

اثر تغذیه اسیدهای چرب پالمیتیک و استتاریک بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی بره‌های پرواری

حسین بانی^۱، تقی قورچی^{۲*} و عبدالحکیم توغدوری^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۲)

چکیده

به منظور بررسی تاثیر جایگزینی بخشی از دانه غلات با سطوح مختلف دو اسید چرب اشباع پالمیتیک و استتاریک، بر عملکرد بره‌های پرواری، از ۳۰ راس بره نر آمیخته دالاق-رومانوف به مدت ۸۹ روز استفاده شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از ۱- جیره شاهد بدون مکمل اسید چرب ۲- جیره پایه با ۳ درصد اسید پالمیتیک، ۳- جیره پایه با ۳ درصد اسید استتاریک، ۴- جیره پایه با ۳ درصد مخلوط ۶۷ درصد اسید پالمیتیک و ۳۳ درصد اسید استتاریک و ۵- جیره پایه با ۳ درصد مخلوط ۶۷ درصد اسید استتاریک و ۳۳ درصد اسید پالمیتیک. عملکرد رشد (شامل ماده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی)، قابلیت هضم مواد مغذی و غلظت فراسنجه‌های خونی (شامل گلوکز، نیتروژن اوره‌ای خون (BUN)، کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)، لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) و آنزیم‌های کبدی) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر ماده خشک مصرفی، ضریب تبدیل غذایی و افزایش وزن روزانه بره‌ها نداشت ($P>0.05$). افزودن مکمل اسید چرب به جیره‌های آزمایشی کاهش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک را در پی داشت ($P<0.05$). غلظت لیپوپروتئین با دانسیته بالا در جیره‌های حاوی مکمل اسید چرب افزایش معنی‌داری پیدا کرد ($P<0.05$). به‌طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که افزودن اسید پالمیتیک و استتاریک تا سطح ۳ درصد ماده خشک جیره به صورت جداگانه و یا مخلوط با هم، هیچ‌گونه تاثیر معنی‌داری بر عملکرد بره‌های پرواری ندارد.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، بره پرواری، فراسنجه‌های خونی، قابلیت هضم مواد مغذی.

Effects of feeding palmitic and stearic fatty acids on growth performance, nutrient digestibility and blood parameters of fattening lambs

Hossein Baei¹, Taghi Ghoorchi^{2*} and Abdolkhaim Toghdy³

1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Professor and Assistant Professor, Department of Animal & Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran
(Received: Aug. 16, 2021 - Accepted: Sep. 13, 2021)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of partial replacement of cereal grains with different levels of calcium salted of palmitic and stearic saturated fatty acids on the performance of fattening lambs, 30 male Dalagh-Romanov lambs were used for 89 days. Experimental treatments included: 1- control diet (without fatty acid), 2- diet with 3 % palmitic acid (PA), 3- diet with 3% stearic acid (SA), 4- diet with 3 % (67% PA+ 33% SA), 5- diet with 3 % (67% SA+ 33% PA). Growth performance (dry matter intake, average daily gain and feed conversion ratio), nutrient digestibility and blood parameters (glucose, blood urea nitrogen, cholesterol, triglyceride, high-density lipoprotein (HDL), low-density lipoprotein (LDL) and liver enzymes) were measured. The results showed that experimental treatments had no significant effect on dry matter intake, feed conversion ratio and daily weight gain of lambs ($P>0.05$). Addition of fatty acid supplement to experimental diets significantly reduced dry matter digestibility ($P<0.05$). The concentration of high-density lipoprotein in diets containing fatty acid supplementation increased significantly ($P<0.05$). In conclusion, the results suggest that adding 3% (on the ration dry matter basis) PA and SA as alone or combine together in the diet for fattening lambs could be done without negative effects.

Keywords: Blood metabolites, Fatty acid, Fattening lamb, Nutrient digestibility.

* Corresponding author E-mail: ghoorchi@yahoo.com

مقدمه

انرژی همیشه چالش اصلی تغذیه برای افزایش بهره‌وری نشخوارکنندگان است. به‌همین دلیل، دامداران و متخصصان تغذیه، استفاده از اقلام خوراک پر انرژی از قبیل چربی‌های کم‌اثر بر فعالیت شکمبه را در جیره دام‌ها، افزایش داده‌اند (Loften *et al.*, 2014). اگرچه احتیاجات اختصاصی برای چربی برآورد نشده است (NRC, 2001)، اما بسیاری از محققین به‌دلیل نقش مهم تغذیه‌ای آن‌ها، پیشنهاد کرده‌اند که چربی‌ها می‌توانند ۱۵ تا ۲۵ درصد از انرژی قابل متابولیسم کل جیره را، به‌ویژه در جیره گاوهای پرتولید تامین کنند (Palmquist & Jenkins., 1980). منابع چربی رایج جیره‌ها، شامل دانه‌های روغنی مانند پنبه دانه و سویای تف داده‌شده، چربی حیوانی مانند پیه و نمک کلسیمی اسیدهای چرب انواع روغن می‌باشند. علاوه بر این، مکمل‌های چربی تجاری غنی از اسیدهای چرب اشباع (به‌طور عمده اسید پالمیتیک و اسید استئاریک) قابل دسترس می‌باشند.

