α gene and some blood metabolite in male lambs of Taleshi and Zel breeds, *Journal of Ruminant Research*, 10(1): 83-102 (In Persian).

Aljahdali, B., Bajaber, A., Al-Nouri, D., Al-Khalifah, A., Arzoo, S., & Alasmari, A. (2023). The development of nonalcoholic fatty liver disease and metabolic syndromes in diet-induced rodent models. *Life (Basel)*, 13(2), 557.

Alves, N. G., Ascari, I. J., Alves, A. C., Lima, R. R., Garcia, I. F. F., Pérez, J., Junqueira, F. B., Fernandes, V. P., Vieira, J. A., Maciel, L., Fonseca, J., Aziani, W. L. B., Castro, T., & Neppe, L. M. (2013). 21 different suckling regimens and return to postpartum cyclic ovarian activity in Santa Inês ewes. Reproduction, *Fertility and Development*, 25(1), 157-158.

Anderson, J. L., Kalscheur, K. F., García, A. D., & Schingoethe, D. J. (2015). Feeding fat from distillers dried grains with solubles to dairy heifers: I. Effects on growth performance and total-tract digestibility of nutrients. *Journal of Dairy Science*, 98(1): 569-577.

Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2024). The effect of maternal organic manganese supplementation on performance, immunological status, blood biochemical and antioxidant status of Afshari ewes and their newborn lambs in transition period. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 108(2): 493-499.

Bahramkhani-Zaringoli, L., Mirzaei-Alamouti, H., Aschenbach, J., Vazirigohar, M., Patra, A., Jafari-Anarkooli, I., & et al. (2022). Effects of oil supplements on growth performance, eating behavior, ruminal fermentation, and ruminal morphology in lambs during transition from a low- to a high-grain diet. *Animals*, 12(15): 1906.

Beck, M. R., & Gregorini, P. (2021). Negative effects of energy supplementation at peak lactation: Oxidative stress of lactating ewes. *Journal of Dairy Science*, 104(3): 3100-3110.

Behan, A. A., Loh, T. C., Fakurazi, S., Kaka, U., Kaka, A., & Samsudin, A. A. (2019). Effects of supplementation of rumen protected fats on rumen ecology and digestibility of nutrients in sheep. *Animals*, 9(7): 400.

Bokharaeian, M., Kaki, B., Najafi, M., Toghdory, A., & Ghoorchi, T. (2025). Effects of maternal curcumin nano-micelle supplementation on transitioning ewes and their offspring: Performance, health biomarkers, and environmental impacts during heat stress. *Journal of Thermal Biology*, 127: 104047.

Bouvier-Muller, J., Allain, C., Enjalbert, F., Tabouret, G., Porteš, D., Caubet, C., Tasca, C., Foucras, G., & Rupp, R. (2016). Response to dietary-induced energy restriction in dairy sheep divergently selected for resistance or susceptibility to mastitis. *Journal of Dairy Science*, 99(12): 10086-10097.

Carranza-Martin, A. C., Coleman, D. N., Garcia, L. G., Furnus, C. C., & Relling, A. E. (2018). Prepartum fatty acid supplementation in sheep. III. Effect of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid during finishing on performance, hypothalamus gene expression, and muscle fatty acids composition in lambs. *Journal of Animal Science*, 96: 5300-5310.

Coleman, D. N., Rivera-Acevedo, K. C., & Relling, A. E. (2018). Prepartum fatty acid supplementation in sheep I. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid supplementation do not modify ewe and lamb metabolic status and performance through weaning. Journal of Animal Science, 96(6), 2225-2237.

El-Nour, H., Nasr, S., & Hassan, W. R. (2012). Effect of calcium soap of fatty acids supplementation on serum biochemical parameters and ovarian activity during out-of-the-breeding season in crossbred ewes. *The Scientific World Journal*, 2012: 519015.

