مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

اثر افزودن ال – کارنتین در جیره بر کیفیت گوشت بره های نر سنگسری

محمدتقی حیدریان[۱]، اشکان جبلی جوان*[۲]، فرزاد میرزایی آقچه قشلاق[۳]، محمدکاظم حیدریان[۴]، مهدی پناهی [۵]

۱- پژوهشگر پسادکتری، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان ایران

۲- دانشیار، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳-استاد تمام علوم دامی - دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

کلمات کلیدی:

کیفیت گوشت،
ال کارنیتین،
پایداری اکسیداتیو،
پارامترهای رنگ،
مکمل های غذایی

DOI:10.22034/FSCT.22.163.257.

* مسئول مکاتبات:

jebellija@semnan.ac.ir

چکیده

ال-کارنیتین به عنوان یک مکمل غذایی در تغذیه دام‌ها برای بهبود کیفیت گوشت و کاهش اکسیداسیون چربی‌ها استفاده می‌شود. این تحقیق بر روی بره‌های نر سنگسری با هدف بررسی تأثیر خوراکی ال-کارنیتین بر ویژگی‌های رنگی، اکسیداسیون چربی، نرمی و افت ناشی از پخت گوشت انجام شد. بره‌ها به سه گروه کنترل، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین به ازای هر کیلوگرم جیره تقسیم شدند. نتایج نشان داد که افزودن ال-کارنیتین به جیره، به ویژه در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم، تغییرات قابل توجهی در پارامترهای رنگی گوشت ایجاد کرده است؛ به‌طوری که شدت زردی افزایش و میزان قرمزی کاهش یافت. گروه دریافت‌کننده ۳۰۰ میلی‌گرم بالاترین سطح روشنایی را نشان دادند. اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید، به‌عنوان شاخص اکسیداسیون چربی، نشان داد که ال-کارنیتین به طور معنی‌داری اکسیداسیون چربی‌ها را کاهش داده و در نتیجه بهبود کیفیت و ماندگاری گوشت را به همراه داشت. همچنین، مکمل‌سازی با ال-کارنیتین باعث نرم‌تر شدن موقت گوشت شد، اما این اثر با گذشت زمان کاهش یافت. در مورد افت ناشی از پخت، هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد. به‌طور کلی، افزودن ال-کارنیتین به جیره دام می‌تواند کیفیت گوشت را بهبود بخشد، اما مطالعات بیشتری برای تأیید نتایج مورد نیاز است.

۱-مقدمه

ترکیب کارنیتین، که نام آن از واژه لاتین "کارنیس" مشتق شده است، از نظر شیمیایی با نام بتاهیدروکسی-گاما-تری متیل آمینو بوتیرات شناخته می‌شود [۱]. از نظر دسته‌بندی شیمیایی، کارنیتین در گروه آمین‌ها قرار دارد. آمین‌ها به‌طور کلی مشتقات آمونیاک محسوب می‌شوند که در آنها گروه‌های آلکیل جایگزین هیدروژن‌های آمونیاک شده‌اند [۲]. این ترکیب از لحاظ ساختاری مشابه اسیدهای آمینه است و دارای دو ایزومر فعال ال-کارنیتین و غیرفعال دی-کارنیتین می‌باشد که ایزومر ال آن یک‌شبه ویتامین محلول در آب است و نقش‌های مختلفی ازجمله محافظت و تنظیم غشای سلول، افزایش سوخت‌وساز چربی‌ها، افزایش توان سیستم ایمنی، بهبود عملکرد تغذیه انسان و حیوان را ایفا می کند [۳]. ال-کارنیتین علاوه بر ایفای نقش متابولیکی مهم در انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیر به داخل میتوکندری جهت انجام واکنش‌های بتا اکسیداسیون، تأثیرات مثبتی نیز بر سیستم ایمنی دارد [٤]. همچنین، مکمل ال-کارنیتین با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و بهبود کارایی استفاده از انرژی، به جلوگیری از رسوب چربی در شرایط مصرف انرژی بیش‌ازحد کمک می‌کند [٥]. بیوسنتز ال-کارنیتین در دام از طریق دو اسید آمینه ضروری لیزین و متیونین و با کمک چندین ویتامین از جمله ویتامین C (اسید اسکوربیک)، ویتامین(B_3 ، B_6) و آهن که به‌عنوان کوفاکتورها عمل می‌کنند، انجام می‌گیرد. تولید درون‌زا ال-کارنیتین در دام بسته به عواملی همچون سن، وضعیت سلامت، رژیم غذایی و نیازهای متابولیکی متفاوت است [٦].

مهدی‌شهر، که همچنین به نام سنگسر شناخته می‌شود، یکی از شهرهای استان سمنان است که در شمال غربی شهر سمنان و در فاصله‌ای حدود ۲۰ کیلومتری از آن واقع شده است [۷]. در گذشته، ساکنان این منطقه به‌صورت عشایری زندگی می‌کردند و دامنه کوچ آن‌ها شامل استان‌های تهران، مازندران، گلستان و خراسان بود، اما امروزه بیشتر مردم به زندگی شهری روی آورده‌اند. دامپروری از ارکان اصلی زندگی مردم سنگسر بوده و بر اساس شواهد تاریخی و پژوهش‌های معاصر، این فعالیت سابقه‌ای چندین هزار ساله دارد. عشایر سنگسری در تولید محصولات لبنی از شیر گوسفند تخصص دارند و بیش از ۳۰ نوع لبنیات منحصر به فرد شامل ماست، دوغ، آرشه، پنیر، لور، چیکو، کشک و وارعون و ... تولید می‌کنند [۸].

گوسفند نژاد سنگسری، که از نژادهای بومی و مقاوم ایران به شمار می‌رود، در منطقه سنگسر به‌صورت کوچ رو، نیمه کوچ رو و روستایی پرورش داده می‌شود. این نژاد گوسفندان کوچک جثه تا متوسط است که در رنگ‌های سیاه، سفید، بور و قهوه‌ای روشن تا تیره یافت می‌شود. گوسفندان سنگسری دارای جثه‌ای کوچک، دست و پای ظریف، دنبه کوتاه و دنبالچه‌ای کوچک و کمانی‌شکل هستند و فاقد شاخ می‌باشند. این نژاد به دلیل کیفیت بی‌نظیر گوشت خود معروف است و تقریباً ٦۰ درصد از وزن بدن گوسفند قبل از ذبح به گوشت اختصاص دارد [۹].