نتایج حاصل از بررسی اثر استفاده از اسید چرب بر عملکرد بره‌های پرواری متناقض گزارش شده است. در مطالعه‌ای تغذیه بره‌های فراهانی با نمک کلسیمی اسید چرب‌های موجود در روغن کتان باعث بهبود افزایش وزن از شیرگیری بره‌ها شد (Kandi *et al.*, 2020). در دو پژوهش، استفاده از چربی‌های محافظت‌شده (Haddad & Younis, 2004) و نمک کلسیمی چربی (Salinas *et al.*, 2005) اثر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک و افزایش وزن بره‌های نر نداشت. در پژوهشی محققین جایگزینی منابع کربوهیدرات (ذرت) با نمک کلسیمی اسیدهای چرب در سطوح مختلف را بررسی و گزارش کردند، که اضافه کردن مکمل چربی تا ۷ درصد ماده خشک اثر منفی معنی‌داری بر عملکرد بره‌ها نداشت (Seabrook *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای با بررسی جایگزین کردن دانه ذرت و سیوس گندم با کیک پالم گزارش شد با افزایش مقدار کیک پالم، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در نتیجه افزایش فیبر نامحلول در شوینده خنثی کاهش پیدا کرد (Freitas *et al.*, 2017). بره‌های نژاد آواسی تغذیه شده با سطوح مختلف چربی‌های محافظت‌شده، قابلیت هضم ماده خشک و

مواد مغذی بالاتری نسبت به گروه شاهد داشتند (Haddad & Younis., 2004). محققین دیگری اشاره کردند که استفاده از اسیدهای چرب، اثر منفی بر قابلیت هضم NDF نگذاشت (Salinas *et al.*, 2005). تغذیه بره‌های فراهانی با نمک کلسیمی اسید چرب‌های موجود در روغن کتان منجر به افزایش غلظت گلوکز، HDL و هورمون انسولین در خون شد (Kandi *et al.*, 2020). محققین دیگری جایگزینی منابع کربوهیدرات (ذرت) با نمک کلسیمی اسیدهای چرب در ۴ سطح جیره بررسی و گزارش کردند بره‌های دریافت‌کننده بالاترین درصد مکمل چربی غلظت گلوکز پایین‌تری نسبت به گروه شاهد داشتند ولی غلظت انسولین و نسبت انسولین به گلوکز در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (Seabrook *et al.*, 2011). هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر جایگزینی بخشی از دانه غلات با اسیدهای چرب اشباع و بررسی تاثیر آن بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی و به‌طور کلی روند افزایش وزن در بره‌های پرواری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۹، در واحد دامداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. پیش از ورود بره‌ها، جایگاه و باکس‌ها با آب شستشو و سپس با استفاده از سم سپیرمترین ۱۰ درصد سمپاشی و ضدعفونی شد. جیره‌های آزمایشی براساس جداول حداقل احتیاجات استاندارد غذایی نشخوارکنندگان کوچک (NRC, 2007) و با نسبت ۲۰ به ۸۰ علوفه به کنسانتره تنظیم شدند و به صورت کاملاً مخلوط در اختیار دام‌ها قرار گرفتند. تیمارها شامل تیمار ۱- جیره شاهد بدون مکمل چربی، تیمار ۲- جیره پایه+ ۳ درصد اسید پالمیتیک (برحسب ماده خشک)، تیمار ۳- جیره پایه+ ۳ درصد اسید استئاریک، تیمار ۴- جیره پایه+ ۳ درصد مخلوط (۶۷ و ۳۳ درصد) به ترتیب اسید پالمیتیک و اسید استئاریک و تیمار ۵- جیره پایه+ ۳ درصد مخلوط (۶۷ و ۳۳ درصد) به ترتیب اسید استئاریک و اسید پالمیتیک بود. طول دوره پرورش ۸۹ روز (شامل ۱۴ روز دوره عادت‌پذیری و ۷۵ روز دوره

شدند. به منظور افزایش دقت آزمایش، وزن اولیه دام‌ها به عنوان متغیر کمکی (covariate) برای آنالیز وزن نهایی و میانگین افزایش وزن روزانه، در نظر گرفته شد. مدل استفاده شده برای تجزیه اثر این متغیرها به شرح زیر می باشد:

$$y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_{ij} + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

که در این مدل y_{ij} مشاهده مربوط به i امین بره (تکرار) از i امین تیمار، β_0 عرض از مبدا، β_1 ضریب رگرسیون، x_{ij} متغیر مستقل پیوسته با میانگین μ_x (متغیر کمکی)، τ_i اثر ثابت تیمار i و ε_{ij} اثر خطای آزمایشی است. سایر داده‌ها با استفاده از مدل زیر آنالیز شدند:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

که در آن y_{ij} مشاهده مربوط به بره مربوط به i امین تیمار، μ میانگین جامعه برای صفت مورد نظر، T_i اثر تیمار و ε_{ij} اثر خطای آزمایشی می باشد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۳، در این تحقیق افزودن مکمل اسید چرب هیچگونه اثر معنی‌داری بر وزن نهایی و افزایش وزن روزانه بره‌های پرواری نداشت ($P > 0.05$).

