مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۳۱ شماره ۲/ سال۱۴۰۰/ صفحات ۱۱۱ تا ۱۲۷

DOI: 10.22034/AS.2021.39930.1568

تأثیر سطوح مختلف ال-کارنیتین بر عملکرد رشد، صفات لاشه، سیستم ایمنی، جمعیت میکروبی روده کور، بافت‌شناسی روده باریک و ترکیب اسیدهای چرب گوشت سینه جوجه‌های گوشتی

مریم عزیزی چکوسری[1] ، مهرداد بویه[2] و علیرضا صیداوی[3]

تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۲۷

[1]دانشجوی دکترا، گروه علوم دامی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

[2]استادیار، گروه علوم دامی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

[3] استاد، گروه علوم دامی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

*مسئول مکاتبه: E mail: mbouyeh@gmail.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: ال-کارنیتین برای کاهش تجمع چربی در بدن و حفظ سلامت طیور مفید است. **هدف**: این آزمایش به‌منظور بررسی امکان بهبود عملکرد رشد، صفات لاشه، فراسنجه‌های خونی و ایمنی جوجه‌های گوشتی با افزودن ال-کارنیتین به جیره، انجام شد. **روش کار**: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار، ٤ تکرار و ۱۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در هر تکرار به مدت ٤۲ روز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۳ سطح ال- کارنیتین (۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) بودند که در ترکیب با جیره پایه مورد استفاده قرار گرفتند.. **نتایج**: در دوره پایانی آزمایش، جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی ٤۰۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم ال-کارنیتین بطور معنی‌داری دارای خوراک مصرفی و ضریب تبدیل کمتر و افزایش وزن بیشتری (۱/۳ درصد) نسبت به شاهد بودند (P<۰/۰۵). افزایش سطح ال-کارنیتین بطور معنی‌داری موجب افزایش کارایی شاخص تولید اروپایی شد (P<۰/۰۵). کاربرد ٤۰۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم ال-کارنیتین بطور معنی‌داری (P<۰/۰۵) موجب کاهش چربی بطنی، کلسترول، تری‌گلیسیرید، لیپوپروتئین با دانسیته خیلی کم[1](VLDL) و افزایش پروتئین کل و HDL شد. تیتر آنتی بادی علیه ویروس نیوکاسل، ایمونوگلوبولین کل در ۳۵ و ٤۲ روزگی با کاربرد ال-کارنیتین به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) افزایش یافت. ال-کارنیتین در بهبود خواص حسی گوشت سینه اثر مثبت و معنادار (P<۰/۰۵) داشت. بیشترین مقدار اولئیک اسید (18:1c) و لینولئیک اسید (18:2c) در گوشت سینه به‌ترتیب با کاربرد ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم/کیلو گرم ال-کارنیتین بدست آمد. همچنین طول پرز روده با افزایش سطح ال-کارنیتین در جیره افزایش و عمق کریپت کاهش یافت. **نتیجه‌گیری نهایی**: با توجه به اثر مثبت ال-کارنیتین در پژوهش حاضر، تکمیل جیره جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با ٤۰۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم ال-کارنیتین جهت بهبود عملکرد رشد، کاهش چربی بطنی، بهبود فراسنجه‌های خونی و ایمنی و افزایش اسیدهای چرب ضروری لاشه، قابل توصیه است.

واژگان کلیدی: ال-کارنیتین، شاخص تولید اروپایی، کیفیت گوشت، ، ترکیب اسید چرب، جوجه گوشتی

[1] Very Low Density Lipoprotein

مقدمه

امروزه با افزایش بیماری‌های مختلف، تمایل به مصرف غذاها و فرآورده‌های چرب از جمله گوشت مرغ با چربی زیاد در سبد غذایی خانوارها کاهش و در عوض مصرف گوشت مرغ افزایش یافته است. از طرفی در تولید انبوه طیور، تجمع بیش از حد چربی بطنی به‌عنوان ضایعات کشتارگاهی بوده و تولیدکنندگان به‌دنبال راهکارهایی جهت کاهش چربی‌های بطنی و خونی برای کاهش هزینه‌های تولید و همچنین تولید مرغ‌های سالم‌تر هستند (کارترایت ۱۹۸٦و لین و هورنگ ۲۰۰۱). در این میان، تغییر در میزان و سطوح مواد مغذی جیره و کاربرد برخی مکمل‌های غذایی کاهنده چربی با منشاء گیاهی و شیمیایی به‌عنوان راه‌حل موثری برای رفع این معضل پیشنهاد شده است.

ال-کارنیتین (ال-تری متیل ۳- هیدروکسی آمینو بوتانوآت) یک شبه ویتامین و آمینو اسید تغییر شکل یافته است که سنتز آن در اندام‌های مختلف بدن (میتوکندری، کلیه، کبد، مغز و ماهیچه‌ها) فرآیندی چند مرحله‌ای است و نیاز به دو اسید آمینه لیزین و متیونین دارد (هرنکار و همکاران ۲۰۱۵ و فرخیان و همکاران ۲۰۱٤). سنتز کارنیتین در بدن موجودات زنده مختلف نیاز به آنزیم‌ها و همچنین کوفاکتورهایی مانند اسیدآسکوربیک، نیاسین، پیریدوکسین[1] و آهن سه ظرفیتی دارد و در صورتی که این پیش‌سازها به مقدار کافی در جیره وجود داشته باشند طیور و پستانداران قادرند بخشی از کارنیتین مورد نیاز خود را تولید نمایند (ارسلان ۲۰۰٦ وقریشی و همکاران ۲۰۱۹).

ال -کارنیتین به‌عنوان یک داروی کاهنده چربی پلاسما محسوب می‌شود که موجب کاهش کلسترول، تری گلیسیرید، اسیدهای چرب آزاد، فسفولیپیدها و لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین[2] و همچنین افزایش لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا می‌شود (دیاز و همکاران ۲۰۰۰). ال - کارنیتین علاوه بر اکسیداسیون اسیدهای چرب در متابولیسم کربوهیدرات‌ها نیز نقش دارد (مینگرون و همکاران ۱۹۹۹). در حال حاضر کاربرد مکمل غذایی ال - کارنیتین به‌عنوان جزئی از مواد ضروری بدن جهت افزایش بازده انرژی و چربی غذا و همچنین کاهش تجمع چربی بطنی و پلاسما در علوم غذایی در حال افزایش است (لین و هورنگ ۲۰۰۱، هرنکار و همکاران ۲۰۱۵و خطیب‌جو و همکاران ۲۰۱٦).