در مهره‌داران بالغ، تولید درون‌زا ال-کارنیتین معمولاً کافی است؛ با این حال، در شرایط خاص مانند برخی بیماری‌ها و فعالیت‌های بدنی سنگین، ممکن است سنتز ال-کارنیتین به میزان لازم نباشد [۱۰]. تحقیقات نشان می‌دهد که حیوانات جوان‌تر و آنهایی که از وضعیت سلامتی مطلوبی برخوردارند، معمولاً مقادیر کافی از این ترکیب را برای تأمین نیازهای فیزیولوژیکی خود تولید می‌کنند. با این وجود، در شرایط استرس، بیماری یا دوره‌های رشد سریع، تقاضا برای ال-کارنیتین ممکن است فراتر از میزان تولید درون‌زا باشد، که می‌تواند به کمبود این ترکیب در دام منجر شود [۱۱]. بر اساس نظر ساریکا و همکاران ۲۰۰۷ نیاز دام به ال-کارنیتین در برخی شرایط، از جمله محدودیت سنتز آن در حیوانات جوان، مصرف جیره‌های حاوی مقادیر بالای چربی و جذب کم روده‌ای، افزایش می‌یابد؛ بنابراین، افزودن این ترکیب به‌صورت مکمل به خوراک می‌تواند اثربخش باشد [۱۲]. از

سوی دیگر مطالعات نشان می دهند که افزودن ال کارنیتین به جیره غذایی سبب بهبود استفاده از پروتئین جیره می‌شود [۱۰].

مایر و همکاران ۲۰۲۰ اثرات مصرف مکمل ال-کارنیتین را بر عملکرد و بهبودی پس از زایمان گاوهای شیری مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نظر این محققین گاوهای شیری به دلیل نیازهای انرژی بالا برای فرایند زایش، شروع تولید شیر، محدودیت ظرفیت مصرف خوراک، به بیماری های متابولیک مبتلا می شوند. در دسترس نبودن ال-کارنیتین کافی در زمان های افزایش نیاز به انرژی، مانند مدت کوتاهی پس از زایمان، ممکن است کمبود انرژی را تشدید کند. عرضه ناکافی ال کارنیتین به عنوان یک عامل محدود کننده برای متابولیسم اسیدهای چرب می باشد [۱۳].

از سوی دیگر، کید و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که افزودن ۲۵۵ ppm مکمل ال-کارنیتین به جیره مرغ‌های مادر گوشتی، منجر به کاهش چربی حفره بطنی، بهبود ویژگی‌های لاشه جوجه‌های گوشتی و افزایش حجم ماهیچه سینه می‌شود. این ترکیب همچنین به افزایش وزن بدن، کاهش چربی لاشه و بهبود ضریب تبدیل غذایی کمک می‌کند [۱٤]. علاوه بر این، کمبود پیش‌سازهای کارنیتین، از جمله اسید آمینه‌های لیزین و متیونین، در جوجه‌های گوشتی می‌تواند به افزایش چربی لاشه منجر گردد [۱۵]. همچنین ایکسو و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که افزودن مکمل ال-کارنیتین به جیره جوجه‌های گوشتی به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش چربی شکم، بهبود وزن زنده، رنگ گوشت و محتوای چربی خام در عضله می‌شود [۱۵]. برهانی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای بر روی بره‌های فراهانی، نشان دادند که استفاده از منابع دانه‌های روغنی و مکمل ال-کارنیتین در تغذیه این بره‌ها در طول دوره پرواری، تأثیری بر پاسخ آنها به جیره‌های حاوی دانه سویا و دانه کانولا ندارد. نتایج این تحقیق نشانگر آن بود که این جیره‌ها کمترین تأثیر را بر متابولیت‌های مرتبط با لیپید، از جمله تری‌گلیسرید، کلسترول کل، HDL، LDL، پروتئین کل، گلوکز و غلظت آمونیاک در سرم بره‌های در حال رشد دارند [۱٦]. علاوه بر این، در تحقیق دیگری، مصرف مکمل ال-کارنیتین به همراه روغن سویا و کلسیم چربی محافظت‌شده در بره‌های نژاد افشاری، منجر به کاهش غلظت کلسترول خون شده است [۱۷].

با توجه به اینکه تأثیر افزودن مکمل ال-کارنیتین بر کیفیت گوشت به‌ویژه در نژاد بره‌های سنگسری تاکنون به‌طور جامع بررسی نشده است، این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات این مکمل بر ویژگی‌های کیفی گوشت بره‌های نر سنگسری طراحی و اجرا می‌شود. بررسی این موضوع می‌تواند به بهبود کیفیت گوشت و توسعه دانش مرتبط با استفاده از مکمل‌های تغذیه‌ای در دامپروری کمک کند.

۲ - مواد و روش

۲-۱- مواد

ال-کارنیتین با خلوص بالا از شرکت آرین رشدافزا، نماینده رسمی شرکت آلمانی سلامت دام لوهمن، تهیه گردید. همچنین تمامی ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از محصولات شرکت مرک آلمان تأمین شدند.

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش، از ۳۲ رأس بره نر نژاد سنگسری با سن چهار تا پنج ماه و میانگین وزن ۱٦.۵ کیلوگرم در ایستگاه پرورش دام دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان استفاده شد. بره‌ها به‌صورت تصادفی در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شدند و به آب و خوراک به‌صورت آزاد دسترسی داشتند. پس از طی دوره عادت‌دهی ۱٤ روزه، حیوانات بر اساس جدول ۱ و با رعایت اصول رفاه حیوانات و کد اخلاق شماره ۱٤۰۳۱۱۰۲۲٦٤٤ به‌طور تصادفی به یکی از جیره‌های آزمایشی اختصاص داده شدند و به مدت ۸٤ روز تغذیه شدند. خوراک‌ها به‌صورت کامل مخلوط و در دو وعده روزانه (ساعت ۷:۰۰ و ۱۷:۰۰) بر اساس نیاز حیوانات ارائه گردید. جیره‌ها از نظر انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام یکسان تنظیم شدند. در پایان دوره پرواربندی، دام‌ها ذبح شده

و لاشه‌ها تفکیک و در بازه های زمانی روز شروع آزمایش، روز سوم و روز هفتم مورد بررسی قرار گرفتند و تا پایان آزمایش در یخچال نگهداری شدند. [۱۸].

Table 1. Feed ingredients and chemical composition of experimental diets (percentage of dry matter).

