

اثر نوع مکمل چربی بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و شاخص‌های فیزیولوژیک بره‌های در حال رشد تحت تنش حرارتی تابستان

آزاده میرشمس الهی^{۱*}، مهدی گنج خانلو^۲، فرهنگ فاتحی^۳، ابوالفضل زالی^۲ و مصطفی صادقی^۲
۱. دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲ و ۳. تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۲

چکیده

آزمایش حاضر به منظور بررسی تأثیر استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع (امگا-۳ و امگا-۹) بر عملکرد و برخی از صفات فیزیولوژیک بره‌های در حال رشد ۴ تا ۵ ماهه، در شرایط گرم تابستان انجام شد. ۳۲ راس بره بر اساس وزن بدن به طور تصادفی به ۴ گروه مساوی تقسیم شدند. بره‌ها به صورت انفرادی با جیره‌های آزمایشی ۱- جیره پایه بدون افزودن پودر چربی (شاهد)، ۲- جیره پایه حاوی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب روغن ماهی به میزان ۲٪ ماده خشک جیره، ۳- جیره پایه حاوی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب روغن زیتون به میزان ۲٪ ماده خشک جیره و ۴- جیره پایه حاوی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب اشباع به میزان ۲٪ ماده خشک جیره، به مدت ۶ هفته (اوایل تیرماه تا اواسط مردادماه) تغذیه شدند. مصرف خوراک روزانه بره‌ها ثبت، و وزن بدن هر هفته اندازه‌گیری شد. فراسنجه‌های فیزیولوژیک شامل دمای رکتوم و نرخ تنفس به صورت هفتگی اندازه‌گیری شد. در مجموع، تغذیه با نمک‌های کلسیمی روغن ماهی، زیتون و چربی اشباع، باعث افزایش معنی‌دار افزایش وزن روزانه و کاهش معنی‌دار ضرایب تبدیل غذایی بره‌ها نسبت به گروه شاهد شد ($P \leq 0.05$)، ولی بر ماده خشک مصرفی بره‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. تغذیه با روغن‌های مورد بررسی در این پژوهش، باعث کاهش درجه حرارت رکتوم و تعداد تنفس بره‌های قرار گرفته در شرایط گرمای تابستان، نسبت به بره‌های گروه شاهد شد ($P \leq 0.01$). استفاده از نمک‌های کلسیمی روغن ماهی، روغن زیتون و چربی اشباع، اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام مصرفی بره‌های گروه‌های مختلف آزمایشی نداشت، با این حال قابلیت هضم چربی خام در بره‌های تیمارهای آزمایشی بالاتر از گروه شاهد بود. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شونده خنثی، با اختلاف معنی‌داری در بره‌های گروه شاهد بالاتر از سایر گروه‌ها بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مکمل‌سازی جیره با نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع ماهی و زیتون و اسیدهای چرب اشباع، بر میزان بهره‌وری بره‌ها تأثیر گذاشته و باعث بهبود عملکرد بره‌ها در طی تابستان شد. بین مکمل‌های چربی با الگوی متفاوت اسیدهای چرب در این زمینه تفاوتی وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، بره پرواری، صفات فیزیولوژیکی، عملکرد، نمک کلسیمی.

The effect of fat supplement type on performance, nutrient digestibility and physiological parameters of finishing lambs during summer heat stress

Azadeh Mirshamsollahi^{1*}, Mehdi Ganjkanlou², Farhang Fatehi³, Ablofazi Zali² and Mostafa Sadeghi²
1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Apr. 25, 2021 - Accepted: Nov. 13, 2021)

ABSTRACT

An experiment was performed to investigate the effects of using saturated and unsaturated fatty acids calcium salts on the production performance and some physiological traits of finishing lambs fattened under heat stress condition. Thirty-two cross bred Lori-Bakhtiari × Romanov lambs were randomly divided into 4 groups. Lambs were fed individually with the following experimental diets for 6 weeks (early July to mid-August): 1) Basal diet without supplemental fat (control), 2) Basal diet supplemented with 2% (on DM basis) of fish oil calcium salt, 3) Basal diet supplemented with 2% (on DM basis) of olive oil calcium salt and 4) Basal diet supplemented with 2% (on DM basis) of saturated fat calcium salt. Daily feed intake was recorded and lambs body weight was measured weekly. Rectal temperature and respiration rate were measured once per week. Using calcium salts of fish oil, olive oil and saturated fats in the diet significantly increased daily weight gain and reduced the lambs feed conversion ratio compared to control group ($P \leq 0.05$), but had no effect on dry matter intake of the Lambs. Regardless of fatty acid origin, supplementing lambs with calcium salts of fatty acids, reduced rectal temperature and respiration rate of lambs exposed to heat stress, compared to control group ($P \leq 0.01$). Also, using calcium salts of Fish oil, olive oil and saturated fat had no effect on DM, CP and EE digestibility, however, EE digestibility was higher in lambs consumed fat-supplemented diets than the control group. NDF digestibility was significantly higher in the control group lambs than the other groups. The results of this study showed that diet supplementation with calcium salts of unsaturated fatty acids of fish and olives and saturated fatty acids, improved the production performance of finishing lambs exposed to heat stress. No difference was detected between fat supplements with different fatty acid patterns, in this investigation.

Keywords: Calcium salt, fatty acid, Fattening lamb, physiological traits, yield.

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

مقدمه

در میان متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر حیوانات، تنش گرمایی یکی از عواملی است که تولید حیوانات را در بسیاری از نقاط جهان به چالش می‌کشد. اگرچه حیوانات می‌توانند با عوامل تنش‌زای آب و هوایی سازگار شوند، با این حال ساز و کارهای پاسخگویی به تنش که ضامن حفظ بقای دام می‌باشند، برای عملکرد دام مضر هستند. تنش گرمایی بر عملکرد رشد، تولید شیر، تولید مثل، تولید گوشت و وقوع بیماری در دام تأثیر می‌گذارد (Belhadj Slimen *et al.*, 2019; Sejian *et al.*, 2018). شدت تنش گرمایی تجربه‌شده توسط حیوانات با شاخص دمایی-رطوبت (THI) که شامل دمای محیطی و رطوبت نسبی است، برآورد می‌شود. پاسخ‌های هموستاتیک کلی به تنش گرمایی در گوسفند و بز شامل افزایش میزان تنفس، دمای بدن و مصرف آب، و کاهش مصرف ماده خشک می‌باشد. بیشتر تنظیماتی که توسط یک حیوان انجام می‌شود شامل اتلاف گرما در محیط و کاهش تولید گرمای متابولیکی است (Amani, 2017). تغییرات در میزان تنفس، ضربان قلب و دمای رکتوم اغلب به عنوان شاخص‌های سازگاری فیزیولوژیکی با استرس گرمایی در نشخوارکنندگان کوچک استفاده شده است (Sejian *et al.*, 2018; Amani, 2017). کاهش تولید در حیوانات اهلی به میزان زیادی به افزایش نیازهای نگهداری برای حفظ دمای ثابت بدن و تغییر مصرف خوراک نسبت داده می‌شود (Indu & Pareek, 2015). تنش گرمایی سرعت رشد را ۲۸ درصد، و بازده استفاده از خوراک را ۲۰ درصد کاهش و نیازهای تغذیه‌ای نگهداری گوسفندان را ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد (Vicente Pérez *et al.*, 2020).