در پژوهش‌های پیشین، کاربرد ال کارنیتین در جیره طیور و جوجه‌های گوشتی در کنترل چربی خون، چربی بطنی و در کل سلامت طیور موثر گزارش شده است (گلزار ادبی و همکاران ۲۰۱۱، لین و هورنگ ۲۰۰۱). کاربرد ال - کارنیتین در تغذیه طیور، به افزایش راندمان مصرف انرژی کمک می‌کند تا طیور سریع‌تر به انرژی مورد نیاز خود از لیپیدهای جیره دست پیدا کنند. همچنین، اثر ال-کارنیتین در کاهش مصرف خوراک (خطیب‌جو و همکاران ۲۰۱٦ و میرزاپور سراب و همکاران ۲۰۱٦)، افزایش وزن زنده (کید و همکاران ۲۰۰۹و ربیعی و همکاران ۱۹۹۷)، افزایش وزن نهایی، بهبود ضریب تبدیل خوراک، بهبود خصوصیات لاشه (هرنکار و همکاران ۲۰۱۵) و کاهش چربی شکمی (بابازاده اقدم و همکاران ۲۰۱۵ وزو و همکاران ۲۰۰۳) گزارش شده است. نتایج پژوهش جعفری گلرخ و همکاران (۲۰۱٦) نشان داد که کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی-گرم /کیلوگرم ال-کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی موجب بهبود عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های خونی می‌شود. ماست و همکاران (۲۰۰۰) معتقدند که کاربرد ال- کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی عملکرد سیستم ایمنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نتایج پژوهش لین و هورنگ (۲۰۰۱) نشان داد که میزان تری-گلیسیرید خون جوجه‌هایی که با ال- کارنیتین تغذیه شده بودند نسبت به شاهد کاهش می‌یابد، اما غلظت کلسترول، فسفولیپیدها و لیپوپروتئین سرم تحت تأثیر ال- کارنیتین تغییر نمی‌کند. کاهش مقدار تری گلیسیرید

[1] Pyridoxine

سرم خون با کاربرد ال- کارنیتین در پژوهش ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش و دلیل آن افزایش کاتابولیسم[1] اسیدهای چرب توسط ال-کارنیتین عنوان شده است.

در اکثر پژوهش‌های گذشته، اثر ال - کارنیتین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های خونی و ایمنی بررسی شده است و اطلاعات اندکی در خصوص اثر افزودن ال- کارنیتین بر جمعیت میکروبی روده کور، خواص حسی گوشت سینه، ترکیب اسیدهای چرب گوشت لاشه و بافت‌شناسی روده باریک جوجه‌های گوشتی وجود دارد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مناسب ال کارنیتین در پژوهش‌های قبلی (۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم / کیلوگرم) در تحقیقی جامع-تر روی عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، فراسنجه‌های خونی، عملکرد سیستم ایمنی، جمعیت میکروبی روده کور، خواص حسی گوشت سینه، ترکیب اسیدهای چرب گوشت سینه و بافت‌شناسی روده باریک جوجه‌های گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر ال-کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی، آزمایشی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه جیرهٔ غذایی آزمایشی، در ٤ تکرار، ۱۰ قطعه جوجه با وزن تقریبی ۲±٤٥ گرم در هر پن به ابعاد ۱/٥ در ۱/٥ مترمربع و جمعا ۱۲۰ جوجه به مدت ٤۲ روز انجام شد. جوجه‌های مورد استفاده از یک موسسه خصوصی جوجه کشی وابسته به فارم مادر واقع در شهرستان رشت خریداری شد. تیمارهای مورد مطالعه عبارت بودند از:

۱- جیره پایه بر اساس ذرت -کنجاله سویا (بدون افزودن ال-کارنیتین)

۲- جیره پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین

۳- جیره پایه + ٤۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین

قرص ال-کارنیتین ٥۰۰ میلی‌گرم از شرکت داروسازی و مکمل‌های غذایی کارن (تهران، ایران) خریداری و براساس غلظت‌های مورد نظر استفاده شد. اجزاء و ترکیب جیرهٔ پایه در دوره‌های آغازین (۱-۱٤ روزگی)، رشد (۱٥- ۲۸ روزگی) و پایانی (۲۹-٤۲ روزگی) مطابق با جدول‌های احتیاجات تغذیه‌ای جوجه‌های گوشتی سویه تجاری راس ۳۰۸ (۲۰۱۳) تنظیم گردید (جدول ۱). شرایط محیطی برای تمامی گروه‌ها، مشابه و شامل ۲۳ ساعت نوردهی و یک ساعت تاریکی و رطوبت ۷۰-٥۰ درصد بود. دمای سالن در هفته اول ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود که هر هفته ۳ درجه سانتی‌گراد کاهش دما اعمال شد و از هفته چهارم تا پایان آزمایش، دمای سالن بین ۲۲ تا ۲٤ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در کل دوره، تمامی جوجه‌ها به آب و خوراک دسترسی آزادانه داشتند. واکسیناسیون برای جلوگیری از بیماری‌های برونشیت (۱ و ۱۲ روزگی)، نیوکاسل و آنفولانزا (۱۰ و ۱۹ روزگی) و گامبورو (۱٥، ۲۲ و ۲۸ روزگی) انجام شد. تمامی واکسن‌های مورد استفاده از شرکت داروسازی رازی (کرج، ایران) تهیه شد.