Rations			
Ingredients (by dry matter)	Control	L-carnitine 150 (mg/kg)	L-carnitine 300 (mg/kg)
Alfalfa	14.60	14.60	14.60
Corn silage	15.40	15.40	15.40
Barley	41.26	41.26	41.26
Corn	11.04	11.04	11.04
Rapeseed meal	3.06	3.06	3.06
Soybean meal	3.72	3.72	3.72
Wheat bran	7.64	7.64	7.64
L-carnitine (mg/kg)	0	150	300
Calcium carbonate	1.10	1.10	1.10
Vitamin-mineral supplement*	0.85	0.85	0.85
Sodium bicarbonate	0.85	0.85	0.85
Salt	0.51	0.51	0.51
Metabolizable energy (Mcal/kg)	2.61	2.61	2.61
Dry matter (percent)	69.92	69.92	69.92
Crude protein	14.00	14.00	14.00
Cell wall (percent dry matter)	28.90	31.70	31.70
Non-fibrous carbohydrate (percent dry matter)	48.40	44.20	44.20
Calcium (percent dry matter)	0.73	0.90	0.90
Phosphorus (percent dry matter)	0.42	0.41	0.41

* A kilogram of vitamin supplement contained 600,000 international units of vitamin A, 200,000 international units of vitamin D, 200 mg of vitamin E, 2,500 mg of antioxidants, 195 g of calcium, 80 g of phosphorus, 21,000 mg of magnesium, 2,200 mg of manganese, 3,000 mg of iron, 300 mg of copper, 300 mg of zinc, 100 mg of cobalt, 120 mg of iodine, and 1.1 mg of selenium.

۲-۳- افت ناشی از پخت[1] (CL)

برای اندازه‌گیری افت ناشی از پخت، نمونه‌های کدگذاری‌شده ابتدا توزین شده و سپس بر روی توری چرب‌شده در آون با دمای ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. دمای مرکزی نمونه‌ها در طول فرایند پخت با استفاده از یک ترمومتر دیجیتال مجهز به پروب ثبت گردید. به این منظور، پروب در مرکز هر نمونه قرار داده شد و فرایند پخت تا زمانی ادامه یافت که دمای مرکز نمونه به ۷۷ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از پایان پخت، نمونه‌ها از آون خارج شده و تا رسیدن به دمای محیط در معرض جریان هوای سرد قرار گرفتند. در نهایت، نمونه‌ها مجدداً توزین شدند و درصد افت ناشی از پخت با استفاده از فرمول (۱) محاسبه گردید.

$$Cl = \frac{w1 - w2}{w1}$$

(CL: افت ناشی از پخت، W_1: وزن نمونه قبل از پخت، W_2: وزن نمونه بعد از پخت)

1 . Cooking losses

۲-٤- رنگ سنجی

پس از کشتار دام‌ها، ماهیچه راسته (واقع در بین دنده‌های ٦ تا ۱۰) به دلیل تجمع مناسب اسیدهای چرب و کیفیت مطلوب تارهای عضلانی، که آن را گزینه‌ای ایده‌آل برای ارزیابی رنگ گوشت می‌سازد، انتخاب و تشریح شد. شاخص‌های رنگ شامل روشنایی (L*) از سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، قرمزی (a*) از سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت)، و زردی (b*) از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی رنگ با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب، به‌صورت سه تکرار برای هر نمونه، ۲٤ ساعت پس از کشتار انجام شد. پیش از شروع اندازه‌گیری، دستگاه با استفاده از صفحه سفید استاندارد و بر اساس دستورالعمل گروه بین‌المللی شاخص‌های رنگ L* ، a* و b* کالیبره گردید [۱۸].

۲-۵- تعیین میزان اکسیداسیون لیپید[2] (TBARS)

در زمان‌های مشخص‌شده، چربی نمونه‌های گوشت استخراج شده و مقاومت آن‌ها در برابر اکسیداسیون از طریق اندازه‌گیری عددTBARS ، بر اساس روش نام و آهن (۲۰۰۳)، تعیین گردید. به منظور سنجش تیوباربیتوریک اسید(TBA) ، ۵ گرم از نمونه گوشت با ۳۱ میلی‌لیتر محلول استخراج شامل ٤ درصد پرکلریک اسید و ۱ میلی‌لیتر بوتیل‌هیدروکسی‌آنیزول (با غلظت ۱ گرم بر لیتر)، که در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود، به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۳۵۰۰ دور در دقیقه هموژن شد. محلول حاصل از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و حجم نهایی آن با افزودن اسید پرکلریک ٤ درصد به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از محلول فیلترشده با ۵ میلی‌لیتر محلول TBA(با غلظت ۰/۰۲ مول بر لیتر) مخلوط شده، ورتکس گردید و به مدت ٦۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا کمپلکس مالون‌آلدهید تشکیل شود. جذب نوری محلول نهایی (As) در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر در برابر شاهد آب مقطر (Ab) اندازه‌گیری شد. عدد TBARS به‌صورت میلی‌گرم مالون‌آلدهید در هر کیلوگرم نمونه محاسبه و گزارش گردید [۱۹].

$$TBA=\frac{As-Ab\times 50}{500}$$

۲-٦- بررسی پروفایل بافت[3] TPA

برای بررسی پروفایل بافتی نمونه‌های گوشت، قطعات ماهیچه راسته به ابعاد (۱/۹ × ۱/۸ × ۰/۸سانتی‌متر) برش داده شده و در مرکز صفحه دستگاه تحلیل پروفایل بافت (TPA) برای آزمون فشرده‌سازی دو چرخه قرار گرفتند. این تحلیل با استفاده از دستگاه بافت‌سنج مجهز به لودسل ۵۰۰ نیوتن، در دمای محیط و تحت شرایط دو بار فشردگی انجام شد. سرعت پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۵ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت بازگشت ۱ میلی‌متر بر ثانیه، و درصد تغییرات ۵۰ درصد تعیین گردید. نیروی بارگذاری اولیه نیز برابر با ۱۰ گرم بود. در این آزمون، نمونه‌ها تحت تنش محوری ۵۰ درصد قرار گرفتند تا از آسیب و تخریب بافت نمونه‌های گوشت در حین آزمون جلوگیری شود [۱۸].

۲-۷- اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب WHC[4]

ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها با استفاده از روش پیشنهادی هیمونیدس و همکاران (۱۹۹۹) مورد بررسی قرار گرفت. در این روش، ۵ گرم از نمونه با دقت بالا توزین شده و سپس داخل دو لایه کاغذ صافی پیچیده و درون یک لوله فالکون قرار داده شد. فالکون در سانتریفیوژ یخچال‌دار با سرعت ۳٦۰۰g و دمای ۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه

2 . Thiobarbituric acid reactive substances

3 . Texture Profile Analyzer

4 . Water holding capacity

سانتریفیوژ گردید. پس از اتمام فرآیند سانتریفیوژ، نمونه از کاغذ صافی جدا شده و وزن کاغذ و نمونه به‌صورت مجزا ثبت شد. ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه گردید [۲۰].

$$WHC\ g/kg = [\ (\ 1 - Mw\ /Ms\ )1000\ ]$$

Ms= وزن ابتدایی نمونه به گرم

Mw= وزن آب خارج شده از نمونه به گرم پس از سانتریفیوژ کردن

۲-۸- آنالیز آماری

تمامی آزمایش ها حداقل در سه تکرار با استفاده از طرح فاکتوریل کاملا تصادفی انجام شد. داده ها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای متغیرهای معنی دار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمامی داده ها با SPSS نسخه ۲۹ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) تجزیه و تحلیل شدند و نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شد. نمودارها با Excel 2016 ترسیم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی رنگ