این نتایج با نتایج Haddad & Younis (2004)، Salinas *et al.* (2005) و Seabrook *et al.* (2011) مشابه بود که گزارش کردند استفاده از چربی‌های محافظت شده و نمک کلسیمی چربی اثر معنی‌داری بر افزایش وزن بره‌های نر نداشت. در مطالعه‌ای مشخص شد افزایش مقدار کیک پالم اثری بر عملکرد رشد بره‌ها نداشت (Freitas *et al.*, 2017). محققین دیگری با بررسی اثر استفاده از چربی‌های محافظت شده بر عملکرد بره‌های نر نژاد دورپر، اثر معنی‌داری بر وزن نهایی بدن و افزایش وزن روزانه مشاهده نکردند (Behan *et al.*, 2019). نتایج این تحقیق با نتایج Bhatt *et al.* (2016) متفاوت بود که بیان کردند اضافه شدن چربی عبوری به جیره به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن بره‌ها شد. معنی‌دار نشدن اختلاف بین تیمارها می‌تواند در نتیجه نسبت پایین علوفه به کنسانتره باشد.

آزمایشی) بود. تغذیه گوسفندان در دو نوبت و در ساعات ۸ و ۱۶ انجام گرفت. برای انجام این طرح ۳۰ رأس بره نر آمیخته دو نژاد دالاق-رومانوف با میانگین سنی 118 ± 10 روز استفاده شد.

بره‌ها به صورت تصادفی به ۵ گروه مساوی (۶ تکرار در هر تیمار) تقسیم شدند. میانگین وزن بره‌ها در گروه‌ها $26 \pm 2/6$ کیلوگرم بود. وزن‌کشی دوره‌ای گوسفندان هر ۲۵ روز بعد از اعمال ۱۶ ساعت محرومیت از آب و غذا انجام شد. در ابتدای هر روز باقیمانده خوراک هر بره از روز قبل جمع‌آوری، توزین و سطل‌ها مجدداً از خوراک پر می‌شد. به‌طور تصادفی از هر تیمار سه گوسفند جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم مواد مغذی انتخاب شدند. مکمل چربی غنی از اسید پالمیتیک، مشتق شده از روغن پالم (RumiFat) (R100, Ecolex Sdn Bhd, Selangor, Malaysia) و هم‌چنین مکمل چربی غنی از اسید استئاریک، مشتق شده از روغن‌های گیاهی (پارس‌فت، شرکت پارس پاک کیمیا، البرز، ایران)، تهیه شدند. پس از روز ۷۰ پروار، به مدت پنج روز از جیره‌های آزمایشی و مدفوع نمونه‌گیری شد. بعد از خشک کردن نمونه‌های خوراک و مدفوع، جهت محاسبه قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خاکستر نامحلول در اسید (AIA) به عنوان نشانگر داخلی مورد استفاده قرار گرفت (Van Keulen & Young, 1977). نمونه‌های خوراک به منظور تعیین ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر خام و ... براساس روش AOAC (2000) و فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) بر اساس روش Van Soest *et al.* (1991) آنالیز شدند.

در روز آخر پروار، ۴ ساعت پس از تغذیه صبح، ۱۰ میلی‌لیتر خون به وسیله سرنگ استریلیزه از ورید وداخ اخذ گردیده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های سرم خون تشکیل شده سانتریفیوژ (۱۵ دقیقه با دور ۳۰۰۰) و پس از آن غلظت فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی توسط دستگاه اتوآنالایزر (Hitachi Analyzer, Model 717, Japan) با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون تعیین شد. داده‌های در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS (۹/۴) (2019) تجزیه و تحلیل

جدول ۱. اجزای تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی و محتوای مواد مغذی آن‌ها (بر حسب درصد ماده خشک)

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets (Percentage of Dry Matter)

Feedstuff	Experimental diets ¹				
	1	2	3	4	5
Alfalfa hay	10	10	10	10	10
Wheat straw	10	10	10	10	10
Barley grain	30	25	25	25	25
Corn grain	20	13	13	13	13
Soybean meal	11	12	12	12	12
Beet pulp	5	5	5	5	5
Wheat bran	10	16	16	16	16
Calcium carbonat	1	1	1	1	1
Sodium bicarbonat	1	1	1	1	1
Fat supplement	0	3	3	3	3
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Premix**	1	1	1	1	1
Bentonite	0.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Chemical composition					
Metabolizable energy ²	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Crude protein ³	14.45	14.83	15.4	14.84	15.19
Ether extract ³	1.2	2.2	3.7	4.5	3.5
Organic matter ³	93.85	92.55	91	91.05	90.85
NDF ³	27.6	29	26.6	21.4	28.4
ADF ³	12.8	13.6	11.4	11.6	12.4
NFC ³	50.6	46.52	45.3	50.31	43.76

** مکمل شامل ۶۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین D، ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۲۵۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان، ۱۹۵ گرم کلسیم، ۸۰ گرم فسفر، ۲۱۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۲۲۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۳۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۲ میلی‌گرم ید و ۱۰۱ میلی‌گرم سلنیوم می‌باشد

۱. جیره‌های آزمایشی شامل ۱. جیره شاهد بدون مکمل چربی، ۲. جیره پایه + ۳ درصد اسید پالمیتیک ۳. جیره پایه + ۳ درصد اسید استئاریک، ۴. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید پالمیتیک به اسید استئاریک و ۵. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید استئاریک به اسید پالمیتیک
۲. مگا کالری/کیلوگرم ماده خشک - محاسبه شده بر اساس جداول احتیاجات غذایی ۱ تا ۳ از طریق اندازه‌گیری در آزمایشگاه بدست آمده است.