اندازه‌گیری صفات

در پایان هر هفته وزن جوجه‌ها، مقدار خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک و در پایان آزمایش وزن قطعات و اندام‌های مختلف لاشه دو جوجه از هر تکرار پس از اعمال دو ساعت گرسنگی اندازه‌گیری شد (فرخیان و همکاران ۲۰۱٤). شاخص کارایی تولید اروپایی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (آویاژن ۲۰۱۸):

۱۰۰× (تعداد روزهای پرورش × ضریب تبدیل) /(وزن نهایی به کیلوگرم × درصد زنده مانی) = شاخص کارایی تولید اروپایی

جهت اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی در پایان آزمایش (٤۲ روزگی) از هر پن یک جوجه به طور تصادفی انتخاب و خونگیری از ورید بال انجام شد. نمونه‌های خون در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد تا لخته شدن

[1] Catabolism

نگهداری شدند. سپس جداسازی سرم شفاف از نمونه-های خون توسط دستگاه سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه) (Eppendorf Centrifuge 5702, Germany) انجام شد. سرم حاصل در میکروتیوب‌های نیم‌میلی‌لیتر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیر نگهداری شدند. اندازه‌گیری گلوگز، تری گلیسیرید، کلسترول، پروتئین، آلبومین، HDL، LDL و VLDL نمونه‌های خون توسط دستگاه اتوآنالایزر (Hitachi 917, Japan) و با استفاده از کیت‌های تجاری بیوشیمی (پارس آزمون، ایران، تحت لیسانس شرکت دیاگنوستیک سیستمز آلمان) انجام شد (حسینی‌تبار و همکاران ۲۰۱۵).

جهت تعیین تاثیر ال-کارنیتین بر عملکرد سیستم ایمنی، وزن نسبی اندام های مرتبط با سیستم ایمنی شامل طحال، بورس فابریسیوس و تیموس در روز پایانی آزمایش از لاشه سه جوجه ذبح شده از هر تکرار خارج و با تراوزی دیجیتال (A&D GF300, Japan) با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در این پژوهش، تست SRBC (عیار پادتن تولید شده علیه گلبول قرمز گوسفند)، تیتر نیوکاسل (NDV) و آنفلونزا (AIV) انجام شد؛ بدین-منظور در روزهای ۲۸ و ۳۵ آزمایش، ۰/۱ سی‌سی سوسپانسیون ۵ درصد SRBC به ورید بال دو جوجه مشخص از هر تکرار تزریق شد. هفت روز بعد، از جوجه‌های تزریق شده، خونگیری انجام شد و ۱۶ ساعت بعد (پس از انعقاد خون) سرم خون جدا شد. از روش هماگلوتیناسیون میکروتیتر برای تعیین تیتر آنتی-بادی علیه گلبول قرمز گوسفند (۳۵ و ۴۲ روزگی) استفاده شد. برای تعیین عیار آنتی‌بادی علیه نیوکاسل و آنفلونزا در ۴۲ روزگی از ورید بال دو جوجه از هر تکرار خونگیری (۲/۵ میلی‌لیتر) انجام و سرم آن جدا شد. سپس با استفاده از روش هماگلوتیناسیون عیار آنتی‌بادی علیه نیوکاسل و آنفلونزا محاسبه شد. برای تعیین عیار آنتی‌بادی مقاوم به ۲- مرکاپتواتانول (IgG)، آنتی‌بادی حساس به ۲- مرکاپتواتانول (IgM) و ایمنوگلوبین کل، خون‌های جمع آوری شده در روز پایانی به مدت ۱۵ دقیقه با ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سرم جدا شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد. برای انجام آزمایش مذکور نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۶ درجه سانتی‌گراد یخ‌گشایی شدند سپس نصف نمونه‌ها برای سنجش عیار پادتن کل و نصف نمونه برای تعیین عیار آنتی‌بادی مقاوم به ۲- مرکاپتواتانول (IgG) استفاده شد. با کسر تیتر عیار آنتی‌بادی مقاوم به ۲- مرکاپتواتانول (IgG) از تیتر پادتن تام، تیتر عیار آنتی‌بادی حساس به ۲- مرکاپتواتانول (IgM) بدست آمد (صیداوری و همکاران ۲۰۱۴).

جهت بررسی جمعیت میکروبی روده کور، در سن ۴۲ روزگی از محتوبات روده کور نمونه‌گیری انجام شد. بدین‌منظور از هر تکرار یک جوجه بطور تصادفی انتخاب و بلافاصله پس از کشتار، دستگاه گوارش آن خارج و مقدار یک میلی‌لیتر از محتویات روده کور با استفاده از سمپلر برداشته شد. نمونه آماده شده به ظرف حاوی بافر فسفات منتقل و بخوبی مخلوط شد. از محیط کشت De Man, Rogosa, Sharpe agar برای کشت لاکتوباسیل، Eosin Methylene Blue برای کشت اشرشیاکلی و MacConkey agar برای کشت کلی فرم و SPS Agar (Sulfite Polymyxin Sulfadiazine) برای کشت کلستریدیوم استفاده شد. تمامی محیط کشت‌های مورد استفاده محصول مرک آلمان بودند (دیباجی و همکاران ۲۰۱۴).

برای ارزیابی خصوصیات چشایی گوشت، گوشت سینه دو عدد جوجه از هر تکرار در حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه بدون افزودن ادویه و روغن پخته شد. سپس نمونه‌های پخت شده شماره-گذاری و جهت بررسی در اختیار افراد آموزش‌دیده (پانل ۶ نفری) جهت نمره‌دهی از لحاظ رنگ، عطر، احساس دهانی و مطلوبیت کلی (مقیاس ۰ تا ۱۰) قرار گرفت (خواجوی و همکاران ۲۰۱۴).