نتایج نشان داد که افزودن ال-کارنیتین به جیره غذایی گروه‌های تیمار، به طور قابل توجهی موجب افزایش شاخص زردی (b*) در مقایسه با گروه کنترل شد. بیشترین مقدار زردی مربوط به گروه دریافت‌کننده ۳۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین بود، در حالی که کمترین مقدار در گروه کنترل مشاهده شد. با افزایش غلظت ال-کارنیتین از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم، میزان زردی گوشت افزایش یافت، هرچند این تغییرات از نظر آماری معنادار نبود ($P<0.05$). این افزایش ممکن است به اکسیداسیون چربی‌ها، تجمع رنگدانه‌های زرد، یا تغییرات در ترکیب پروتئین‌های عضلانی مرتبط باشد. علاوه بر این، افزایش مدت زمان نگهداری نیز باعث افزایش زردی گوشت در تمامی نمونه‌ها نسبت به روز صفر شد. بر اساس یافته‌های محققان، رابطه مثبت میان محتوای چربی داخل عضلانی و شاخص زردی (b*) گزارش شده است [۲۱].

از سوی دیگر افزودن ال-کارنیتین به جیره غذایی گروه‌های تیمار به طور معناداری موجب کاهش شاخص قرمزی (a*) گوشت در مقایسه با گروه کنترل شد. این کاهش ممکن است به دلیل کاهش غلظت میوگلوبین، پروتئین اصلی و مسئول ایجاد رنگ قرمز در گوشت، باشد. با این حال، در تمامی گروه‌ها، میزان قرمزی گوشت با گذشت زمان افزایش یافت. در تضاد با این یافته، خو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که مکمل‌سازی جیره غذایی جوجه های نر با ال-کارنیتین به طور قابل توجهی موجب افزایش شاخص a* در گوشت می‌شود [۱۵].

افزودن ال-کارنیتین به جیره غذایی دام‌ها منجر به افزایش شاخص روشنایی (L*) در مقایسه با گروه کنترل شد. بیشترین میزان روشنایی در گروه تیمار با ۳۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین و کمترین میزان در گروه کنترل مشاهده شد. این افزایش ممکن است به کاهش شاخص a* و افزایش رنگدانه‌های زرد (b*) مرتبط باشد [۲۲]. شاخص روشنایی نیز، مشابه سایر شاخص‌ها، با گذشت زمان در تمامی گروه‌ها افزایش یافت. بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، افزایش محتوای چربی داخل عضلانی در گوشت دام‌های تغذیه‌شده با ال-کارنیتین ممکن است با کاهش رطوبت (که با چربی همبستگی معکوس دارد) و مهم‌تر از آن، با مقادیر بالاتر شاخص L* در گوشت این حیوانات ارتباط داشته باشد. در حقیقت، شاخص روشنایی (L*) همبستگی مثبتی با محتوای چربی داخل عضلانی نشان داده است [۲۳].

صلح جو و همکاران ۲۰۱۳ ارتباط مستقیم بین سطح ال-کارنیتین و رنگدانه‌سازی گوشت در بره‌های غزال چرب‌دُم را گزارش کردند [۲۱]. علاوه بر این این محققین در ۲۰۱٤ در یافتند که مکمل‌سازی جیره بره‌های قزل با ال-کارنیتین می‌تواند بافت و رنگ گوشت را در بره‌ها بهبود بخشد و باعث جذاب‌تر شدن گوشت شود اگرچه تأثیر قابل‌توجهی

بر عملکرد رشد نداشت [۲۱]. همچنین اوون و همکاران ۲۰۰۱ در پژوهش خود گزارش کردند که مکمل‌سازی جیره خوک با ال-کارنیتین با افزایش تجمع پروتئین سبب توسعه بهتر عضله، کیفیت گوشت و بهبود رنگ گوشت می شود [۲]. بر اساس نظر لیو و همکاران ۲۰۲۰ مکمل‌سازی با ال-کارنیتین بر متابولیت‌های خون و بیان ژن‌های مرتبط با متابولیسم چربی تأثیرگذار است. این مکمل ها نه تنها موجب کاهش غلظت گلوکز سرم می شوند، بلکه با تغییر در بیان ژن‌های دخیل در متابولیسم چربی، اثرات منفی رژیم‌های غذایی پرانرژی را نیز خنثی می کنند [۱۷, ۲۴].

Table 2. Results of evaluation of optical parameters of meat during the study.

Day	Indicators	Sample		
		Control	Lc 150 mg	Lc 300 mg
0	b^*	11.45 ± 0.35^{e}	12.13 ± 0.21^{de}	12.83 ± 0.40^{bcd}
	a^*	13.37 ± 0.31^{cd}	12.34 ± 0.22^{e}	12.40 ± 0.20^{de}
	L^*	31.50 ± 0.25^{cd}	32.30 ± 0.21^{cd}	32.20 ± 0.51^{b}
3	b^*	12.53 ± 0.46^{cd}	13.13 ± 0.40^{bc}	13.73 ± 0.21^{ab}
	a^*	14.27 ± 0.45^{bc}	14.17 ± 0.36^{bc}	12.33 ± 0.50^{e}
	L^*	32.30 ± 0.50^{cd}	34.20 ± 0.50^{ab}	34.50 ± 0.56^{ab}
7	b^*	12.70 ± 0.57^{cd}	14.17 ± 0.55^{a}	14.53 ± 0.40^{a}
	a^*	15.83 ± 0.26^{a}	14.77 ± 0.57^{b}	14.17 ± 0.45^{bc}
	L^*	33.20 ± 0.56^{bc}	34.80 ± 0.58^{a}	35.00 ± 0.72^{a}

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$).

۳-۲- مقاومت اکسایشی

افزودن ال-کارنیتین به جیره غذایی دام‌ها در روز صفر، همان‌گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، منجر به کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید شد. این کاهش در سطح ۱۵۰ میلی‌گرم به‌طور چشمگیری مشاهده شد، اما تغییرات در این روز از نظر آماری معنی‌دار نبود. بیشترین و کم‌ترین میزان مالون دی‌آلدئید به ترتیب در گروه کنترل و گروه دریافت‌کننده ۱۵۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین مشاهده شد. در روز هفتم، تفاوت معناداری میان سه گروه مشاهده گردید و هر دو گروه تیمار شده نسبت به گروه کنترل کاهش قابل‌توجهی در غلظت مالون دی‌آلدئید نشان دادند. کاهش این شاخص بیانگر کاهش اکسیداسیون لیپیدها در گوشت است که به افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت گوشت طی دوره نگهداری منجر می‌شود.