۴. محاسبه شده بصورت: NFC = 100 - (% CP + % Ash + % NDF + % EE)

** Premix include: Vitamin A 600000 IU, Vitamin D 200000 IU, Vitamin E 200 mg, Antioxidant 2500 mg, Calcium 195 g, Phosphorus 80 g, Magnesium 21000 mg, Manganese 2200 mg, Iron 3000 mg, Copper 300 mg, Zinc 300 mg, Cobalt 100 mg, Iodine 12 mg, Selenium 1.1 mg

¹ Experimental diets included: 1- control diet (without fatty acid), 2- diet with 3 % palmitic acid (PA), 3- diet with 3% stearic acid (SA), 4- diet with 3 % (67% PA+ 33% SA), 5- diet with 3 % (67% SA+ 33% PA)

² Mcal/Kg DM. Calculated through nutrient requirements tables ³ Obtained by measurement in the laboratory ⁴ Calculated as: NFC = 100 - (% CP + % Ash + % NDF + % EE)

جدول ۲. الگوی اسیدهای چرب پودر چربی و جیره‌های آزمایشی

Table 2. Pattern of fatty acids in fat supplement and experimental diets

Fatty acid (%)	Experimental diets ¹					Fat supplement*	
	1	2	3	4	5	Palmitic	Stearic
C12:0	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	-	-
C14:0	0.65	0.83	0.83	0.83	0.83	1.1	1.1
C16:0	15.15	39.85	16	31.99	23.89	75.4	17.3
C16:1	0.17	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-
C18:0	2.6	3.34	32.21	12.86	22.68	4.4	74.8
C18:1T	0.01	0.009	0.009	0.009	0.009	-	-
C18:1C	18.3	17.5	13.15	16.11	14.61	16.5	5.7
C18:2	53.47	32.32	31.62	32	31.85	1.9	0.2
C18:3	8.29	4.89	4.9	4.9	4.92	9.156	0.545

۱. جیره‌های آزمایشی شامل ۱. جیره شاهد بدون مکمل چربی، ۲. جیره پایه + ۳ درصد اسید پالمیتیک ۳. جیره پایه + ۳ درصد اسید استئاریک، ۴. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید پالمیتیک به اسید استئاریک و ۵. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید استئاریک به اسید پالمیتیک

* بر اساس اظهار نظر تولید کننده

1. Experimental diets included: 1- control diet (without fatty acid), 2- diet with 3 % palmitic acid (PA), 3- diet with 3% stearic acid (SA), 4- diet with 3 % (67% PA+ 33% SA), 5- diet with 3 % (67% SA+ 33% PA)

* Based on the manufacturer's comments

جدول ۳. تاثیر جیره‌های آزمایشی بر عملکرد رشد بره‌های پرواری

Table 3. Effects of experimental diets on growth performance of fattening lambs

Trait	Experimental diets ¹					SEM	P-value
	1	2	3	4	5		
Initial weight (kg)	26.4	26.38	26.73	26.73	26.46	0.487	0.998
Final weight (kg)	44.02	48.01	46.35	45.20	45.21	0.736	0.088
Average daily gain (gr)							
Days 1-25	247.67	300.67	277.67	264.67	261.17	9.893	0.539
Days 25-50	226.33	275.17	255.33	255.17	238.83	9.156	0.545
Days 50-75	224.5	282.67	260.5	229.67	246.5	9.731	0.326
Total	232.83	286.17	264.5	249.17	248.83	8.823	0.404

۱. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱. جیره شاهد بدون مکمل چربی، ۲. جیره پایه + ۳ درصد اسید پالمیتیک ۳. جیره پایه + ۳ درصد اسید استئاریک، ۴. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید پالمیتیک به اسید استئاریک و ۵. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید استئاریک به اسید پالمیتیک

1. Experimental diets included: 1- control diet (without fatty acid), 2- diet with 3 % palmitic acid (PA), 3- diet with 3% stearic acid (SA), 4- diet with 3 % (67% PA+ 33% SA), 5- diet with 3 % (67% SA+ 33% PA)