Emamat, H., Yari, Z., Farhadnejad, H., & Mirmiran, P. (2020). Differential effects of dietary fatty acids on body composition and adiposity. *Current Nutrition & Food Science*, 16(2): 125-135.

Gallardo, W. B., & Teixeira, I. (2023). Associations between dietary fatty acid profile and milk fat production and fatty acid composition in dairy cows: A meta-analysis. *Animals*, 13(4): 583.

Gao, M., Li, R., Khattab, M., Abd El Tawab, A. M., Liu, Y., & El-Sherbiny, M. (2025). Nanoemulsified corn oil in lactating Barki nutrition: Effect on intake, nutrient digestibility, rumen fermentation characteristics, and microbial population. *Animals*, 15(4): 512.

Ghahramani, M., Taghizadeh, A., Hossein khani, A., Mirzaei alamouti, H., moghaddam, G., paya, H. (2019). The effects of different fat sources during late pregnancy and early lactation on apparent digestibility, rumen parameters, and milk fatty acid pattern of Afshari ewes. *Iranian Journal of Animal Science Research,* 11(4): 437-449 (In Persian).

Ghoniem, A., & Atia, S. E. S. (2020). Effect of addition protected fatty acids in ruminant rations on productive performance of Suffolk x Ossimi crossbred ewes during different production stages. *Egyptian Journal of Nutrition and Feed*, 23*:* 369-383

Hervás, G., Toral, P. G., Fernández-Díez, C., Della Badia, A., & Frutos, P. (2021). Effect of dietary supplementation with lipids of different unsaturation degree on feed efficiency and milk fatty acid profile in dairy sheep. *Animals*, 11(8): 2476.

Hussein, S. M., Aguerre, M. J., Jenkins, T. C., Bridges, W. C., & Lascano, G. (2024). Screening dietary fat sources and concentrations included in low- and high-forage diets using an in vitro gas production system. Fermentation, 10(3), 172.

Ibrahim, N. A., Alimon, A. R., Yaakub, H., Samsudin, A. A., Wan Mohamed, W. N., Md Noh, A., & Mookiah, S. (2021). Effects of vegetable oil supplementation on rumen fermentation and microbial population in ruminant: A review. Tropical Animal Health and Production, 53(4), 422.

Lisuzzo, A., Laghi, L., Fiore, F., et al. (2022). Evaluation of the metabolomic profile through ^{1}H-NMR spectroscopy in ewes affected by postpartum hyperketonemia. *Scientific Reports*, 12: 16463.

Mercado-López, L., Muñoz, Y., Farías, C., Beyer, M. P., Carrasco-Gutiérrez, R., Caicedo-Paz, A. V., Dagnino-Subiabre, A., Espinosa, A., & Valenzuela, R. (2025). High-fat diet in perinatal period promotes liver steatosis and low desaturation capacity of polyunsaturated fatty acids in dams: A link with anxiety-like behavior in rats. *Nutrients*, *17*(7):1180.

Moreno-Indias, I., Hernández-Castellano, L. E., Morales-delaNuez, A., Sánchez-Macías, D., Argüello, A., & Castro, N. (2020). Milk replacer supplementation with docosahexaenoic acid from microalgae does not affect growth and immune status in goat kids. *Animals*, 10(7): 1233.

Motlagh, M. K. (2016). The effect of different sources of omega-3 and omega-6 fatty acids and L-carnitine on reproductive parameters and some blood metabolites in Farahani ewe during flushing period. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 4(2): 35-42.

Nazary, M., Alijoo, Y. A., Khalilvandi behroozyar, H., & Asadnejad, B. (2021) Nutritional effects of ground cannula and soybean as a fat supplement on performance of Ghezel ewes during the transition period. *Journal of Ruminant Research*, 9(2): 137-152 (In Persian).