موفقیت در غلبه بر آثار تنش گرمایی به احتمال زیاد مربوط به گرمای افزایشی خوراک‌هاست. بنابراین، فرمولاسیون جیره‌های مناسب از طریق افزودن منابع انرژی که به راحتی قابل هضم می‌باشند، آثار سودمندی را نشان داده‌اند (Sucu *et al.*, 2017). یکی از راهکارهای مدیریتی مهم برای به حداقل رساندن اثر تنش گرمایی و مقابله با کاهش ماده خشک مصرفی در محیط گرم، بهبود عملکرد و مدیریت تغذیه دام‌ها از طریق افزایش غلظت انرژی جیره غذایی آنها است.

از آنجا که تنش گرمایی باعث کاهش میزان انرژی مصرفی به دلیل کاهش مصرف خوراک می‌شود، افزایش تراکم انرژی در جیره غذایی ممکن است به کاهش آثار تنش گرمایی کمک کند. مکمل‌های چربی به دلیل تراکم انرژی بالاتر و گرمای متابولیکی کمتری که در مقایسه با فیبر یا نشاسته دارند، مصرف انرژی خالص را در دام‌های تحت تنش گرمایی افزایش می‌دهند (Conte *et al.*, 2018). در نشخوارکنندگان، جیره‌های غذایی با گرمای افزایشی متابولیکی پایین، می‌توانند به بهبود مصرف و عملکرد خوراک در شرایط تنش گرمایی کمک کنند. مقدار بالای کالری چربی‌ها به آنها اجازه می‌دهد که به راحتی در رژیم غذایی ترکیب شده و غلظت انرژی جیره را بدون افزایش قابل توجه حرارت تخمیر، افزایش دهند (Conte *et al.*, 2017; SUCU *et al.*, 2018). تأثیر مثبت مکمل چربی در تنظیم دمای بدن، آنزیم‌های پلازما، الکترولیت‌ها و هورمون‌ها نشان داده شده است (Belhadj Slimen *et al.*, 2019). تغذیه بیش از حد اسیدهای چرب غیراشباع که اثر سمی بر میکروبیوم‌های شکمبه دارند، می‌تواند منجر به کاهش هضم فیبر شود. با این حال نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب با عبور از شکمبه بدون اینکه تأثیری بر هضم فیبر داشته باشند، می‌توانند باعث افزایش غلظت انرژی جیره گردند. این نمک‌های کلسیمی در pH پایین شیردان، تجزیه و در روده باریک قابل دسترس برای جذب می‌شوند (Gustafson and Bowen, 1997). اگرچه مفهوم دستکاری محتوای چربی جیره غذایی برای بهبود اثر تنش گرمایی در طیور، خوک و گاو از نظر تئوریک منطقی به نظر می‌رسد، اما در گونه‌های مختلف نتایج متفاوتی به همراه داشته است. با این حال، توجه کمی به ترکیب اسیدهای چرب منابع چربی مورد استفاده شده است، لذا فرضیه انجام این پژوهش، این بود که آیا استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع امگا-۳ (روغن ماهی) و امگا-۹ (روغن زیتون) و نیز نمک‌های کلسیمی چربی اشباع، می‌تواند بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک بره‌های در حال رشد آمیخته لری بختیاری و رومانف، در شرایط گرمای تابستان مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۲ راس بره پرواری نژاد آمیخته لری بختیاری × رومانف با میانگین وزن ۳۵/۲±۰/۵۲ کیلوگرم و میانگین سن حدود ۵ ماه از مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انتخاب شده و از اواخر خرداد ماه به صورت انفرادی در جایگاه‌های مجزا نگهداری شدند تا با شرایط آزمایشی سازگار شوند. طی این دوره، واکسیناسیون (واکسن آنتروتوکسمی در دو نوبت به فاصله دو هفته به صورت زیر جلدی) و مبارزه با انگل‌های داخلی و خارجی (قرص آلبندازول و نیکلوزاماید) به عمل آمد. در اوایل تیر ماه، بره‌ها براساس وزن بدن به چهار گروه (۸ بره در هر گروه) تقسیم شدند و با استفاده از ۴ جیره غذایی شامل ۱- جیره پایه بدون افزودن پودر چربی (شاهد)، ۲- جیره پایه حاوی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب روغن ماهی به میزان ۲٪ ماده خشک جیره، ۳- جیره پایه حاوی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب روغن زیتون به میزان ۲٪ ماده خشک جیره و ۴- جیره پایه به همراه نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب اشباع (حاوی ۳۵٪ اسید پالمیتیک و ۵۰٪ اسید استئاریک) به میزان ۲٪ ماده خشک جیره، تغذیه شدند. مکمل نمک کلسیمی اسیدهای چرب امگا-۳ (روغن ماهی) و پودر چربی محافظت شده اسیدهای چرب اشباع از شرکت کیمیا دانش الوند واقع در شهرک شکوهیه قم تهیه شد. همچنین نمک کلسیمی اسیدهای چرب امگا-۹ (روغن زیتون) نیز در این شرکت ساخته شد.

دوره اصلی تحقیق، از پنجم تیر ماه تا شانزدهم مرداد به مدت شش هفته متوالی بود. جیره‌های غذایی با نسخه پنجم نرم افزار CNCPS به گونه‌ای تنظیم شدند که از نظر انرژی و پروتئین یکسان باشند. جیره غذایی بره‌ها روزانه در دو نوبت و در حد اشتها به صورت جیره کاملاً مخلوط در اختیار دام‌ها قرار می‌گرفت. بره‌ها با جیره‌های غذایی با پروتئین خام ۱۳/۵ درصد و انرژی قابل متابولیسم ۲/۷۳ مگا کالری بر کیلوگرم تغذیه شدند (جدول ۱).