به جیره را گزارش کردند (Haddad & Younis., 2004; Bhatt *et al.*, 2016). در راستای نتایج این آزمایش، Ghoorchi *et al.* (2006) گزارش نمودند که استفاده از اسیدهای چرب زنجیر بلند در جیره بره‌ها تأثیری بر مصرف خوراک نداشت. در این مطالعه خوراک مصرفی بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی چربی از نظر عددی در مقایسه با گروه شاهد روند افزایشی نشان داد، که ممکن است به دلیل خوش‌خوراکی جیره غذایی در نتیجه اضافه شدن مکمل چربی باشد (Bhatt *et al.*, 2014). همچنین با توجه به اینکه درصد علوفه به کنسانتره در این تحقیق (۲۰ به ۸۰) نسبت به سایر آزمایش‌ها کمی پایین‌تر در نظر گرفته شده است، در نتیجه ورود حجم علوفه کمتر و سرعت بالاتر عبور خوراک از شکمبه، مصرف خوراک بالاتر خواهد بود. در این تحقیق بهبود ضریب تبدیل غذایی در اکثر تیمارهای آزمایشی دریافت‌کننده مکمل چربی نمایانگر مصرف بیشتر انرژی بوده و می‌توان آن را به دریافت نسبت بالاتر پروتئین به انرژی نسبت داد (Manso *et al.*, 2005). بنابراین جیره مصرفی با ۳ درصد مکمل اسید چرب خالص با نسبت بهتر پروتئین به انرژی، با افزایش انرژی قابل متابولیسم در اختیار بره‌ها منجر به افزایش عملکرد آنها خواهد شد.

منابع مختلف چربی باعث کاهش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد شد ($P < 0.05$)، اما تأثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم سایر مواد مغذی نداشتند (جدول ۵).

گروهی از محققین گزارش کردند اضافه کردن چربی به جیره‌های حاوی درصد علوفه پایین اثر معنی‌داری بر افزایش وزن روزانه نداشت، در صورتیکه اضافه کردن چربی به جیره‌های با درصد علوفه بالا باعث افزایش وزن بره‌های پرواری به مقدار ۱۳/۳٪ شد (Zinn & Plascencia., 1996). استفاده هم‌زمان مکمل چربی و مصرف مواد متراکم بالا که افزایش مصرف پروتئین را به همراه دارد، منجر به افزایش عملکرد رشد بره‌ها در نتیجه افزایش راندمان مصرف نیتروژن خواهد شد (Kandi *et al.*, 2020). تعادل بین سطح چربی جیره و مقدار بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای برای حداکثر رشد بره‌های پرواری مورد نیاز است که احتمالاً در بره‌هایی که اسید پالمیتیک و اسید استئاریک را به‌تنهایی به‌عنوان مکمل در جیره استفاده کردند برقرار بود (Dutta *et al.*, 2008). نبود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد می‌تواند به دلیل عدم وجود اختلاف مهم در فرایند هضم جیره‌های مصرفی و یا تعداد تکرار کم باشد.

منابع مختلف اسید چرب اثری بر ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک بره‌های پرواری در کل دوره پروار نداشتند ($P > 0.05$) (جدول ۴).

بعضی از پژوهش‌ها همسو با نتایج این آزمایش نشان دادند اضافه کردن منابع چربی به جیره اثر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک و ضریب تبدیل غذایی نداشت (Behan *et al.*, 2005; Salinas *et al.*, 2019). از سوی دیگر تعدادی از محققین تأثیرپذیری مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی از افزودن چربی

جدول ۴. تأثیر جیره‌های آزمایشی بر ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی بره‌های پرواری

Table 4. Effects of experimental diets on dry matter intake and feed conversion rate of fattening lambs

DM intake (gr/day)	Experimental diets ¹					SEM	P-Value
	1	2	3	4	5		
Days 1-25	1238.17	1337.17	1326.17	1312.83	1268.50	24.21	0.694
Days 25-50	1435.50	1576.50	1565.80	1545.70	1538.30	36.03	0.771
Days 50-75	1097	1002.60	1204.30	1163.80	1147.20	44.79	0.691
Total	1256.83	1362.83	1365.50	1340.83	1318	26.80	0.724
FCR							
Days 1-25	5.11	4.54	4.82	5.29	4.94	0.166	0.699
Days 25-50	6.51	5.83	6.15	6.48	6.58	0.206	0.789
Days 50-75	5.10	3.55	4.61	5.50	4.73	0.253	0.149
Total	5.53	4.84	5.15	5.69	5.37	0.165	0.545

۱. جیره‌های آزمایشی شامل ۱. جیره شاهد بدون مکمل چربی، ۲. جیره پایه + ۳ درصد اسید پالمیتیک ۳. جیره پایه + ۳ درصد اسید استئاریک، ۴. جیره

پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید پالمیتیک به اسید استئاریک و ۵. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید استئاریک به اسید پالمیتیک

1. Experimental diets included: 1- control diet (without fatty acid), 2- diet with 3% palmitic acid (PA), 3- diet with 3% stearic acid (SA), 4- diet with 3%(67% PA+ 33% SA), 5- diet with 3%(67% SA+ 33% PA)

جدول ۵. تاثیر جیره‌های مصرفی بر قابلیت هضم مواد مغذی بره‌های پرواری
Table 5. Effects of experimental diets on nutrient digestibility of fattening lambs

Nutrient digestibility (%)	Experimental diets ¹					SEM	P-Value
	1	2	3	4	5		
NDF	59	55.33	57.33	56	58.33	0.641	0.360
Dry matter	81.43 ^a	75.11 ^{ab}	69.49 ^b	69.78 ^b	73.49 ^b	1.436	0.020
Organic matter	82.73	77.39	72.19	72.38	76.42	1.356	0.050
Crude protein	71	72.66	71.33	72	73.33	0.842	0.933
Ether extract	68	61	65.33	63.66	60	1.077	0.093

میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر سطر دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$).