به منظور بررسی ترکیب اسیدهای چرب گوشت سینه از روش فولچ و همکاران (۱۹۵۷) استفاده شد. بدین-منظور، ۲۰ گرم گوشت خرد شده با ۵۰ میلی‌لیتر کلروفرم و متانول حاوی بوتیلات هیدروکسی تولوئن ۰/۰۱ درصد به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه هموژنایزر (Wiggens, D-130, Germany) قرار داده شد و سپس به مدت ۵ دقیقه با شیکر مخلوط شد؛ به نمونه حاصل به میزان یک پنجم حجم آن آب مقطر اضافه و به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ (۴۰۰ دور در دقیقه) شد. فاز رویی محلول حاصل دور ریخته شد و به فاز پایینی به میزان یک پنجم حجم آن آب مقطر اضافه و سانتریفیوژ شد. این عمل سه بار تکرار و در نهایت فاز غیرآلی استخراج شد. نمونه حاصل تحت مجاورت گاز نیتروژن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد داخل بن ماری خشک شد. به روغن حاصل یک میلی‌لیتر هگزان اضافه و تا استخراج اسیدهای چرب در فریزر نگهداری شد. ترکیب اسیدهای چرب گوشت سینه توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent, 6890N, American) آنالیز و گزارش شد.

برای بررسی بافت‌شناسی روده باریک (ژژنوم)، در پایان آزمایش حدود ۲ سانتی‌متر از روده جوجه‌های کشتار شده جهت بررسی بافت ژژونوم جوجه‌ها نمونه‌برداری شد. بلافاصله نمونه‌ها جهت جلوگیری از تخریب بافت توسط آنزیم‌ها و باکتری‌ها و برای حفظ ساختمان فیزیکی به ظروف پلاستیکی حاوی فرمالین ۱۰ درصد منتقل شدند و سپس به کمک دستگاه (Lab Tissue processor (SC, Germany عمل خروج آب از نمونه‌ها و شفاف‌سازی انجام شد. پس از ۱۲ ساعت نمونه‌ها از دستگاه خارج و توسط دستگاه میکروتوم برش‌هایی به قطر ٤ میکرومتر از بافت تهیه شد؛ سپس رنگ‌آمیزی نمونه‌ها توسط هماتوکسیلین - ائوزین و لامل‌گذاری انجام شد و به‌وسیله میکروسکوپ (Olympus, CX23, Japan) با بزرگنمایی ۱۰ و ٤۰، فراسنجه‌های بافت‌شناسی روده شامل طول پرز، عمق کریپت و ضخامت ماهیچه ۵ نمونه از هر تکرار ارزیابی شد (ساکاموتو و همکاران ۲۰۰۰).

تجزیه و تحلیل آماری

در آزمون نرمالیته مشخص شد که داده‌های آزمایش از توزیع نرمال برخوردار هستند. داده‌های حاصل توسط نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ (SAS 2002) تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد و با آزمون چند دامنه دانکن انجام شد. طرح مورد استفاده در این پژوهش طرح کاملا تصادفی و مدل آن بصورت زیر است:

$$Y_i=\mu+A_i+E_i$$

Y_i= مقدار مشاهده؛

μ= میانگین جامعه؛

A_i= اثر ال-کارنیتین در جیره (۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)؛

E_i=اثر خطای آزمایش.

نتایج و بحث

عملکرد رشد

اثر مکمل‌سازی جیره جوجه‌های گوشتی با سطوح مختلف ال-کارنیتین بر خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در سنین مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر ال-کارنیتین بر مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک (FCR) در دوره آغازین و افزایش وزن بدن در دوره‌های آغازین و رشد معنی-دار نشد ($P\geq0/05$)؛ اما کاربرد ال-کارنیتین در جیره بطور معنی‌داری موجب کاهش مصرف خوراک و FCR در دوره‌های رشد و پایانی شد ($P<0/05$). کاهش مصرف خوراک را می‌توان به اثر ال-کارنیتین بر افزایش راندمان مصرف انرژی جیره ربط داد که موجب شده است جوجه‌ها با مصرف حجم کمتری از خوراک، انرژی لازم را بدست آورند (Akbari-Azad et al., 2010). در دوره پایانی نیز ال کارنیتین به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) موجب افزایش وزن بدن شد و بیشترین وزن با کاربرد ٤۰۰ میلی‌گرم درکیلوگرم ال کارنیتین

(۲۳٦۷/۷۵گرم) بدست آمد. شاخص تولید اروپایی در کل دوره نیز به‌طور معنی‌داری با افزایش سطح ال-کارنیتین افزایش یافت (P<۰/۰۵)، بطوری‌که بیشترین شاخص تولید اروپایی متعلق به تیمار ٤۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین (۳۱۲/۷۵) بود (جدول ۲). افزایش عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی در اثر مصرف ال کارنیتین می‌تواند به تاثیر این ماده بر بهبود متابولیسم نیتروژن و بهبود راندمان استفاده از پروتئین جیره مربوط باشد. ال-کارنیتین از طریق ممانعت از عرضه پیش‌سازهای بیوسنتز پروتئین و همچنین بهینه کردن اسیدهای آمینه در سلول سبب افزایش بهره‌وری از نیتروژن و پروتئین جیره می‌شود (بریمیر ۱۹۸۳). در پژوهش اکبری آزاد و همکاران (۲۰۱۰) کاربرد ال کارنیتین موجب کاهش مصرف خوراک، افزایش وزن و افزایش شاخص تولید اروپایی شد. محققان معتقدند که کاربرد ال-کارنیتین از طریق افزایش اکسیداسیون چربی در جیره موجب افزایش راندمان و بهره‌وری مصرف انرژی و کاهش مصرف خوراک می‌شود (خطیب‌جو و همکاران ۲۰۱٦، میرزاپور سراب و همکاران ۲۰۱٦). نتایج پژوهش پناهی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که کاربرد ال - کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی موجب افزایش وزن پایان دوره می‌شود. دلیل افزایش وزن در جوجه‌های تغذیه شده با ال-کارنیتین می‌تواند ناشی از تأثیر این ماده بر افزایش فاکتور رشد انسولین-I و همچنین افزایش دسترسی جوجه‌ها به انرژی مواد غذایی باشد (کیتا و همکاران ۲۰۰۲). ربیعی و سزیلاگیا (۱۹۹۸) معتقدند که اثر ال کارنیتین بر بهبود FCR به تاثیر این ترکیب بر بهبود سوخت و ساز نیتروژن مربوط است. پارسایی مهر و همکاران (۲۰۱۳) عنوان کردند که افزودن ال-کارنیتین به جیره جوجه-های گوشتی موجب بهبود وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در پایان دوره می‌شود. نتایج مشابهی در پژوهش بابازاده اقدم و همکاران (۲۰۱۵) و هرنکار و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است. نتایج پژوهش اکبری آزاد و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که کاربرد ۳۷۵ میلی‌گرم/کیلوگرم ال کارنیتین در جیره موجب کاهش مصرف خوراک، افزایش وزن و افزایش کارایی تولید اروپایی می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