Nickles, K. R., Hamer, L., Coleman, D. N., & Relling, A. E. (2019). Supplementation with eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in late gestation in ewes changes adipose tissue gene expression in the ewe and growth and plasma concentration of ghrelin in the offspring. *Journal of Animal Science*, 97:2631-2643.

Nurlatifah, A., Khotijah, L., Arifiantini, R. I., Maidin, M. S., Astuti, D. A., & Herdis, H. (2023). Immunity and behaviour of lambs born from ewes fed a flushing diet containing EPA and DHA. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner,* 28(3): 161-172.

Oqla, H. M., Kridli, R., & Haddad, S. G. (2004). The effect of dietary fat inclusion on nutrient intake and reproductive performance in postpartum Awassi ewes. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,* 17(10):1395-1400.

Peixoto, E. L. T., Mizubuti, I. Y., Ribeiro, E. L. D. A., Moura, E. dos S., Pereira, E., Prado, O. P. P. do, Carvalho, L. N. de, & Pires, K. A. (2016). Residual frying oil in the diets of sheep: Intake, digestibility, nitrogen balance and ruminal parameters. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(6): 821-829.

Raubenheimer, P. J., Nyirenda, M. J., & Walker, B. R. (2006). A choline-deficient diet exacerbates fatty liver but attenuates insulin resistance and glucose intolerance in mice fed a high-fat diet. *Diabetes*, *55*(7): 2015–2020.

Relling, A. E., & Reynolds, C. K. (2007). Feeding rumen-inert fats differing in their degree of saturation decreases intake and increases plasma concentrations of gut peptides in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(3):1506-1515.

Rosa-Velazquez, M., Jaborek, J. R., Pinos-Rodriguez, J. M., & Relling, A. E. (2021). Maternal supply of fatty acids during late gestation on offspring's growth, metabolism, and carcass characteristics in sheep. *Animals*, 11: 719.

Rosqvist, F., Kullberg, J., Ståhlman, M., Cedernaes, J., Heurling, K., Johansson, H.-E., Iggman, D., Wilking, H., Larsson, A., Eriksson, O., Johansson, L., Straniero, S., Rudling, M., Antoni, G., Lubberink, M., Orho-Melander, M., Borén, J., Ahlström, H., & Risérus, U. (2019). Overeating saturated fat promotes fatty liver and ceramides compared with polyunsaturated fat: A randomized trial. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *104*(12): 6207–6219.

Seifzadeh, S., Seifdavati, J., Abdi-Benemar, H., Salem, A. Z. M., Seyed Sharifi, R., & Elghandour, M. M. M. Y. (2022). Dietary vitamin C in pre-parturient dairy cows and their calves: Blood metabolites, copper, zinc, iron, and vitamin C concentrations, and calves growth performance. *Tropical Animal Health and Production*, *54*(1), 54.

Sinclair, L. A., Weerasinghe, P. B., Wilkinson, R. G., de Veth, M. J., & Bauman, D. E. (2010). A supplement containing trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid reduces milk fat yield but does not alter organ weight or body fat deposition in lactating ewes. *The Journal of Nutrition*, 140(11): 1934-1940.

Sudarman, A., Ananda, A., Pangestu, R., & Khotijah, L. (2023). The effect of different energy sources on the performance and blood metabolites of sheep. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 1183(1): 012027.

Uluısık, D., & Keskin, E. (2018). Hepatoprotective effects of ginseng in rats fed cholesterol rich diet. *Acta Scientiae Veterinariae*, *46*: 80887.

Van Keulen, J., & Young, B. A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44: 282–287.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74, 3583–3592.

Zhao, J., Zheng, H., Liu, Y., Lin, J., Zhong, X.-Y., Xu, W., Hong, Z., & Peng, J. (2013). [Erratum] Anti-inflammatory effects of total alkaloids from *Rubus aleaefolius* Poir. on non-alcoholic fatty liver disease through regulation of the NF-κB pathway. *International Journal of Molecular Medicine*, *31*(4): 931.