۱. جیره‌های آزمایشی شامل ۱. جیره شاهد بدون مکمل چربی، ۲. جیره پایه + ۳ درصد اسید پالمیتیک ۳. جیره پایه + ۳ درصد اسید استئاریک، ۴. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید پالمیتیک به اسید استئاریک و ۵. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید استئاریک و ۳ درصد اسید پالمیتیک

Means within same row with Different superscript differ ($P < 0.05$)

1. Experimental diets included: 1- control diet (without fatty acid), 2- diet with 3% palmitic acid (PA), 3- diet with 3% stearic acid (SA), 4- diet with 3% (67% PA+ 33% SA), 5- diet with 3% (67% SA+ 33% PA)

اختلاف معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک با بره‌های گروه شاهد ایجاد کرد. کاهش قابلیت هضم فیبر می‌تواند به دلیل اثر منفی چربی آزاد شده در شکمبه بر تخمیر شکمبه‌ای باشد (Kronfeld & Donoghue, 1980) که در نتیجه حضور اجزاء غیر قابل هضم چربی در شکمبه تشدید می‌شود (Freitas et al., 2017).

غلظت لیوپروتئین با دانسیته بالا در سرم بره‌های تغذیه شده با مکمل چربی نسبت به گروه شاهد بطور معنی‌داری بالاتر بود ($P < 0.05$), اما هیچگونه تفاوت معنی‌داری در غلظت سایر فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی تحت تاثیر افزودن مکمل چربی به خوراک بره‌ها دیده نشد ($P > 0.05$) (جدول ۶).

نتایج مطالعات قبلی نشان داد که افزودن چربی به جیره دام تاثیر معنی‌داری بر غلظت فراسنجه‌های خونی آنها نداشت (Foroozandeh et al., 2014). با این وجود بعضی پژوهش‌ها افزایش (Bianchi et al., 2014) یا کاهش (Seabrook et al., 2011) در گلوکز خون را گزارش نمودند. گروهی از محققین گزارش کردند که بره‌های تغذیه شده با روغن سویا نیتروژن اوره‌ای خون بالاتری داشتند ولی میزان تری‌گلیسریدهای سرم آنها پایین بود و بطور کلی نوع چربی مصرفی اثر معنی‌داری بر تیمارهای آزمایشی از نظر فراسنجه‌های خونی نداشت. روند افزایشی غلظت نیتروژن اوره‌ای خون با اضافه شدن مکمل چربی می‌تواند در نتیجه بهم خوردن تناسب انرژی-پروتئین در دسترس میکروارگانیسم‌های شکمبه و افزایش ورود آمونیاک حاصل از تجزیه منابع پروتئینی به دنبال عدم استفاده در ساخت پروتئین میکروبی باشد (Foroozandeh et al., 2014).

کاهش در قابلیت هضم ماده خشک در راستای نتایج (Freitas et al., 2017) بود که گزارش کردند با افزایش مقدار کیک پالم، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در نتیجه افزایش فیبر نامحلول در شوینده خنثی کاهش پیدا کرد. در تحقیق دیگری با استفاده از سطوح مختلف اسیدهای چرب ۱۸-۱۶ کربنه با و بدون پنبه دانه گزارش کردند استفاده از ترکیب اسید پالمیتیک و استئاریک منجر به کاهش قابلیت هضم مواد مغذی در مقایسه با سایر تیمارها شد (De souza et al., 2017). گروهی از محققین با استفاده از منابع مختلف چربی گزارش کردند قابلیت هضم ماده خشک و NDF میش با اضافه شدن چربی اشباع کاهش پیدا کرد، ولی قابلیت هضم سایر مواد مغذی تغییری نکرد (Ghahremani et al., 2019). نتایج این تحقیق در نقطه مقابل تعدادی از مطالعات (Haddad & Younis, 2004) و (Nigdi et al., 1990) بود که گزارش کردند با اضافه کردن مکمل چربی به جیره، قابلیت هضم مواد مغذی افزایش یافت. بالا رفتن غلظت چربی خوراک منجر به کاهش قابلیت هضم ماده خشک خواهد شد (NRC, 2001) که تا ۶-۷ درصد ماده خشک جیره محسوس نمی‌باشد. مکمل چربی وقتی که عصاره اتری بیش از ۷۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره باشد ممکن است قابلیت هضم و مصرف خوراک را کاهش دهد (Palmquist & Jenkins, 1980). در مطالعه حاضر میزان عصاره اتری در جیره پایه و تیمار ۱ به ترتیب ۱/۲ و ۲/۲ درصد است که اختلاف معنی‌داری از لحاظ قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی با هم نداشتند. از سوی دیگر درصد چربی تیمارهای ۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۳/۷، ۴/۵ و ۳/۵ بود که