آب آشامیدنی تازه به صورت آزاد در دسترس بود. با توزین مقدار خوراک داده شده و باقیمانده، مقدار مصرف روزانه آنها محاسبه شد. در طول آزمایش بره‌ها با فواصل هفتگی توزین شدند. میانگین افزایش وزن روزانه بره‌ها

(ADG) با تقسیم افزایش وزن (وزن زنده اولیه - وزن زنده نهایی) بر تعداد روزهای هر دوره تعیین شد. ضریب تبدیل غذایی از تقسیم میزان خوراک مصرفی به میزان افزایش وزن در هر هفته محاسبه گردید. نمونه‌هایی از جیره غذایی و پس‌آخور بلافاصله پیش از وعده خوراک‌دهی صبح به صورت هفتگی جمع‌آوری شده و برای تجزیه و تحلیل شیمیایی در فریزر با دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. به منظور تعیین گوارش پذیری مواد مغذی، نمونه مدفوع هر دو هفته یکبار (پس از وعده‌های خوراک‌دهی صبح و بعد از ظهر) گرفته شد. آنالیز شیمیایی خوراک و مدفوع شامل پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، کربوهیدرات‌های غیر فیبری، خاکستر خام و عصاره اتری با روش‌های استاندارد AOAC (2002) انجام شد.

قابلیت هضم مواد مغذی در کل دستگاه گوارش به روش استفاده از خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Abel-Caines *et al.*, 1998):

= قابلیت هضم ظاهری

$$= 100 - 100 \times \frac{\text{درصد مارکر در غذا}}{\text{درصد ماده مغذی در مدفوع}} \times \frac{\text{درصد ماده مغذی در مدفوع}}{\text{درصد مارکر در مدفوع}}$$

فراسنجه‌های فیزیولوژیک شامل دمای رکتوم و نرخ تنفس به صورت هفتگی در ساعت ۱۵-۱۴ اندازه‌گیری شد. دمای رکتوم با استفاده از دماسنج در عمق ۱۰-۸ سانتی‌متری رکتوم اندازه‌گیری شد. برای این منظور به مدت ۳ تا ۴ دقیقه دماسنج در رکتوم حیوان قرار داده می‌شد و بلافاصله دمای آن یادداشت می‌گردید. تعداد تنفس یک بار در هر هفته در ساعت ۱۵-۱۴ از طریق شمارش حرکت تهیگاه در مدت یک دقیقه با حداقل پنج بار تکرار انجام شد (Aleksiev, 2008).

درجه حرارت هوا (°C) و رطوبت نسبی (%) در مزرعه یک بار در هفته، در ساعات ۱۲ و ۱۴، با استفاده از یک ترمو-رطوبت سنج دیجیتال اندازه‌گیری شد. مقادیر شاخص دما و رطوبت (THI) طبق فرمول (Marai *et al.*, 2007) محاسبه شد:

$$THI = db\ ^\circ F - [(0.31 - 0.31 RH\ \%) (db\ ^\circ F - 14.4)]$$

که در آن db °F دمای محیط (°F) و RH میزان رطوبت نسبی تقسیم بر ۱۰۰ است. منطقه خنثی حرارتی تعریف شده مربوط به مقادیر THI زیر ۷۰

است. در طی دوره آزمایش، میانگین دمای هوای اندازه‌گیری شده جایگاه نگهداری بره‌ها بین ساعات ۱۲ تا ۱۴، ۳۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی، ۵۵ درصد بود. بنابراین مقدار THI مربوطه ۸۱ بود (شکل ۱)، که نشان می‌دهد بره‌ها در طی ماه‌های تیر و مرداد از تنش گرمایی رنج می‌بردند.

است. مقادیر بین ۷۲ تا ۷۷ مربوط به استرس گرمایی خفیف، مقادیر بین ۷۸ تا ۸۹ مربوط به حد متوسط استرس گرمایی و مقادیر بالای ۹۰ نشانگر استرس گرمایی شدید هستند (Wojtas *et al.*, 2013). ماه‌های تیر و مرداد، یک دوره زمانی خاص است که شاخص دما-رطوبت (THI) در حداکثر مقدار خود

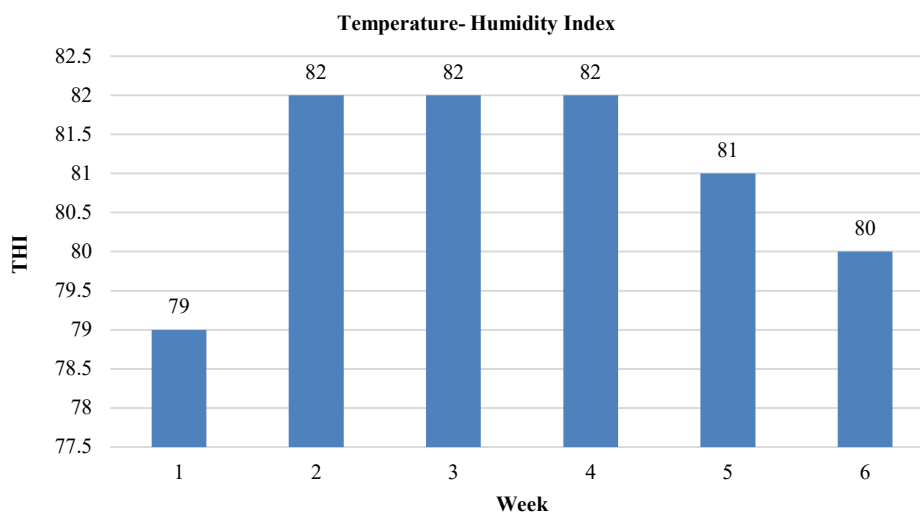
جدول ۱. ترکیبات غذایی و آنالیز مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1. Feed ingredients and chemical composition of experimental diets on dry matter basis

Feed ingredients	Fish oil	Olive oil	Saturated fat	Without fat (control)
Alfalfa hay	18.33	18.33	18.33	18.33
Corn silage	8.33	8.33	8.33	8.33
Wheat straw	3.33	3.33	3.33	3.33
Barley grain	28.33	28.33	28.33	30.00
Corn grain	16.67	16.67	16.67	19.33
Soybean meal	7.92	7.92	7.92	7.92
Rice bran	5.83	5.83	5.83	5.00
Wheat bran	7.50	7.50	7.50	5.83
Calcium carbonate	0.33	0.33	0.50	0.50
Magnesium oxide	0.17	0.17	0.17	0.17
Mineral and vitamin mix ¹	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
Sodium bicarbonate	0.50	0.50	0.50	0.50
Fat powder	2.00	2.00	1.83	0.00
Chemical composition, % of DM				
ME (Mcal/kg DM)	2.73	2.73	2.73	2.64
Crude protein (%)	13.5	13.5	13.5	13.5
Neutral detergent fiber (%)	27.6	27.6	27.6	27
Non-fibrous carbohydrate (%)	51.7	51.7	51.7	52.3
Ash (%)	6.6	6.6	6.8	6.6
Ether extract (%)	5.1	5.1	5.1	3.4

۱- ترکیبات: 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، ۱۲۰ میلی‌گرم ید و ۱/۱ میلی‌گرم سلنیوم.