خصوصیات لاشه

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه و وزن نسبی اجزای روده در جدول‌های ۳ و ٤نشان داده شده است. اثر ال-کارنیتین بطور معنی‌داری موجب کاهش وزن نسبی بال، ران و دئودنوم شد (P<۰/۰۵). کاربرد ال-کارنیتین بطور معنی‌داری (P<۰/۰۵) موجب کاهش چربی محوطه بطنی شد و کمترین چربی بطنی (۰/۳۵۵ درصد) متعلق به جوجه‌های تغذیه شده با ٤۰۰ میلی‌گرم درکیلوگرم ال-کارنیتین بود. در پژوهش جعفری گلرخ و همکاران (۲۰۱٦) کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ال-کارنیتین موجب بهبود وزن لاشه خالی، لاشه پر، وزن سینه، وزن ران، وزن سنگدان، وزن قلب و وزن چربی بطنی جوجه‌های گوشتی شد. تاثیر ال-کارنیتین بر چربی بطنی احتمالا به اثر این ماده بر کاهش فعالیت آنزیم‌های موثر در سنتز اسیدهای چرب (گلوکز-٦-فسفات دهیدروژناز، مالیک دهیدروژناز و ایزو سیترات دهیدروژناز) مربوط است. با کاهش این آنزیم‌ها، سنتز اسیدهای چرب و بدنبال آن تجمع چربی در بافت‌ها کاهش می‌یابد (زو و همکاران ۲۰۰۳، رجب‌زاده نسوان و همکاران ۲۰۱۳). گروهی از محققان معتقدند که ال-کارنیتین با تغییر در متابولیسم چربی‌ها (بورتله و لین ۱۹۹٤) و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد (وانگ و همکاران ۲۰۰۰) موجب کاهش تجمع چربی در بافت‌ها می‌شود. کاهش چربی بطنی با کاربرد ال-کارنیتین در جیره در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (مورالی و همکاران ۲۰۱۵، بابازاده اقدم و همکاران ۲۰۱۵ و فرخیان و همکاران ۲۰۱٤) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

فراسنجه‌های خونی

نتایج مربوط به اثر ال-کارنیتین بر فراسنجه‌های خونی در جدول ۵ نشان داده شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطح ال-کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی مقدار تری‌گلیسیرید، کلسترول و VLDL بطور معنی‌داری (P<۰/۰۵) کاهش و مقدار پروتئین کل، HDL و نسبت HDL/LDL افزایش می‌یابد (P<۰/۰۵). مقدار LDL با کاربرد ال کارنیتین نسبت به شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵) و کمترین مقدار LDL به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین اختصاص داشت (جدول ۵).

Table 1- Feed ingredients and chemical compounds of diets

Feed ingredient (percentage)	Starter (1-14 days)	Grower (15-28 days)	Finisher (29-42 days)
Yellow Corn	47.03	59.60	65.99
Wheat	5.58	5.00	5.00
Soybean meal (44% crude protein)	29.02	16.15	10.28
Corn gluten	10.00	11.48	11.50
soybean oil	3.50	3.40	3.09
Limestone	1.45	1.23	1.00
Di-calcium phosphate	1.95	1.80	1.83
salt	0.20	0.20	0.20
Vitamin and mineral premix	0.50	0.50	0.50
DL-methionine	0.52	0.58	0.57
L-Lysine hydrochloride	0.25	0.06	0.04
Calculated nutrients			
Metabolisable energy (kilocalories per kilogram)	2950	3000	3050
Crude protein (%)	22	20	19
Lysine (%)	1.3	1.2	1.1
Methionine (%)	0.56	0.54	0.52
Methionine + cysteine (%)	0.92	0.90	0.88
Calcium (%)	1.04	0.95	0.92
Available phosphorus (%)	0.52	0.47	0.41

1- The amount of vitamins and minerals per kg of the final diet: vitamin A, 9000 IU; vitamin D3, 3000 IU; vitamin E, 18 IU; vitamin K3, 3 mg; vitamin B1 (Thiamine), 1.8 mg; vitamin B2 (Riboflavin), 6 mg; vitamin B6 (Pyridoxine), 3 mg; vitamin B12 (Cyanocobalamin), 0.012 mg; vitamin B3 (Niacin), 30 mg; vitamin B9 (Folic acid),1 mg; vitamin H3 (Biotin), 0.24 mg; vitamin B5 (Pantothenic acid), 10 mg; 500 mg; Choline, 100 mg; Mn, 100 mg; Zinc, 80 mg; Iron, 10 mg; Cu, 1 mg; I, 0.2 mg.

Table 2- Performance (mean ±SEM) of Ross 308 broilers at starter, grower and finisher periods of age fed diets containing the different levels of L-carnitine

	Starter (1-14d)			Grower (15-28d)			Finisher (29-42)			End of period (1-42)			
	Feed Intake (g)	Body Weight Gain (g)	Feed Conversion Ratio	Feed Intake (g)	Body Weight Gain (g)	Feed Conversion Ratio	Feed Intake (g)	Body Weight Gain (g)	Feed Conversion Ratio	Feed Intake (g)	Body Weight Gain (g)	Feed Conversion Ratio	European Production Efficiency Factor (EPEF)
Control	512.50	388.75	1.317	1461.00[a]	872.75	1.675[a]	2512.5[a]	1075.25[b]	2.335[a]	4486.00[a]	2336.75[b]	1.920 [a]	300.07[c]
L-carnitine (200 mg/kg)	506.25	390.75	1.295	1447.00[b]	873.25	1.657[b]	2490.5[b]	1083.75[b]	2.300[b]	4443.75[b]	2347.75[b]	1.892 [b]	305.41 [b]
L-carnitine (400 mg/kg)	508.75	391.50	1.300	1437.25[b]	877.75	1.637[c]	2466.5[c]	1098.50[a]	2.245[c]	4412.50[c]	2367.75[a]	1.865[c]	312.75 [a]
P-value	0.115	0.333	0.238	0.003	0.114	0.001	0>000	0.003	0>000	0>000	0>000	0>000	0.001
SEM	1.889	0.274	0.009	3.514	1.652	0.004	3.395	3.458	0.008	6.951	3.560	0.005	0.995