جدول ۶. تاثیر جیره‌های مصرفی بر فراسنجه‌های خونی بره‌های پروراری
Table 6. Effects of experimental diets on blood metabolites of fattening lambs

Blood metabolites	Experimental diets ¹					SE M	P-Value
	1	2	3	4	5		
Glucose (mg/dl)	73.5	67.33	78.16	69.83	74	2.32	0.664
BUN (mg/dl) ²	17.13	20.31	19.08	19.75	21.38	0.59	0.228
Triglyceride (mg/dl)	31.33	40.33	31.16	38	38.83	1.72	0.282
Cholesterol (mg/dl)	31.66	46.66	50.33	53.33	43.66	2.72	0.098
HDL (mg/dl) ³	34 ^a	41.5 ^b	48.83 ^b	46.16 ^b	43.83 ^b	1.38	0.003
LDL (mg/dl) ⁴	18.16	20.83	18.83	22.5	20	0.89	0.602
ALP (IU/lit) ⁵	912	608	703.5	710.17	535.67	47.72	0.124
AST (IU/lit) ⁶	113.67	115.83	117.17	116.67	103.5	2.84	0.555
ALT (IU/lit) ⁷	21.66	20.66	18.33	20.16	16.5	0.68	0.117

میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر سطر دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<0/05)

۱. جیره‌های آزمایشی شامل ۱. جیره شاهد بدون مکمل چربی، ۲. جیره پایه + ۳ درصد اسید پالمیتیک ۳. جیره پایه + ۳ درصد اسید استئاریک، ۴. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید پالمیتیک به اسید استئاریک و ۵. جیره پایه + ۳ درصد مخلوط (۳۳:۶۷) اسید استئاریک به اسید پالمیتیک
۲. آلکالاین فسفاتاز، ۳. آسپارات آمینو ترانسفراز، ۴. آلانین آمینو ترانسفراز

Means within same row with Different superscript differ (P<0/05)

1. Experimental diets included: 1- control diet (without fatty acid), 2- diet with 3 % palmitic acid (PA), 3- diet with 3% stearic acid (SA), 4- diet with 3 % (67% PA+ 33% SA), 5- diet with 3 % (67% SA+ 33% PA)
2. Alkaline phosphatase, 3. Aspartate aminotransferase, 4. Alanin aminotransferase

اندازه چربی نیز می‌تواند موجب آسیب دیدن غشای سلول و پارگی آن و در نتیجه افزایش غلظت آسپارات آمینو ترانسفراز و آلانین آمینو ترانسفراز در خون شود. این دو آنزیم، آنزیم‌های درون سلولی موجود در کبد، ماهیچه، و سلول‌های با فعالیت متابولیکی شدید هستند که در پی جراحی یا مرگ سلولی در جریان خون آزاد می‌شوند (Archer, 2005). در راستای نتایج این مطالعه Bianchi *et al.* (2014) گزارش کردند افزودن روغن پالم به جیره منجر به تفاوت معنی‌داری در غلظت آنزیم‌های آسپارات آمینو ترانسفراز و گاماگلوتامیل ترانسفراز نمی‌شود. به‌طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که اسیدهای چرب پالمیتیک و استئاریک تا سطح ۳ درصد می‌تواند به صورت جداگانه یا مخلوط با هم بدون تاثیر منفی بر عملکرد به جیره بره‌های پروراری افزوده شوند.

نتایج مربوط به اثر تیمارها بر کلسترول و HDL با نتایج (Piot *et al.*, 2000) مشابه بود. آنها گزارش کردند بالا رفتن کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی بالا، بیشتر در نتیجه تحریک ساخت در کبد از محصولات حاصل از متابولیسم لیپید به دنبال مصرف مکمل چربی توسط حیوان نشخوارکننده اتفاق می‌افتد. غلظت بالاتر کلسترول در جیره‌های حاوی مکمل اسید چرب احتمالاً در نتیجه غلظت بالاتر لیپوپروتئین با دانسیته بالا با منشأ کلسترول و ساخت بیشتر آن در کبد می‌باشد (Kandi *et al.*, 2020).

بالارفتن غلظت آنزیم‌های کبد نشان از آسیب دیدن سلول‌های کبدی است (Yap & Choon, 2010). به واسطه تجمع بیش از حد تری‌گلیسرید در سلول‌های کبدی، کنش طبیعی این سلول‌ها مختل می‌شود. افزایش بیش از حد حجم سلول‌های کبدی در پی ذخیره بیش از

REFERENCES

1. AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*, 17th edition. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
2. Archer, G. S. (2005). *Reducing stress in sheep by feeding the seaweed *Ascophyllum Nodosum**. Ph.D thesis. Texas University, USA.
3. 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. *Journal of Animals* (MDPI), 9, 400; 18.
4. Bhatt, R.S., Sahoo, A., Shinde, A.K. & Karim, S.A. (2014). Effect of calcium salt of fatty acids supplementation on performance of Malpura lambs. *Journal of Animal Production Science*, 55, 1123-1130.
5. Bhatt, R. S., Sahoo, A., Karim, S. A. & Gaddekar, Y. P. (2016). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and rumen bypass-fat supplementation on growth, nutrient utilisation, and rumen fermentation and carcass traits of lambs. *Journal of Animal Production Science*. Published online November 29, 2016, from www.publish.csiro.au/journals/an.