1. Composition: 600,000 IU/kg of vitamin A, 200,000 IU/kg of vitamin D, 200 mg/kg of vitamin E, 2500 mg/kg antioxidant, 195 g/kg of Ca, 80 g/kg of P, 21000 mg/kg Mg, 2200 mg/kg of Mn, 3000 mg/kg of Fe, 300 mg/kg of Zn, 300 mg/kg of Cu, 100 mg/kg of Co, 120 mg/kg of I and 1/1 mg/kg of Se.



شکل ۱. تغییرات شاخص دما-رطوبت در هفته‌های آزمایش

Figure 1. Changes in temperature-humidity index during experiment weeks

انجام شده توسط *Sucu et al.* (2017)، استفاده از میکرو جلبک *Schizochytrium limacinum* به عنوان منبع تأمین کننده اسیدهای چرب امگا-۳ در جیره بره‌ها در فصل تابستان، بدون تأثیر بر میزان مصرف خوراک، باعث افزایش وزن روزانه بره‌ها به میزان ۲۹/۳ درصد شد. استفاده از میکرو جلبک، همچنین باعث تغییر در تخمیر شکمبه، افزایش انرژی موجود برای رشد و در نتیجه بهبود عملکرد تولیدی بره‌ها شد. همچنین در مطالعه *Ibrahim Teama et al.* (2016)، افزایش قابل توجهی در وزن زنده بدن و افزایش وزن روزانه دام‌های مصرف کننده مکمل چربی امگا-۳ پلاس، در فصل تابستان ثبت شد. پیش از این گزارش شده بود که استفاده از مکمل چربی ممکن است تعادل انرژی را بهبود بخشد و وزن تولد را در بزها افزایش دهد. *Cronje* (2011) گزارش کرد که طیور تغذیه شده با جیره پایه در طی تنش گرمایی، کاهش وزن داشتند، در حالی که طیوری که با جیره مکمل شده با روغن زیتون تغذیه شده بودند، افزایش وزن داشتند. همچنین مصرف خوراک در طیور تغذیه شده با روغن زیتون در طی دوره ۱۲ ساعته تنش گرمایی، به میزان کمتری نسبت به طیور گروه شاهد، کاهش پیدا کرد.

در پژوهش حاضر، ماده خشک مصرفی روزانه بره‌های مصرف کننده نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب ماهی، زیتون و اشباع تفاوت معنی‌داری با بره‌های گروه شاهد نداشت (جدول ۲). از آنجا که میزان افزایش وزن روزانه بره‌های مصرف کننده پودر چربی با اختلاف معنی‌داری بیشتر از بره‌های شاهد بود، بنابراین استفاده از پودر چربی ماهی، زیتون و اشباع در زمان تنش حرارتی بره‌ها، به‌طور معنی‌داری (P=۰/۰۵) باعث کاهش ضرایب تبدیل غذایی بره‌ها نسبت به بره‌های گروه شاهد شده است (جدول ۲). به‌طوری‌که استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب روغن ماهی، زیتون و چربی اشباع باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی بره‌ها نسبت به بره‌های گروه شاهد شد.

کاهش مصرف خوراک در شرایط گرما، به عنوان یک پاسخ انطباقی برای تنظیم تولید حرارت

تجزیه و تحلیل برای داده‌های با یک دوره مشاهده، با استفاده از طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مدل آماری مورد استفاده به صورت زیر می‌باشد که در آن X_{ij} : مشاهده تکرار i ام، سطح j ام منبع چربی و دوره زمانی، μ : میانگین جمعیت A_j : اثر تیمار (منبع چربی و دوره زمانی)، e_{ij} : اثر خطای آزمایشی، هستند.

$$X_{ij} = \mu + A_j + e_{ij}$$

و برای داده‌های تکرار شونده به کمک رویه Mixed نرم‌افزار آماری SAS (1996) در قالب طرح اندازه‌گیری‌های مکرر تجزیه گردید. مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. مدل آماری برای تجزیه این داده‌ها به صورت ذیل بود:

$$Y_{ikl} = \mu + A_i + T_k + \text{Animal}_l (A)_i + AT_{ijk} + e_{ikl}$$

که در آن؛ μ : میانگین جمعیت، A_i : اثر منبع چربی، TK: اثر زمان k ام اندازه‌گیری صفت، Animal_l : اثر حیوان l در تیمار i ام، e_{ikl} : اثر خطای آزمایشی، Y_{ikl} : مشاهده سطح i ام فاکتور منبع چربی و سطح k ام زمان اندازه‌گیری و سطح l ام اثر حیوان، هستند.

نتایج و بحث

جدول ۲ اثر استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب روغن ماهی، روغن زیتون و چربی اشباع در جیره‌های غذایی بره‌های پرواری را بر عملکرد رشد، مصرف خوراک و صفات فیزیولوژیک بره‌ها در شرایط گرمای تابستان (تیر و مرداد) نشان می‌دهد. میانگین وزن بره‌ها در شروع آزمایش ۳۵/۲±۰/۵۲ کیلوگرم بود و تفاوت معنی‌داری بین وزن اولیه بره‌های گروه‌های مختلف وجود نداشت. همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، افزایش وزن روزانه بره‌ها در طی ۶ هفته دوره آزمایش، بین گروه‌های مصرف کننده پودر چربی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع با گروه شاهد، تفاوت‌های معنی‌داری (P=۰/۰۵) داشتند.