[*] In each column, means with the similar letters are not significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the mean

Table 3- Relative weight of carcass components (%) mean (±SEM) of Ross 308 broilers at 42nd days of age fed diets containing the different levels of L-carnitine

	Carcass yield	Breast	Wings	Thigh	Liver	Heart	Gizzard	Pancreas	Abdominal fat
Control	75.00	30.78	9.152 [a]	36.16[a]	2.07	0.472 [b]	1.55	0.232	0.520 [a]
L-carnitine (200 mg/kg)	76.87	31.43	8.935 [a]	33.55 [b]	2.12	0.537 [a]	1.63	0.252	0.452 [b]
L-carnitine (400 mg/kg)	87.08	32.59	7.795 [b]	32.96 [b]	2.12	0.530 [a]	1.59	0.247	0.355 [c]
P-value	0.52	0.203	0.003	0.040	0.268	0.072	0.183	0.546	0>000
SEM	1.69	0.663	0.215	0.787	0.023	0.018	0.027	0.012	0.005

[*] In each column, means with the similar letters are not significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the mean.

Table 4- Relative weight (%) of intestinal segment mean (±SEM) of Ross 308 broilers at 42nd days of age fed diets containing the different levels of L-carnitine

	Right cecum	Left cecum	Ileum	Jejunum	Duodenum
Control	0.352	0.357	1.17	2.722	0.767[a]
L-carnitine (200 mg/kg)	0.372	0.325	1.32	3.030	0.635 [b]
L-carnitine (400 mg/kg)	0.350	0.317	1.31	2.680	0.672 [b]
P-value	0.718	0.301	0.403	0.697	0.007
SEM	0.021	0.018	0.086	0.258	0.023

[*] In each column, means with the similar letters are not significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the mean.

Table 5- Blood parameters mean (±SEM) of at 42nd days of age fed diets containing the different levels of L-carnitine

	Triglyceride (mg/dL)	Cholesterol (mg/dl)	Glucose (mg/dl)	Albumin (g/dL)	HDL (mg/dL)	LDL (mg/dL)	VLDL (mg/dL)	HDL/LDL (mg/dL)	Total protein (g/dL)
Control	226.00[a]	148.25[a]	257.50	1.285	61.50 [b]	41.55 [a]	45.20[a]	1.54 [b]	2.025 [b]
L-carnitine (200 mg/kg)	218.25[b]	128.50[b]	245.00	1.187	70.50 [a]	14.35[b]	43.65[b]	5.52 [a]	2.515 [a]
L-carnitine (400 mg/kg)	133.25[c]	117.00[c]	264.25	1.300	73.75[a]	16.60[b]	26.65[c]	5.62 [a]	2.935 [a]
P-value	0>000	0>000	0.066	0.287	0>000	0.001	0>000	0.050	0.006
SEM	1.559	3.348	5.071	0.050	1.534	4.075	0.311	1.166	0.147

[*] In each column, means with the similar letters are not significantly different (P<0.05). HDL: High-density lipoprotein; LDL: Low-density lipoprotein; VLDL: Very low-density lipoprotein. SEM: Standard error of the mean.

Table 6- Immune system mean (±SEM) of Ross 308 broilers fed diets containing the different levels of L-carnitine

	Bursa of Fabricius (%)	Thymus (%)	Spleen (%)	IgT (at 35th day of age)	IgG (at 35th day of age)	IgM (at 35th day of age)	IgT (at 42nd day of age)	IgG (at 42nd day of age)	IgM (at 42nd day of age) (Log_2)	NDV (at 42nd day of age) (Log_2)	AIV (at 42nd day of age) (Log_2)
Control	0.240	0.105	0.077	2.00 [b]	1.00	1.00 [b]	3.25 [c]	1.5 [c]	1.75	3.25 [b]	2.25
L-carnitine (200 mg/kg)	0.252	0.115	0.087	3.25 [a]	1.50	1.50 [b]	4.75 [b]	2.5 [b]	2.25	4.00 [ab]	2.25
L-carnitine (400 mg/kg)	0.202	0.092	0.102	3.75 [a]	1.75	2.25 [a]	7.00 [a]	4.5 [a]	2.5	4.50 [a]	2.50
P-value	0.070	0.189	0.131	0.008	0.295	0.009	0.001	0>000	0.178	0.006	0.840
SEM	0.0136	0.007	0.007	0.311	0.322	0.220	0.311	0.288	0.263	0.322	0.353

[*] In each column, means with the similar letters are not significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the mean.

IgT: Total immunoglobulin; **IgG:** Immunoglobulin G; **IgM:** immunoglobulin M; **NDV:** Newcastle disease virus; **AIV:** Avian influenza virus.

Table 7- Cecum microflora mean (±SEM) of Ross 308 broilers at 42nd days of age fed diets containing the different levels of L-carnitine

	Clostridium (CFU/g)	*Lactobacilli* (CFU/g)	*Escherichia coli* (CFU/g)	Coliform (CFU/g)
Control	5.711 [a]	7.908 [c]	8.658 [a]	8.770 [a]
L-carnitine (200 mg/kg)	5.429 [b]	8.210 [b]	8.210 [b]	8.264 [b]
L-carnitine (400 mg/kg)	5.182 [c]	8.599 [a]	7.947 [c]	8.072 [b]
P-value	0>000	0>000	0>000	0>000
SEM	0.043	0.064	0.074	0.089

[*] In each column, means with the similar letters are not significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the mean.