از سوی دیگر، نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، غلظت مالون دی‌آلدئید افزایش می‌یابد. با این حال، تأثیر ال-کارنیتین در کاهش اکسیداسیون چربی‌ها در دوره‌های طولانی‌تر نگهداری بیشتر نمایان شد و این موضوع نشان‌دهنده نقش مؤثر این ترکیب در کاهش اکسیداسیون چربی‌ها در طی زمان است. علاوه بر این مطالعات پیشین تأیید می‌کنند که ال-کارنیتین ترکیبی آلی است که نقشی کلیدی در انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به میتوکندری‌ها جهت اکسیداسیون و تولید انرژی ایفا می‌کند [۲]. مکمل‌سازی با ال-کارنیتین در بره‌ها می تواند اکسیداسیون لیپیدها و متابولیسم چربی را تحت تاثیر قرار دهد و شواهد نشان می‌دهند که این ترکیب تأثیر مثبتی بر بهبود متابولیسم چربی دارد. که نقشی کلیدی در انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به میتوکندری‌ها جهت اکسیداسیون و تولید انرژی ایفا می‌کند و باعث کاهش اکسیداسیون می گردد [۲۵].

Table 3. Results of assessment of malondialdehyde concentration during the study.

	Day 0	Day 3	Day 7

Control	0.400± 0.020^{e}	0.630± 0.020^{c}	0.840± 0.030^{a}
Lc 150 mg	0.380± 0.015^{e}	0.580± 0.010^{c}	0.770± 0.015^{b}
Lc 300 mg	0.386± 0.010^{e}	0.530± 0.015^{d}	0.720± 0.021^{c}

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$).

۳-۳- ظرفیت نگهداری آب

همان‌طور که در جدول ٤ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که افزودن ال-کارنیتین به جیره گوسفندان باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب (WHC) در گوشت شده است. با افزایش دوز ال-کارنیتین، این پارامتر روندی افزایشی نشان داده است، اما این تغییرات از نظر آماری معنادار نبوده‌اند. علت احتمالی افزایش WHC را می‌توان به تأثیر ال-کارنیتین بر ساختار پروتئین‌های عضلانی نسبت داد. به نظر می‌رسد این ترکیب با تغییر ساختار پروتئین‌ها، توانایی آن‌ها را در جذب و نگهداری آب بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، ال-کارنیتین می‌تواند با تأثیر بر pH گوشت، شرایط مطلوب‌تری برای حفظ آب فراهم کند. کاهش pH پس از کشتار منجر به تغییر در حجم میوفیبریل‌ها و دگرگونی ساختار پروتئینی می‌شود که در نهایت ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد [۲٦].

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که WHC تأثیر مستقیمی بر بافت، نرمی و کیفیت کلی گوشت دارد و تحت تأثیر عواملی مانند نوع عضله، pH، دما و ترکیب پروتئین‌های عضلانی قرار می‌گیرد [۲۷]. به‌طور ویژه، تغییرات pH پیش از جمود نعشی و اتصال میوزین به اکتین در این مرحله، نقش کلیدی در WHC ایفا می‌کنند. پریلو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند که تغییراتpH ، WHC، تردی و رنگ گوشت معمولاً با مقدار چربی، درجه چاقی لاشه و pH نهایی مرتبط است [۲۸].

همچنین، WHCدر طول زمان نگهداری افزایش یافت. این تغییرات احتمالاً ناشی از فرایندهای پس از کشتار و تغییرات در ساختار پروتئینی گوشت است [۲۹].

Table 4. Results of water holding capacity assessment during the study.

	Day 0	Day 3	Day 7
Control	0.130± 0.010^{d}	0.150± 0.030^{cd}	0.190± 0.013^{ab}
Lc 150 mg	0.131± 0.020^{d}	0.170± 0.033^{bc}	0.170± 0.025^{bc}
Lc 300 mg	0.150± 0.010^{cd}	0.180± 0.022^{bc}	0.210± 0.020^{ab}

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$)

۳-٤- ارزیابی بافت گوشت

سختی گوشت به‌عنوان یکی از ویژگی‌های فیزیکی، در گروه کنترل و گروه‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ال-کارنیتین با دوزهای مختلف، در نمودار ۱ نمایش داده شده است. بر اساس این نمودار، در روزهای ۰ و ۳ نگهداری، به‌ترتیب بیشترین و کمترین سختی گوشت مربوط به گروه کنترل و گروه تغذیه‌شده با جیره حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین بود که این تفاوت در این روزها از نظر آماری معنادار است. به‌عبارت دیگر، در روزهای ابتدایی نگهداری (۰ و ۳)، گروه دریافت‌کننده دوز ۳۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین، گوشت نرم‌تری داشتند که نشان‌دهنده تأثیر کوتاه‌مدت این مکمل بر کاهش سختی گوشت است. با این حال، با افزایش زمان نگهداری به روز ۷، تفاوت میان گروه‌های دریافت‌کننده ال-کارنیتین و گروه کنترل کاهش یافته و از نظر آماری معنادار نبود. این یافته نشان‌دهنده ناپایداری اثر نرم‌کنندگی ال-کارنیتین با افزایش زمان نگهداری است.

در تمامی روزهای نگهداری، افزایش دوز ال-کارنیتین از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم در جیره دام‌ها منجر به کاهش سختی

گوشت شد. این کاهش می‌تواند به تغییرات در ترکیب اسیدهای چرب عضله مرتبط باشد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که مکمل‌سازی با ال-کارنیتین قادر است بافت گوشت بره را بهبود داده و نرمی آن را افزایش دهد که این تغییرات احتمالاً به اصلاح ترکیب اسیدهای چرب عضلانی بازمی‌گردد [۳۰]. به‌طور مشابه، اینگ و همکاران (۲۰۱۳) نیز تأثیر مثبت ال-کارنیتین بر کاهش سختی گوشت خوک را گزارش کرده‌اند [۳۱].

ال-کارنیتین، به‌عنوان یک ترکیب طبیعی در بدن، نقش مهمی در متابولیسم چربی‌ها ایفا می‌کند. برخی مطالعات کاهش چربی بدن و محتوای چربی عضلات را با مکمل‌سازی ال-کارنیتین گزارش کرده‌اند که این کاهش ممکن است به‌طور غیرمستقیم بر نرمی گوشت تأثیر بگذارد. بااین‌حال، در برخی تحقیقات دیگر، تأثیر معناداری بر مصرف خوراک، هضم‌پذیری و رشد دام مشاهده نشده است. بر اساس شواهد موجود، دوز و مدت زمان مصرف ال-کارنیتین، همراه با عواملی نظیر نژاد و سن دام، از جمله عوامل تأثیرگذار بر سختی گوشت هستند. علاوه بر این، ترکیب جیره غذایی و میزان انرژی دریافتی می‌توانند بر متابولیسم ال-کارنیتین اثر گذاشته و در نهایت منجر به بهبود کیفیت گوشت شوند [۱۷, ۲۱, ۲٤].