در مطالعه‌ای که روی قوچ‌های مالپورا انجام شد، عوامل تنش‌زای متعدد از جمله تنش گرمایی، به طور قابل توجهی، وزن بدن و نمره وضعیت بدن قوچ‌ها را کاهش داد. تغذیه مناسب در هنگام استرس گرمایی در حفظ وزن طبیعی بدن مهم است (Sejian et al., 2018). همسو با نتایج این تحقیق، در مطالعه

آروغ و اشتها و بهبود جذب اسیدهای چرب در روده اشاره کرد. به این صورت که تغذیه تکمیلی با کپسول امگا ۳ پلاس، چربی را تا حدی در شکمبه بی‌اثر کرده و گاهی اوقات می‌تواند از کاهش ماده خشک مصرفی جلوگیری کند. همچنین می‌تواند باعث فرار اسیدهای چرب خاص از بیوهیدروژناسیون شکمبه شده تا در روده کوچک برای جذب و استفاده در دسترس قرار گیرند. (Ghoorchi *et al.*, 2006) نیز گزارش نمودند که استفاده از اسیدهای چرب بلند زنجیر در جیره بره‌ها تأثیری بر مصرف خوراک آنها نداشت. هر چند روغن‌های حاوی اسیدهای چرب غیراشباع با کاهش حرکات روده منجر به کاهش ماده خشک مصرفی توسط دام شد.

مشخص شده است که استرس گرمایی صرف نظر از کاهش مصرف خوراک، باعث افزایش نیاز نگهداری و کاهش میزان متابولیسم در دام می‌شود. کاهش مصرف انرژی همراه با افزایش نیاز انرژی برای نگهداری، انرژی مورد نیاز برای رشد، آبستنی و شیردهی را کاهش داده و باعث تعادل منفی انرژی می‌شود (Belhadj Slimen *et al.*, 2019). افزودن مکمل چربی به جیره غذایی به دلیل تراکم انرژی بالاتر و گرمای متابولیکی کمتری که در مقایسه با فیبر یا نشاسته دارد، مصرف انرژی خالص را در دام-های تحت فشار گرمایی افزایش می‌دهد. چربی‌های محافظت شده از تجزیه در شکمبه، در جیره غذایی به طور قابل توجهی گرمای افزایشی متابولیکی را کاهش داده و نقش چربی‌ها را در طول دوره تنش گرمایی بهبود می‌بخشند (Conte *et al.*, 2018).

متابولیسم داخلی در حیوانات تحت تنش گرمایی شناسایی شده است (Sejian *et al.*, 2018). به عبارت دیگر کاهش مصرف خوراک می‌تواند به دلیل مکانیسم سازشی گوسفندان برای تولید کمتر گرما در بدن باشد. اگر حیوانات در مرحله تولید (رشد، شیردهی) قرار داشته باشند، کاهش در مصرف خوراک و تولید گرمای داخلی، باعث کاهش عملکرد می‌شود (Indu & Pareek, 2015). در نشخوارکنندگان، جیره‌های غذایی با گرمای افزایشی متابولیکی پایین، می‌توانند به بهبود مصرف و عملکرد خوراک در شرایط تنش گرمایی کمک کنند (Conte *et al.*, 2018).

در مطالعه انجام شده توسط Sucu *et al.* (2017) نیز استفاده از میکرو جلبک *Schizochytrium limacinum* به عنوان منبع تامین کننده اسیدهای چرب امگا ۳ در جیره بره‌ها، تأثیری بر میزان مصرف خوراک روزانه آن‌ها در فصل تابستان نداشت. همچنین عدم تأثیر در مصرف خوراک روزانه در پاسخ به مصرف مکمل جلبک، در گاو نیز مشاهده شده است (Braden *et al.*, 2007).

در پژوهش انجام شده توسط Ibrahim Teama *et al.* (2016)، استفاده از کپسول امگا ۳ پلاس در طی ماه‌های گرم تابستان در بزهای نر بلدی (Baladi)، باعث افزایش معنی‌دار ماده خشک مصرفی بزها شد. Okukpe *et al.* (2011) دریافتند که اسیدهای چرب امگا-۳ وقتی به مدت هشت هفته در سطوح مختلف برای بزها استفاده می‌شوند، باعث افزایش مصرف خوراک و بازده خوراک می‌شوند. از آثار گوارشی مصرف امگا ۳ می‌توان به افزایش

جدول ۲. اثر مکمل‌سازی جیره با نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بر پارامترهای فیزیولوژیکی و عملکرد در بره‌های پرواری

Table 2. The effects of dietary supplement of fatty acids calcium salts on physiological and performance parameters in growing lambs.

Parameter	Without fat (control)	Fish oil	Olive oil	Saturated fat	SEM	P-value
Initial weight (kg)	35.33	35.02	35.4	35.15	0.52	0.99
Final weight (kg)	44.15	45.86	45.19	45.43	0.61	0.847
Average daily gain (g)	0.210 ^b	0.258 ^a	0.233 ^a	0.249 ^a	0.01	0.05
DMI (kg)	1.57	1.65	1.48	1.54	0.035	0.405
FCR	7.69 ^a	6.53 ^b	6.59 ^b	6.59 ^b	0.36	0.05
Temperature indices						
Rectal temperature (°C)	39.88 ^a	39.48 ^{bc}	39.38 ^c	39.63 ^b	0.05	0.01
Respiratory rates (count/min)	106.3 ^a	88 ^b	76.5 ^b	85 ^b	4.58	0.01

SEM, Standard error of the mean; DMI, Dry matter intake; FCR, Food conversion ratio

تنش گرما قرار دارند، بهبود بخشد. Belhadj Slimen *et al.* (2019) تأثیر مثبت مکمل چربی را در تنظیم دمای بدن، آنزیم‌های پلازما، الکترولیت‌ها و هورمون‌ها نشان دادند. آنها همچنین گزارش کردند که بذر کامل کتان به‌صورت مکمل خوراک پاسخ ایمنی و تنظیم حرارتی می‌شود را در فصل گرما بهبود می‌بخشد.

در این آزمایش استفاده از پودر چربی بدون در نظر گرفتن منبع آن باعث کاهش معنی‌دار تعداد تنفس بره‌ها در هر دقیقه نسبت به گروه شاهد شد ($P \leq 0/01$). تفاوت بین گروه‌های مصرف کننده چربی اشباع و غیراشباع معنی‌دار نبود (جدول ۲).

محققین برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی نژادهای مختلف گوسفند تحت تنش حرارتی را بررسی و تغییرات دمای رکتوم را بین ۳۸/۲ تا ۴۱/۱ درجه سانتی‌گراد، نوسانات میزان تنفس را از ۳۲ تا ۲۷۱ تنفس در دقیقه و ضربان قلبی را بین ۶۵/۳ تا ۱۰۲ بار در دقیقه گزارش کردند (Belhadj Slimen *et al.*, 2019).