6. Bianchi, A. E., Macedo, V. P., Franca, R. T., Lopes, S. T. A., Lopes, L. S., Stefani, L. M., Volpato, A., Lima, H. L., Paiano, D., Machadoe, G. & Da Silva, A. S. (2014). Effect of adding palm oil to the diet of dairy sheep on milk production and composition, function of liver and kidney, and the concentration of cholesterol, triglycerides and progesterone in blood serum. *Journal of Small Ruminant Research*, 117, 78-83.
7. De Souza, J., Preseault, C. L. & Lock, A. L. (2017). Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 172-185.
8. Dutta, T. K., Agnihotri, M. K. & Rao, S. B. N. (2008). Effect of supplemental palm oil on nutrient utilization, feeding economics and carcass characteristics in postweaned Muzafarnagari lambs under feedlot condition. *Journal of Small Ruminant Research*, 78, 66-73.
9. Foroozandeh, A. D., Amini, H. R., Ghalamkari, G. R., Shahzeydi, M. and Nasrollahi, S. M. (2014). The effect of fat type and L-carnitine administration on growth, feed digestibility and blood metabolites of growing Afshari lambs. *Journal of Livestock Science*, 164, 67-71.
10. Freitas, T. B., Felix, T. L., Pedreira, M. S., Silva, R. R., Silva, F. F., Silva, H. G. O. & Moreira, B. S. (2017). Effects of increasing palm kernel cake inclusion in supplements fed to grazing lambs on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid profile. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 226, 71-80.
11. Ghahremani, M., Taghizadeh, A., Hosseinkhani, A., Mirzaee, A. H. R. Moghadam, GH. A. & Paya, H. (2019). The effect of feeding different fat sources in late pregnancy and early lactation on apparent digestibility, rumen parameters and pattern of fatty acid changes in Afshari ewes. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 11(4), 437-449 (In Farsi).
12. Ghoorchi, T., Gharabash, A. M. & Torbatinejad, N. M. (2006). Effect of calcium salt of long chain fatty acid on performance and blood metabolites of atabay lambs. *Asian Journal of Animal Veterinary Advances*, 1, 70-75.
13. Haddad, S. G. & Younis, H. M. (2004). The effect of adding ruminally protected fat in fattening diets on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 113, 61-69.
14. Kandi, M., Kazemi-Bonchenari, M., HosseinYazdi, M. & Mirzaei, M. (2020). Effects of Ca-salt of linseed oil supplementation and protein content in diet on performance, ruminal fermentation, microbial protein yield, and blood metabolites in young lambs. *Journal of Small Ruminant Research*, 193, 106-257.
15. Kronfeld, D. A. & Donoghue, S. (1980). Digestibility and associative effects of protected tallow. *Journal of Dairy Sciences*, 63, 642-645.
16. Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G. & Kertz, A. F. (2014). Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97, 4661-4674.
17. Manso, T., Castro, T., Mantecón, A. R. & Jimeno, V. (2005). Effects of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 127, 175-186.
18. National Research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. National Academy Science. Washington D.C.
19. National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. The National Academy Press. Washington. DC. 384 pages.
20. Nigdi, M. E., Loerch, S. C., Fluharty, F. L. & Palmquist, D. L. (1990). Effect of calcium soaps of long chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and ruminal metabolism of steers. *Journal of Animal Science*, 68, 2555-2565.
21. Palmquist, D. L. & Jenkins, T. C. (1980). Fat in lactation rations: Review. *Journal of Dairy Science*. 63, 1-14.
22. Piot, C., Hocquette, J., Herpin, P., Veerkamp, J. H. & Bauchartm, D. (2000). Dietary coconut oil affects more lipoprotein lipase activity than the mitochondria oxidative capacities in muscles of preruminant calves. *Journal of Nutrition and Biochemistry*, 11, 231-238.
23. SAS Institute (computer software). (2019). *Users Guide: Statistics, version 9.4*. Cary, NC, USA: SAS Institute, Inc.
24. Salinas, J., Ramirez, R. G., Dominguez, M. M., Reyes-Bernal, N., Trinidad-Larraga, N. & Montano, M. F. (2005). Effect of calcium soaps of tallow on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *Journal of Small Ruminant Research*, 66, 135-139.
25. Seabrook, J. L., Peel, R., K. & Engel, T., E. (2011). The effects of replacing dietary carbohydrate with calcium salts of fatty acids on finishing lamb feedlot performance, blood metabolites, muscle fatty acid composition, and carcass characteristics. *Journal of Small Ruminant Research*, 95, 97-103.

26. Van Keulen, J. & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Dairy Science*, 44, 282-287.
27. 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, 3593-3597.
28. Yap, C.Y.F. & Choon, A.W. (2010). Liver function tests (LFts). *Journal of Proceedings of Singapor Healthcare*, 19, 80-2.
29. Zinn, R.A. & Plascencia, A. (1996). Effect of forage level on the comparative feeding value of supplemental fat in growing-finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 74, 1194-1201.