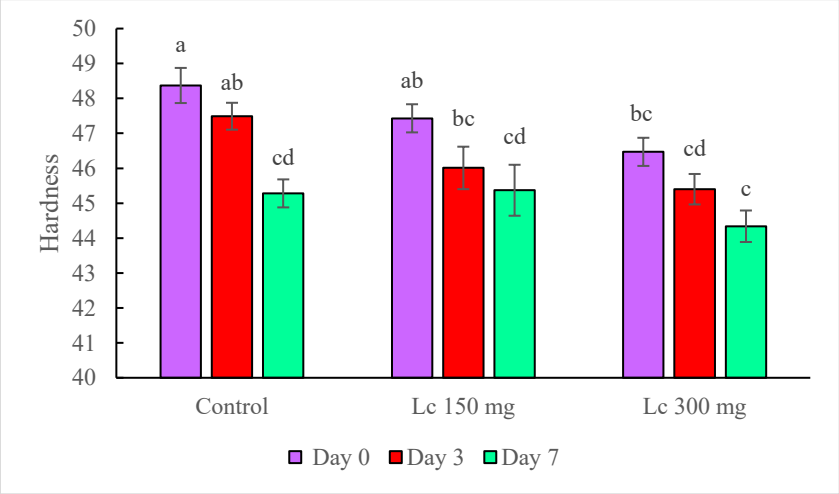

Fig 1. Results of meat hardness assessment during the study.

۳-۵- افت ناشی از پخت

جدول ۵ میزان افت ناشی از پخت گوشت را در روزهای مختلف نگهداری (روزهای ۰، ۳ و ۷) نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که افت پخت در نمونه‌های مختلف در طول دوره نگهداری تفاوت‌هایی داشته، اما این تفاوت‌ها از نظر آماری معنادار نبودند. همچنین، افزودن ال-کارنیتین به جیره غذایی دام‌ها تأثیری بر کاهش میزان آب از دست‌رفته در اثر پخت نشان نداد، اما این کاهش تحت تأثیر مدت زمان نگهداری قرار گرفت. بر اساس مطالعه لئو و همکاران (۲۰۲۰)، افزودن ال-کارنیتین ممکن است افت وزن ناشی از پخت در گوشت بره را افزایش دهد، هرچند این مطالعه به‌طور مستقیم کاهش کلی وزن ناشی از پخت را اندازه‌گیری نکرده است [۲٤]. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که افت وزن در اثر پخت عمدتاً به دلایلی مانند تبخیر آب، کاهش آب میان‌بافتی، و اتلاف مواد محلول رخ می‌دهد. این نتایج همچنین حاکی از آن است که عواملی نظیر مدت زمان نگهداری، دما، و رطوبت محیط نگهداری نقش مؤثری در میزان افت ناشی از پخت ایفا می‌کنند [۲۸].

از سوی دیگر با افزایش مدت زمان نگهداری، تخریب اسکلت سلولی و کاهش توانایی گوشت در نگهداری آب قابل انتظار است که این امر منجر به افزایش افت ناشی از پخت می‌شود. این فرض بر مبنای تأثیر تخریب ساختار

سلولی بر کاهش توانایی بافت در حفظ آب است [۲۵]. با این حال، نتایج مطالعه حاضر با این پیش‌بینی در تضاد بود. این تناقض را می‌توان به تأثیر عوامل متعددی نظیر دما، رطوبت، pH گوشت و ترکیب اسیدهای آمینه نسبت داد که ممکن است بر میزان افت ناشی از پخت اثرگذار بوده و اثر مکمل‌سازی با ال-کارنیتین را تحت تأثیر قرار داده باشند. مکانیسم‌های مؤثر بر افت ناشی از پخت پیچیده هستند و تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل قرار دارند. احتمال دارد مکمل‌سازی با ال-کارنیتین بر برخی از این عوامل تأثیر گذاشته باشد، اما این تأثیر به حدی نبوده است که بتواند تفاوت آماری معناداری را ایجاد کند.

مطالعه اسمیت و همکاران (۱۹۷۸) بر روی گاوهای نر نشان داد که افت ناشی از پخت میان حیواناتی که با جیره‌های معمولی تغذیه شده بودند و آن‌هایی که از فضولات لایه‌های تیمارشده (احتمالاً حاوی ال-کارنیتین) استفاده کرده بودند، تفاوت آماری معناداری نداشت. هرچند برخی شواهد، از جمله گزارش‌هایی مبنی بر افزایش افت وزن ناشی از پخت در گوشت بره به دنبال مصرف ال-کارنیتین، به این مسئله اشاره دارند، اما نتایج مطالعات مختلف همچنان ناسازگار است [۳۲]. این تناقض احتمالاً به دلیل تأثیر نوع روش پخت باشد، زیرا روش پخت نقش برجسته‌تری در افت وزن ناشی از پخت نسبت به مکمل‌سازی با ال-کارنیتین دارد. برای دستیابی به نتایج قطعی، تحقیقات بیشتری جهت ارزیابی مستقیم تأثیر مکمل‌سازی با ال-کارنیتین بر افت وزن ناشی از پخت در هر دو گونه بره و گاو نر مورد نیاز است. افزون بر این، یافته‌های مطالعه لیل و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که پخت در حمام آب، در مقایسه با پخت در آون، منجر به کاهش افت وزن کمتری در برش‌های گوشت بره می‌شود. این نتایج تأکید می‌کند که روش پخت عامل مهم‌تری در افت وزن ناشی از پخت است و ممکن است اثر مکمل‌سازی با ال-کارنیتین به تنهایی چندان قابل‌توجه نباشد [۳۳].

Table 5. Results of the evaluation of cooking loss during the study period.

	Day 0	Day 3	Day 7
Control	22.27± 0.47^{de}	23.63± 0.45^{bc}	25.13± 0.25^{a}
Lc 150 mg	21.67± 0.55^{e}	23.20± 0.36^{cd}	24.57± 0.45^{ab}
Lc 300 mg	22.77± 0.35^{cde}	23.47± 0.31^{bc}	25.70± 0.56^{a}

A-E: Different letters in each column indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$).