اندازه‌گیری میزان تنفس و تعیین شدت تنش گرمایی با توجه به میزان تنفس در دقیقه (کم: ۴۰-۶۰، متوسط: ۶۰-۸۰، زیاد: ۸۰-۱۲۰ و شدید: بالاتر از ۱۲۰)، در دسترس‌ترین و آسان‌ترین روش برای ارزیابی تأثیر استرس گرمایی در حیوانات است (Amani, 2017). افزایش نرخ تنفس تلاشی برای افزایش تبخیر تنفسی است. میزان تنفس، اندازه‌گیری عملی و قابل اتکایی برای بار حرارتی است و مشخص شده است که میزان تنفس بالاتر از ۸۰ تنفس در دقیقه نشانگر تنش گرمایی زیاد است (Indu & Pareek, 2015). تحقیقات انجام شده، نشان داده است که برخی از افزودنی‌های خوراکی از جمله چربی‌ها می‌توانند با حفظ هموستاز و جلوگیری از کمبود مواد مغذی، اثر منفی استرس گرمایی را برطرف کنند (Wang *et al.*, 2010). دستکاری محتوای چربی جیره غذایی برای بهبود آثار تنش گرمایی در طیور و دام‌های مختلف، نتایج متفاوتی به همراه داشته است. با این حال، توجه کمی به ترکیب اسیدهای چرب منابع چربی مورد استفاده شده است، که احتمالاً با توجه به این فرضیه است که تمام منابع چربی حرارت

در طول دوره ۴۲ روزه آزمایش، استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع، اثر معنی‌داری بر درجه حرارت رکتوم بره‌های قرار گرفته در شرایط گرمای تابستان نشان داد ($P=0/01$). به طوری که بیشترین درجه حرارت رکتوم مربوط به بره‌های گروه شاهد (۳۹/۸۸ درجه سانتی‌گراد) و کمترین درجه حرارت رکتوم مربوط به بره‌های گروه روغن زیتون (۳۹/۳۸ درجه سانتی‌گراد) بود. بین دو گروه روغن زیتون و ماهی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. پودر چربی اشباع نیز باعث کاهش معنی‌دار درجه حرارت رکتوم نسبت به گروه شاهد گردید.

دمای رکتوم اغلب به عنوان شاخص اندازه‌گیری دمای داخل بدن حیوانات استفاده می‌شود. افزایش دمای رکتوم به میزان یک درجه سانتی‌گراد یا کمتر باعث کاهش عملکرد اکثر گونه‌های دام می‌شود (Indu & Pareek, 2015). افزایش درجه حرارت بدن با کاهش قابل توجه مصرف خوراک، باز توزیع جریان خون و تغییر در عملکردهای غدد درون ریز همراه است که بر عملکرد تولید و تولید مثل دام تأثیر منفی خواهد گذاشت (Amani, 2017). دمای رکتوم در شرایط حرارتی خنثی بین ۳۸/۳ تا ۳۹/۹ درجه متغیر است. افزایش دمای هوای محیط از ۱۸ به ۳۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش قابل توجه دمای رکتوم در گوسفندان همراه است. دمای رکتوم از ۴۲ درجه سانتی‌گراد به بالا خطرناک در نظر گرفته می‌شود (Indu & Pareek, 2015). در مطالعه انجام شده توسط Wang *et al.* (2010) با مصرف جیره‌های غذایی حاوی مکمل اسیدهای چرب اشباع در سطح صفر، ۱/۵، یا ۳ درصد ماده خشک جیره غذایی گاوهای شیری اواسط دوره شیردهی، دمای رکتوم در ساعت ۲ بعد از ظهر کاهش یافت (Hao *et al.* 2016). نیز گزارش کردند که کاربرد اسیدهای چرب اشباع شده در جیره غذایی گاوهای شیری، باعث کاهش دمای راست روده گاوها می‌شود. کاهش دمای بدن ممکن است به دلیل کاهش گرمای افزایشی جیره‌های غذایی در زمان مصرف اسیدهای چرب اشباع باشد که در آن گرمای متابولیکی ذخیره می‌شود. استفاده از اسیدهای چرب اشباع ممکن است وضعیت انرژی را در گاوهایی که تحت

افزایشی کمتری نسبت به کربوهیدرات‌های جیره ایجاد می‌کنند. با این وجود، شواهدی وجود دارد که مکمل نمودن جیره‌های غذایی با اسیدهای چرب بلند زنجیره مانند اسید پالمیتیک، اسید لینولئیک و اسید اولئیک می‌توانند آثار منفی درجه حرارت بالا را در دام و طیور بهبود بخشند (Cronjé, 2011).

جدول ۳، اثر استفاده از نمک‌های کلسیمی چربی‌های اشباع و غیر اشباع (ماهی و زیتون)، بر میزان مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی، در بره‌های قرار گرفته در شرایط تنش گرمایی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که تنها میزان مصرف روزانه چربی خام در بره‌های مصرف کننده پودر چربی با اختلاف معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P=0/001$) و میزان مصرف روزانه پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، بین گروه‌های مصرف کننده پودر چربی با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. در این پژوهش، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام در بین تیمارهای آزمایشی، اختلاف معنی‌داری نداشتند. با این حال قابلیت هضم چربی خام در بره‌های مصرف کننده پودر چربی، نسبت به بره‌های گروه شاهد تمایل به افزایش داشت. دلیل آن می‌تواند وجود منابع چربی مورد استفاده باشد که تا حدودی توانسته قابلیت هضم ظاهری چربی خام جیره را افزایش دهد. در این پژوهش، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی، با اختلاف معنی‌داری در بره‌های گروه شاهد بالاتر از سایر گروه‌ها بود (جدول ۳).

گزارش‌های مختلف در مورد تأثیر استرس گرمایی بر قابلیت هضم وجود دارد. برخی از نویسندگان، افزایش قابلیت هضم ناشی از تنش گرمایی را گزارش کردند و برخی دیگر همبستگی منفی یا عدم ارتباط بین تنش گرمایی و قابلیت هضم را گزارش کردند (Hyder et al., 2017). تنش گرمایی، جذب عناصر غذایی و انرژی قابل جذب را تغییر می‌دهد. شروع استرس گرمایی منجر به کاهش فعالیت‌های خوردن و چرا به دلیل کاهش مصرف اختیاری خوراک می‌شود. مصرف ماده خشک به شدت کاهش می‌یابد. همچنین میزان عبور غذا از دستگاه گوارش کاهش می‌یابد، در نتیجه منجر به افزایش قابلیت هضم می‌شود (Indu & Gonthier et al., 2011).