Table 8- Sensory evaluation of meat mean (±SEM) of Ross 308 broilers at 42nd days of age fed diets containing the different levels of L-carnitine

	Perfume	Taste	Color	Oral sensation	General acceptance
Control	3.977 [c]	4.29 [c]	4.62 [c]	4.125 [b]	4.500 [b]
L-carnitine (200 mg/kg)	5.875 [b]	5.62 [b]	5.75 [b]	5.625 [ab]	5.875 [a]
L-carnitine (400 mg/kg)	7.00 [a]	6.87 [a]	6.87 [a]	6.625 [a]	6.875 [a]
P-value	0.001	0.001	0.001	0.016	0.007
SEM	0.350	0.248	0.338	0.487	0.403

[*] In each column, means with the similar letters are not significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the mean.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که ال-کارنیتین با افزایش کاتابولیسم اسیدهای چرب موجب کاهش تری‌گلیسیرید خون در جوجه‌های گوشتی می‌شود. از طرفی کارترایت (۱۹۸٦) معتقد است که ال-کارنیتین با افزایش فعالیت آنزیم لیپاز موجب کاهش تری‌گلیسیرید سرم خون می‌شود. پارسایی مهر و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که کاربرد ال-کارنیتین در جیره جوجه-های گوشتی موجب کاهش سطح تری‌گلیسیرید، کلسترول، LDL و VLDL خون می‌شود اما اثر معناداری بر مقدار گلوکز، پروتئین کل و HDL خون ندارد. در پژوهش جعفری گلرخ و همکاران (۲۰۱٦) ال-کارنیتین تاثیر معناداری بر مقدار گلوکز، اوریک اسید و LDL نداشت اما موجب کاهش کلسترول، تری گلیسیرید و افزایش HDL شد. کاهش کلسترول (حسن و همکاران ۲۰۱۱)، تری گلیسیرید (لین و هورنگ ۲۰۰۱) و VLDL (رضایی و همکاران ۲۰۰۷) با کاربرد ال-کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. ربیعی و سزیلاگیا (۱۹۹۸) معتقدند که کاهش سطح چربی با کاربرد ال-کارنیتین به تاثیر این ماده بر افزایش انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیره به میتوکندری و افزایش بتا اکسیداسیون چربی‌ها مربوط است. این محققان عنوان کردند که مصرف ال-کارنیتین موجب افزایش بهره‌وری اسیدهای چرب شده و از ذخیره و تجمع چربی بصورت تری‌گلیسیرید در بدن جلوگیری می‌کند.

فراسنجه‌های ایمنی

اثر ال-کارنیتین بر وزن اندام‌های مرتبط با سیستم ایمنی و عملکرد سیستم ایمنی هومورال در پاسخ به تزریق آنتی ژن SRBC و تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل و آنفلونزا در جدول ٦ نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که اثر سطوح مختلف ال-کارنیتین بر وزن اندام‌های ایمنی (تیموس، طحال و بورس فابریسیوس) تأثیر معناداری نداشت (P≥۰/۰۵). اما کاربرد ال- کارنیتین بطور معنی‌داری موجب افزایش ایمونوگلوبولین کل ، آنتی‌بادی مقاوم به ۲- مرکاپتواتانول (IgG) در ۳۲ روزگی، آنتی‌بادی حساس به ۲- مرکاپتواتانول (IgM) در ٤۲ روزگی و تیتر آنتی‌بادی علیه نیوکاسل (P<۰/۰۵) شد (جدول ٦).

فامولارو و دی سیمونه (۱۹۹۵) عنوان کردند که ال کارنیتین از مرگ لنفوسیت‌های B و T در جوجه‌های

گوشتی جلوگیری کرده و منجر به افزایش تیتر آنتی-بادی‌ها و تقویت سیستم ایمنی می‌شود. محققان معتقدند که سلول‌های ایمنی بدن به اندازه نیاز خود از ال-کارنیتین موجود در جیره استفاده می‌کنند و سطوح بالای این ترکیب روی سیستم ایمنی اثر منفی ندارد (فامولارو و دی سیمونه ۱۹۹۵، ماست و همکاران ۲۰۰۰). اکبری آزاد و همکاران (۲۰۱۰) عنوان نمودند که کاربرد ال کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی موجب بهبود تیتر آنتی بادی علیه نیوکاسل و آنفلونزا، تعداد گلبول‌های قرمز و سفید خون می‌شود. در پژوهش قریشی و همکاران (۲۰۱۹) کاربرد ال-کارنیتین، لیزین و متیونین موجب بهبود تیتر آنتی بادی علیه نیوکاسل و گامبورو شد اما اثر تیمارها بر وزن بورس فابریسیوس و طحال معنادار نبود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در پژوهش نوره و همکاران (۲۰۱۵) کاربرد ال-کارنیتین موجب افزایش تیتر IgG اولیه در پاسخ به گلبول‌های قرمز گوسفند شد. گروهی از پژوهشگران عنوان کردند که ال کارنیتین موجب بهبود پاسخ هومورال به واکسیناسیون می‌شود و از طریق تولید آنتی‌بادی‌های مونوکلونال و افزایش تمایل گلبول‌های سفید به حذف عوامل خارجی، موجب تقویت سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی و تخمگذار می‌شود (ماست و همکاران ۲۰۰۰، دینگ و همکاران ۲۰۰٦). دنگ و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که ال-کارنیتین در ایمنی سلولی و جلوگیری از مرگ لمفوسیت‌ها نقش دارد. این محققان عنوان کردند که لیپیدها و هورمون‌ها از محرک‌های سیستم ایمنی هستند و ال-کارنیتین از طریق تاثیر بر متابولیسم چربی‌ها و افزایش ترشح هورمون‌هایی نظیر انسولین، تری یدوتاپرونین و هورمون رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1) موجب بهبود سیستم ایمنی می‌شود.