٤- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر تأثیر سطوح مختلف ال-کارنیتین بر کیفیت گوشت بره‌های نر سنگسری را ارزیابی کرد و نتایج نشان‌دهنده اثرات مثبت این مکمل بر ویژگی‌های رنگی و کیفیت کلی گوشت می باشد. افزودن ال-کارنیتین، به‌ویژه در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم جیره، به طور معنی‌داری منجر به افزایش شاخص زردی (b*)و کاهش شاخص قرمزی (a*) گوشت شد. این تغییرات احتمالاً به افزایش اکسیداسیون چربی‌ها و تغییر در ترکیبات پروتئینی عضله مرتبط است. همچنین، این سطح از مکمل‌سازی جیره بیشترین روشنایی (L*) را نشان داد که می‌تواند با کاهش رنگدانه‌های قرمز و افزایش رنگدانه‌های زرد مرتبط باشد. نتایج حاکی از کاهش میزان مالوندی‌آلدهید و به‌تبع آن کاهش اکسیداسیون چربی‌ها در گروه‌های دریافت‌کننده ال-کارنیتین بود که موجب بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری گوشت گردید. با این حال، افزایش دوز از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم در برخی موارد منجر به افزایش جزئی مالوندی‌آلدهید شود. اگرچه مکمل‌سازی موقتاً باعث نرم‌تر شدن گوشت شد، این اثر در بلندمدت کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل مشاهده نشد. علاوه بر این، عوامل دیگری مانند مدت زمان نگهداری، دما و رطوبت محیط نیز بر افت ناشی از پخت تأثیر داشتند. به طور کلی، ال-کارنیتین می‌تواند به بهبود ویژگی‌های کیفی گوشت، به‌ویژه در کاهش اکسیداسیون چربی و بهبود ویژگی‌های رنگی کمک کند.

۵-منابع

[1] Zeyner, A. and Harmeyer, J. 1999. Metabolic functions of L-Carnitine and its effects as feed additive in horses. A review. Archives of Animal Nutrition, 52(2): 115-138. DOI: 10.1080/17450399909386157

[2] Owen, K. Q. Jit, H. Maxwell, C. V. Nelssen, J. L. Goodband, R. D. Tokach, M. D. Tremblay, G.C. and Koo, S. I. 2001. Dietary L-carnitine suppresses mitochondrial branched-chain keto acid dehydrogenase activity and enhances protein accretion and carcass characteristics of swine. Journal of Animal Science, 79(12): 3104-3112. DOI: 10.2527/2001.79123104x

[3] Barker, D. L. and Sell, J. L. 1994. Dietary carnitine did not influence performance and carcass composition of broiler chickens and young turkeys fed low-or high-fat diets. Poultry Science, 73(2): 281-287. DOI: 10.3382/ps.0730281

[4] Mast, J. Buyse, J. and Goddeeris, B. M. 2000. Dietary L-carnitine supplementation increases antigen-specific immunoglobulin G production in broiler chickens. British Journal of Nutrition, 83(2): 161-166. DOI: 10.1017/S0007114500000209

[5] Koeth, R. A. Wang, Z. Levison, B. S. Buffa, J. A. Org, E. Sheehy, B. T. Britt, E.B. Fu, X. Wu, Y. Li, L. Smith, J.D. DiDonato, J.A. Chen, J. Li, H. Wu, G.D. Lewis, J.D. Warrier, M. Brown, J.M. Krauss, R.M. Wilson Tang, W.H. Bushman, F.D, Lusis, A.J. and Hazen, S. L. 2013. Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis. Nature medicine, 19(5): 576-585. DOI: 10.1038/nm.3145

[6] Szilagyi, M. 1998. L-carnitine as essential methylated compound in animal metabolism. An overview. Acta Biologica Hungarica, 49: 209-218. DOI: 10.1007/BF03542994

[7] Hassani, M. Mortazavi, S.A., Hassani, M., Ahmadi-Kamazani, N., and Ghotbi, M. 2015. Investigation of technological characteristics of lactobacilli isolated from traditional Sangsar sheep and cow cheeses. Food Sciences and Nutrition, 47(12): 99-107. [In Persian].

[8] Heydarian, M.K. Heydarian, A., and Sedaghat, N. 2024. An Overview of the Traditional Dairy Products Produced by Tribe Sangsar and Providing a Solution for Packaging These Products. Packaging Sciences and Technologies, 15(58): 63-74. DOI: 20.1001.1.22286675.1403.15.58.6.7. [In Persian].

[9] Rahimifar, N. and Mirzadeh, K. 2017. Investigation of the effect of seasonal changes in thyroid hormones on the reproductive performance of farm animals. Veterinary Histobiology 5(2): 37-50. [In Persian].

[10] Murali, P. George, S. K. Ally, K. and Dipu, M. T. 2015. Effect of L-carnitine supplementation on growth performance, nutrient utilization, and nitrogen balance of broilers fed with animal fat. Veterinary World, 8(4): 482. DOI: 10.14202/vetworld.2015.482-486

[11] Meyer, J. Kononov, S. U. Grindler, S. Tröscher-Mußotter, J. Alaedin, M. T. Frahm, J. Huther, L. Kluess, J. Kersten, S. Soosten, D.V. Meyer, U. Most, E. Eder, K. Sauerwein, H. Seifert, J. Huber, K. Wegerich, A. Rehage, J. and Dänicke, S. 2021. Dietary L-carnitine supplementation modifies the lipopolysaccharide-induced acute phase reaction in dairy cows. Animals, 11(1): 136. DOI: 10.3390/ani11010136

[12] Sarica, S. Corduk, M. Ensoy, U. Basmacioglu, H. and Karatas, U. 2007. Effects of dietary supplementation of L-carnitine on performance, carcass and meat characteristics of quails. South African Journal of Animal Science, 37(3): 189-201. DOI: 10520/EJC94534

[13] Meyer, J. Daniels, S. U. Grindler, S. Tröscher-Mußotter, J. Alaedin, M. Frahm, J. Huther, L. Kluess, J. Kersten, S. Soosten, D.V. Meyer, U. Most, E. Eder, K. Sauerwein, H. Seifert, J. Huber, K. Wegerich, A. Rehage, J. and Dänicke, S. 2020. Effects of a dietary L-carnitine supplementation on performance, energy metabolism and recovery from calving in dairy cows. Animals, 10(2): 342. DOI: 10.3390/ani10020342

[14] Kidd, M.T. Mcdaniel, C.D. Peebles, E.D. Barber, S.J. Corzo, A. Branton, S.L. 2004. Breeder hen and broiler dietary carnitine: carry-over and dietary effects on progeny growth and carcass traits. Poultry Science Association Meeting, 83: Abstract W6. p. 316.

[15] Xu, Z. R. Wang, M. Q. Mao, H. X. Zhan, X. A. and Hu, C. H. 2003. Effects of L-carnitine on growth performance, carcass composition, and metabolism of lipids in male broilers. Poultry science, 82(3): 408-413. DOI: 10.1093/ps/82.3.408

[16] Amini, N. Khodai Motlagh, M. Kazemi Benchenari, M. and Khaltabadi Farahani. A.H. 2016. The effect of different sources of omega-3 and omega-6 and L-carnitine on reproductive performance and some blood parameters during the flushing period of Farahani breed ewes. Animal Production Research, 7(14): 108-102. DOI: 10.29252/rap.7.14.108. [In Persian].