(Pareek, 2015). چندین پژوهشگر گزارش داده‌اند که در شرایط گرما، هضم جیره غذایی و میزان عبور مواد از شکمبه تحت تأثیر تغییرات ماده خشک مصرفی قرار نمی‌گیرند. اثر منفی کاهش فعالیت باکتری‌های شکمبه بر قابلیت هضم جیره غذایی، ممکن است بر آثار مثبت ناشی از کاهش ماده خشک مصرفی و کاهش میزان عبور مایع شکمبه غلبه کرده و در نتیجه باعث کاهش هضم جیره غذایی در دام‌های تحت تنش گرمایی مزمین شود (Conte et al., 2018). Shafie et al. (1994) گزارش کردند که تحت شرایط تنش گرمایی (دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد)، میزان ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، فیبر خام و NFE هضم شده گوسفندان به میزان کمی بالاتر از دمای ۱۸ درجه بود. بیان شده است که تفاوت اثر مکمل‌های چربی بر قابلیت‌های هضم مواد مغذی، به میزان اسیدهای چرب آزاد و درجه اشباع چربی‌ها بستگی دارد (Zinn et al., 2000). Jenkins (1993) نیز با بررسی مطالعات پیشین گزارش کرد که چربی جیره قابلیت هضم الیاف را در شکمبه کاهش می‌دهد. محققین دلیل این امر را اثر منفی اسیدهای چرب غیراشباع بر میکروبیوم شکمبه دانستند. لازم به ذکر است که با کاهش میزان علوفه جیره، قابلیت هضم اسید چرب در روده تغییر کرده و انرژی قابل دسترس از اسیدهای چرب هضم شده افزایش می‌یابد (Hess et al., 2008). Schauff et al. (1992) در مطالعات خود بر روی استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر در جیره گاوهای شیری مشاهده کردند که با افزودن مکمل چربی، گوارش پذیری ماده خشک، ماده آلی، دیواره سلولی و پروتئین کاهش یافت. این کاهش می‌تواند به واسطه اثر مهارکنندگی چربی بر تخمیر شکمبه به دلیل پوشش فیزیکی ذرات مواد خورده شده و کاهش تماس آنزیم‌های هیدرولیز کننده با آنها، اثر سمی چربی‌ها روی میکروبیوم شکمبه، کاهش دسترسی میکروبیوم‌ها به کلسیم در اثر تشکیل نمک‌های کلسیمی نامحلول اسیدهای چرب در شکمبه، که فعالیت مطلوب آنها را مختل می‌کند و نیاز اختصاصی میکروبیوم‌های شکمبه به کلسیم برای چسبیدن به ذرات خوراک باشد (Gonthier et al., 2011).

جدول ۳، اثر استفاده از نمک‌های کلسیمی چربی‌های اشباع و غیر اشباع (ماهی و زیتون)، بر میزان مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی، در بره‌های قرار گرفته در شرایط تنش گرمایی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که تنها میزان مصرف روزانه چربی خام در بره‌های مصرف کننده پودر چربی با اختلاف معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P=0/001$) و میزان مصرف روزانه پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، بین گروه‌های مصرف کننده پودر چربی با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. در این پژوهش، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام در بین تیمارهای آزمایشی، اختلاف معنی‌داری نداشتند. با این حال قابلیت هضم چربی خام در بره‌های مصرف کننده پودر چربی، نسبت به بره‌های گروه شاهد تمایل به افزایش داشت. دلیل آن می‌تواند وجود منابع چربی مورد استفاده باشد که تا حدودی توانسته قابلیت هضم ظاهری چربی خام جیره را افزایش دهد. در این پژوهش، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی، با اختلاف معنی‌داری در بره‌های گروه شاهد بالاتر از سایر گروه‌ها بود (جدول ۳).

گزارش‌های مختلف در مورد تأثیر استرس گرمایی بر قابلیت هضم وجود دارد. برخی از نویسندگان، افزایش قابلیت هضم ناشی از تنش گرمایی را گزارش کردند و برخی دیگر همبستگی منفی یا عدم ارتباط بین تنش گرمایی و قابلیت هضم را گزارش کردند (Hyder et al., 2017). تنش گرمایی، جذب عناصر غذایی و انرژی قابل جذب را تغییر می‌دهد. شروع استرس گرمایی منجر به کاهش فعالیت‌های خوردن و چرا به دلیل کاهش مصرف اختیاری خوراک می‌شود. مصرف ماده خشک به شدت کاهش می‌یابد. همچنین میزان عبور غذا از دستگاه گوارش کاهش می‌یابد، در نتیجه منجر به افزایش قابلیت هضم می‌شود (Indu & Gonthier et al., 2011).

جدول ۳. اثر مکمل‌سازی جیره با نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بر مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی در بره‌های پرواری

Table 3. The effects of dietary supplement of fatty acids calcium salts on intake and apparent digestibility of nutrients in growing lambs

Parameter	Without fat (control)	Fish oil	Olive oil	Saturated fat	SEM	P-value
Nutrient intake (g/lamb per day)						
CP	213	223.2	200	208	0.4	0.409
Ether extract	53 ^b	84 ^a	75.8 ^a	80 ^a	0.3	0.001
NDF	426	456	410	426	0.9	0.386
Nutrient digestibility (%)						
DM	72.15	71.52	70.23	69.9	1	0.75
CP	71.70	68.72	68.48	68.28	1.48	0.668
EE	73.77 ^{ab}	76.22 ^a	76.09 ^a	76.01 ^a	1	0.92
NDF	53.6 ^a	46 ^b	43.7 ^b	44.28 ^b	1.43	0.001

SEM, Standard error of the mean; DM, Dry matter; CP, Crude protein; EE, Ether extract; NDF, Neutral detergent fiber.

چربی‌ها را در طول دوره تنش گرمایی بهبود می‌بخشند (Conte *et al.*, 2018).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزودن پودر چربی نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب امگا-۳ (روغن ماهی)، امگا-۹ (روغن زیتون) و اسیدهای چرب اشباع (حاوی ۳۵٪ اسید پالمیتیک و ۵۰٪ اسید استئاریک) به جیره‌های غذایی بره‌های در حال رشد در فصل تابستان، از طریق کاهش تغییر در پارامترهای فیزیولوژیک از جمله درجه حرارت رکتوم و تعداد تنفس، و جلوگیری از کاهش مصرف خوراک در شرایط گرمای تابستان، عملکرد رشد را در بره‌ها افزایش داده و بر میزان بهره‌وری بره‌ها تاثیر مثبت می‌گذارد. همچنین بین مکمل‌های چربی با الگوی متفاوت اسیدهای چرب، تفاوتی وجود نداشت.