[17] 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. Livestock Science, 164: 67-71. DOI: 10.1016/j.livsci.2014.03.019

[18] Parvar, R. Ghorchi, T., and Shams Shargh. M. 2017. The effect of adding rapeseed, soybean and fish oils to the diet on the fatty acid composition and meat quality of fattening lambs. Animal Science Research (Agricultural Science), 27(2): 43-159. [In Persian].

[19] Nam, K. C. and Ahn, D. U. 2003. Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. Journal of food science, 68(5): 1686-1690. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb12314.x

[20] Himonides, A. T. Taylor, K. D. A. and Knowles, M. J. 1999. The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79(6): 845-850. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(19990501)79:6<845::AID-JSFA297>3.0.CO;2-W

[21] Solhjoo, A. Rowghani, E. Bayat, A. and Zamiri, M. J. 2014. The effect of rumen protected L-carnitine on feedlot performance, carcass characteristics and blood metabolites in Iranian fat-tailed Ghezel lambs. Res. Opin. Anim. Vet. Sci, 4(4): 192-197.

[22] Mortimer, R. J. Sialvi, M. Z. Varley, T. S. and Wilcox, G. D. 2014. An in situ colorimetric measurement study of electrochromism in the thin-film nickel hydroxide/oxyhydroxide system. Journal of Solid State Electrochemistry, *18*, 3359-3367. DOI: 10.1007/s10008-014-2618-5

[23] Calnan, H. B. Jacob, R. H. Pethick, D. W. and Gardner, G. E. 2017. Selection for intramuscular fat and lean meat yield will improve the bloomed colour of Australian lamb loin meat. Meat science, 131: 187-195. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.05.001

[24] Liu, G. Ding, Y. Chen, Y. and Yang, Y. 2020. Effect of energy intake and L-carnitine on fattening performance, carcass traits, meat quality, blood metabolites, and gene expression of lamb. Small Ruminant Research, 183: 106025. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2019.106025

[25] Martín, A. Giráldez, F. J. Cremonesi, P. Castiglioni, B. Biscarini, F. Ceciliani, F. Santos, N. Nuria, and Andrés, S. 2022. Dietary administration of l-carnitine during the fattening period of early feed restricted lambs modifies ruminal fermentation but does not improve feed efficiency. Frontiers in Physiology, 13: 840065. DOI: 10.3389/fphys.2022.840065

[26] Farouk, M. M. Mustafa, N. M. Wu, G. and Krsinic, G. 2012. The "sponge effect" hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing. Meat Science, 90(3): 670-677. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.10.012

[27] Yue, K. Cao, Q. Q. Shaukat, A. Zhang, C. and Huang, S. C. 2024. Insights into the evaluation, influential factors and improvement strategies for poultry meat quality: a review. npj Science of Food, 8(1): 62. DOI: 10.1038/s41538-024-00306-6

[28] Priolo, A. Micol, D. and Agabriel, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Animal research, 50(3): 185-200. DOI: 10.1051/animres:2001125

[29] Warner, R. D. 2023. The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. In *Lawrie's meat science*, 457-508. Woodhead Publishing. DOI: 10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X

[30] Martín González, A. Giráldez, F. J. Mateo, J. Caro, I. and Andrés, S. 2023. Dietary administration of L-carnitine during the fattening period of early feed restricted lambs modifies lipid metabolism and meat quality. DOI: 10.1016/j.meatsci.2023.109111

[31] Ying, W. Tokach, M. D. DeRouchey, J. M. Houser, T. E. Dritz, S. S. Goodband, R. D. and Nelssen, J. L. 2013. Effects of dietary L-carnitine and dried distillers grains with solubles on growth, carcass characteristics, and loin and fat quality of growing-finishing pigs. Journal of Animal Science, 91(7): 3211-3219. DOI: 10.2527/jas.2012-5606

[32] Smith, O. B. Macleod, G. K. and Usborne, W. R. 1978. Organoleptic, chemical and bacterial characteristics of meat and offals from beef cattle fed wet poultry excreta. Journal of Food Protection, 41(9): 712-716. DOI: 10.4315/0362-028X-41.9.712

[33] Leal, M. D. S. Baldassini, W. A. de NS Torres, R. Curi, R. A. Pereira, G. L. Chardulo, L. A. L. Santos, R.F. Meirelles, P.R.L. and Costa, C. 2023. Assessment of lamb meat quality in two cooking methods: Water bath versus oven cooking. Small Ruminant Research, 229: 107127. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2023.107127

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of Diatary supplementation of L-carnitine on male Sangsari lambs meat quality

Mohammadtaghi Heydarian[1], Ashkan Jebelli Javan[*2], Farzad Mirzaei Aghjehgheshlagh[3], MohammadKazem Heydarian[4] , Mahdi Panahee [5]

1- Postdoctoral Researcher ،Food Hygiene,,faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

2- Associate Professor department of food hygiene and quality control faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

3- Professor, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

4- PhD student, Department of food Science and engeering, faculty of agriculture, ferdowsi university, mashhad, Iran

5- Master's degree student in Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, semnan, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2025/2/8

Accepted:2025/3/12

Keywords:

Meat Quality,

L-carnitine,

Oxidative Stability,

Color Parameters,

Nutritional Supplementation

DOI: **10.22034/FSCT.22.163.257.**

*Corresponding Author E-

jebellija@semnan.ac.ir

ABSTRACT

L-carnitine is used as a nutritional supplement in animal nutrition to improve meat quality and reduce fat oxidation. This study was conducted on male Sangsari lambs with the aim of investigating the effect of L-carnitine on color characteristics, fat oxidation, tenderness, and meat cooking loss. The lambs were divided into three groups of control, 150, and 300 mg L-carnitine per kilogram of diet. The results showed that the addition of L-carnitine to the diet, especially at the 300 mg level, caused significant changes in meat color parameters; such that the intensity of yellowness increased and the amount of redness decreased. These changes are probably due to increased fat oxidation and changes in muscle protein composition. The group receiving 300 mg showed the highest level of brightness, which may be related to a decrease in red pigments and an increase in yellow pigments. Measurement of malondialdehyde, an indicator of fat oxidation, showed that L-carnitine significantly reduced fat oxidation, resulting in improved meat quality and shelf life. L-carnitine supplementation also temporarily tenderized the meat, but this effect decreased over time. No significant differences were observed between groups in terms of cooking loss. Overall, L-carnitine may improve meat quality, but further studies are needed to confirm the results.