Hyder *et al.* (2017) گزارش کردند که بالا

بودن دمای شکمبه، بر قابلیت هضم ماده خشک و فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) تأثیر مثبت گذاشته، در حالی که بر قابلیت هضم مواد آلی (OM) تأثیر منفی می‌گذارد. قابلیت هضم تغییر یافته در حیواناتی که تحت تنش گرمایی قرار دارند، به تغییر در فعالیت باکتریایی و جذب مواد مغذی شکمبه و روده نسبت داده می‌شود. تغذیه بیش از حد اسیدهای چرب غیراشباع که اثر سمی بر میکروبیوم شکمبه دارند، می‌تواند منجر به کاهش هضم فیبر گردد (Jenkins & Palmquist, 1984). به‌طور کلی جیره‌های غذایی با کمتر از ۵ درصد مکمل چربی، هیچ‌گونه اثر منفی سمی بر میکرو فلور شکمبه ندارند. چربی‌های محافظت شده از نشخوار در جیره غذایی، به طور قابل توجهی گرمای افزایشی متابولیکی را کاهش می‌دهند و نقش

REFERENCES

1. Abel-Caines, S., Grant, R., Klopfenstein, T., Winowiski, T., Barney, N. (1998). Influence of nonenzymatically browned soybeans on ruminal fermentation and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81, 1036-1045.
2. Aleksiev, Y. (2008). Effects of shearing on feed intake and milk yield in Tsigai ewes. *Bulgarian Journal Agricultural Science*, 14, 87-92.
3. Amani, A.D. (2017). Towards heat stress management in small ruminants—a review. *Annals of Animal Science*, 17(1), 59-88.
4. AOAC International. (2002). *Official methods of analysis of the AOAC*. (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
5. Belhadj Slimen, I., Chniter, M., Najar, T. & Ghram, A. (2019). Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. *Livestock Science*, 229, 179-187.
6. Braden, K.W., Blanton, J.R., Montgomery, J.L., Van Santen, E., Allen, V.G. & Miller, M.F. (2007). Tasco supplementation: effects on carcass characteristics, sensory attributes, and retail display shelf-life. *Journal Animal Science*, 85, 754-768.

7. Conte, G., Ciampolini, R., Cassandro, M., Lasagna, E., Calamari, L., Bernabucci, U. & Abeni, F. (2018). Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 604-620.
8. Cronjé, P.J. (2011). The strategic use of new oil seed varieties high in oleic acid may ameliorate the adverse effects of heat stress in poultry. In: Proceedings of *Australian Poultry Science Symposium*.
9. 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 Animal Veterinary Advantage*, 1, 70-75.
10. Gonthier, C., Mustafa, A. F., Berthiaume, R., Petit, H. V., Martineau, R. & Ouellet, D. R. (2011). Effects of feeding micronized and extruded flaxseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 1854-1863.
11. Gustafson, R. H. & Bowen, R. E. (1997). Antibiotic use in animal agriculture. *Journal of Application Microbiology*; 83, 531- 541.
12. Hahn, G.L. (1997). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal Animal Science*, 77, 10-20.
13. Hao, L.Y., Wang, J., Sun, P. & Bu, D.P. (2016). The Effect of Heat Stress on the Metabolism of Dairy Cows: Updates & Review. *Austin Journal of Nutrition and Metabolism*, 3(1), 1036.
14. Hess, B.W., Moss, G.E. & Rule, D.C. (2008). A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal Animal Science*, 86, E188-E204.
15. Hyder, I., Ravi Kanth Reddy, P., Raju, J., Manjari, P., Srinivasa Prasad, C.H., Aswani Kumar, K. & Sejian, V. (2017). *Sheep Production Adapting to Climate Change* (pp. 235-265). Springer Nature Singapore Pte Ltd.
16. Ibrahim Teama, F.E., Akram, A. & El-Tarabany, A.A. (2016). Physiological and biochemical response to Omega-3 plus as a dietary supplement to growing goats under hot summer conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(4), 174-180.
17. Indu, S. & Pareek, A. (2015). A Review: growth and physiological adaptability of sheep to heat stress under semi –arid environment. *Ijetst*, 2(9), 3188-3198.
18. Jenkins, T.C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal Dairy Science*, 76, 3851–3863.
19. Jenkins, T.C. & Palmquist, D.L. (1984). Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. *Journal Dairy Science*, 67, 978-986.
20. Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A. & Abdel-Hafez, M.A.M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Ruminant Research*, 71(1–3), 1-12.
21. Okukpe, K. M., Adeloje, A. A., Yousef, M. B, Alli, O. I., Belewu, M. A. & Adeyina, O. A. (2011). Physiological response of West African dwarf goats to oral supplementation with omega-3-fatty acid. *Asian Journal of Animal Science*, 5, 365-372.
22. Schauff, D. J., Elliott, J. P., Clark, J. H. & Drackley, J. K. (1992). Effects of feeding lactating dairy cows diets containing whole soybeans and tallow. *Journal Dairy Science*, 75,1923.
23. Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R. & Lacetera, N. (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12, 431-444.
24. Shafie, M.M., Murad, H.M., El-Bedawy T.M. & Salem, S.M. (1994). Effect of heat stress on feed intake, rumen fermentation and water turnover in relation to heat tolerance response by sheep. *Egyptian Journal Animal Production*, 31(2), 317-327.
25. Sucu, E., Udum, D., Gunes, N. Canbolat, O. & FilyaA, I. (2017). Influence of supplementing diet with microalgae (*Schizochytrium limacinum*) on growth and metabolism in lambs during the summer. *Turkish Journal Veterinary Animal Science*, 41, 167-174.
26. Vicente Pérez, R., Macías Cruz, U., Avendaño Reyes, L., Correa-Calderón, A., López Baca, M. & Lara Rivera, A.L. (2020). Heat stress impacts in hair sheep production, Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 205-222.
27. Wang, J. P., Bu, D. P., Wang, J. Q., Huo, X. K., Guo, T. J., Wei, H. Y., Zhou, L. Y., Rastani, R. R., Baumgard, L. H. & Li, F. D. (2010). Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *Journal Dairy Science*, 93, 4121-4127.
28. Wojtas, K., Cwynar, P., Kolacz, R. & Kupczynski, R. (2013). Effect of heat stress on acid-base balance in Polish Merino sheep. *Archiv Tierzucht*, 56, 917-923.
29. Zinn, R. A., Gulati, S. K., Plascencia, A. & Salinas, J. (2000). Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *Journal Animal Science*, 78,1738-1746.