جمعیت میکروبی روده کور

کاربرد ال-کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی بطور معنی‌داری (P<۰/۰۵) موجب کاهش جمعیت میکروبی مضر کلستریدیم، اشریشیاکلی، کلی فرم و افزایش جمعیت باکتری‌های سودمند لاکتوباسیل شد (جدول ۷). سلامت دستگاه گوارش از ضروریات افزایش عملکرد و سودآوری در پرورش طیور است. تعادل بین جمعیت میکروبی مضر و سودمند، نقش مهمی در سلامت دستگاه گوارش دارد. در دستگاه گوارش سالم، جمعیت باکتری گرم مثبت غالب است (نوره و همکاران ۲۰۱۵). در پژوهش حاضر نیز کاربرد ال-کارنیتین با برقراری تعادل بین میکروارگانیسم‌ها و افزایش جمعیت باکتری-های مفید در دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی موجب بهبود عملکرد و سلامت پرنده شد. گزارشاتی وجود دارد که نشان می‌دهد کارنیتین دارای اثرات آنتی باکتریال و ضد قارچی هم است (اولگوم و همکاران ۲۰۰٤، مئادوس و وارگو ۲۰۱۵). نتایج پژوهش حسینی-تبار و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که کاربرد ال-کارنیتین، متیونین و لیزین موجب بهبود جمعیت میکروبی سکوم، جمعیت باکتری‌های هوازی، تولید باکتری‌های اسید لاکتیک، اشرشیاکلی و لاکتوباسیل می‌شود اما تفاوت‌ها از نظر آماری معنی دار نبود. حسینی‌تبار و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که افزایش جمعیت لاکتوباسیل و کاهش کلی‌فرم‌ها و اشریشیاکلی موجب کاهش فعالیت پاتوژن‌ها و افزایش سلامت پرنده می‌شود. در پژوهش این محققان کاربرد ال-کارنیتین موجب افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس و کاهش جمعیت اشریشیاکلی در سکوم جوجه‌های گوشتی شد. بنابراین می‌توان گفت که ال-کارنیتین با بهبود جمعیت میکروبی روده موجب بهبود سلامتی و همچنین افزایش عملکرد کمی و کیفی در جوجه‌های گوشتی می‌شود.

خواص چشایی گوشت سینه

اثر تیمارهای آزمایشی بر خواص حسی گوشت در جدول ۸ نشان داده شده است. کاربرد ال- کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی بطور معنی‌داری (P<۰/۰۵) موجب بهبود خصوصیات گوشت شد. بهترین نمره مربوط به عطر، رنگ، مزه، خواص حسی و پذیرش کلی گوشت سینه متعلق به تیمار ٤۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بود (جدول ۸).

رنگ گوشت از مهمترین فاکتورهای کیفی گوشت است. مقدار زردی گوشت تحت تاثیر رنگدانه میوگلوبین در ماهیچه‌هاست. ال کارنیتین اثر ممانعت کنندگی بر اکسیداسیون میوگلوبین ماهیچه گوشت دارد و بدین-ترتیب موجب بهبود رنگ گوشت می‌شود (ساریکا و همکاران ۲۰۰۷، ژانگ و همکاران ۲۰۱۰). در پژوهش خطیب‌جو و همکاران (۲۰۱٦) کاربرد ال-کارنیتین در جیره اثر معناداری بر خصوصیات حسی گوشت نداشت. نتایج مشابهی در پژوهش ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) و کوردوک و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است که نشان می‌دهد کاربرد ال-کارنیتین اثر معناداری روی کیفیت گوشت ندارد. پریزادیان و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که ال کارنیتین موجب افزایش کیفیت گوشت بلدرچین ژاپنی می‌شود.

ترکیب اسیدهای چرب گوشت سینه

میزان اسیدهای چرب بافت عضله سینه در جدول ۹ آمده است. بر طبق این نتایج، با مصرف ال-کارنیتین پالمتیک اسید (16:0) و استئاریک اسید (18:0) که از مهمترین اسیدهای چرب اشباع در چربی‌های حیوانی و گیاهی هستند به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت. در بین اسیدهای چرب غیراشباع، اولئیک اسید (18:1c) با کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلو گرم ال-کارنیتین افزایش یافت. فراوانی لینولیلائیدیک اسید[1] (18:2t) در تیمار شاهد و فراوانی لینولئیک اسید (18:2c) که از اسیدهای چرب ضروری است در جوجه‌های تغذیه شده با ٤۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ال-کارنیتین بیشترین مقدار بود. گزارش شده است که در طیور و سایر جانوران تک معده‌ای، اسیدهای چرب موجود در جیره بدون تغییر ساختاری و بیوشیمیایی هضم و جذب شده و در بافت-ها ذخیره می‌شوند. بنابراین ترکیب اسیدهای چرب خون و بافت در طیور از طریق محتوای اسیدهای چرب جیره قابل تغییر است (رئس و همکاران ۲۰۰٤، کونیچکا و همکاران ۲۰۱۷). محققان معتقدند که کاربرد ال-کارنیتین در جیره موجب افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب شده و فراهمی آن‌ها جهت استریفیه کردن، تولید تری استیل گلیسرول و ذخیره در بافت‌ها را کاهش می-دهد (لین و هورنگ ۲۰۰۱، زو و همکاران ۲۰۰۳). زو و همکاران (۲۰۰۳) عنوان کردند که ال-کارنیتین موجب افزایش اسیدهای چرب آزاد در سرم خون می‌شود و تراکم بالای اسیدهای چرب آزاد در سرم موجب افزایش تجمع اسیدهای چرب در عضلات می‌شود. ال کارنیتین با انتقال اسیدهای چرب فعال به داخل ماتریکس میتوکندری در تولید انرژی نقش دارد و برای ورود اسیدهای چرب بلند زنجیره به داخل میتوکندری ضروری است (دیکل و همکاران ۲۰۱۰، نوگیرا و همکاران ۲۰۱۱). ارسلان و همکاران (۲۰۰٤) عنوان نمودند که تکمیل جیره غازها با ال-کارنیتین موجب افزایش اسیدهای چرب اشباع و کاهش اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه می‌شود در حالیکه مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه بدون تغییر می‌ماند.

[1] Linolelaidic acid

Table 9- Effect of experimental treatments on fatty acid profile

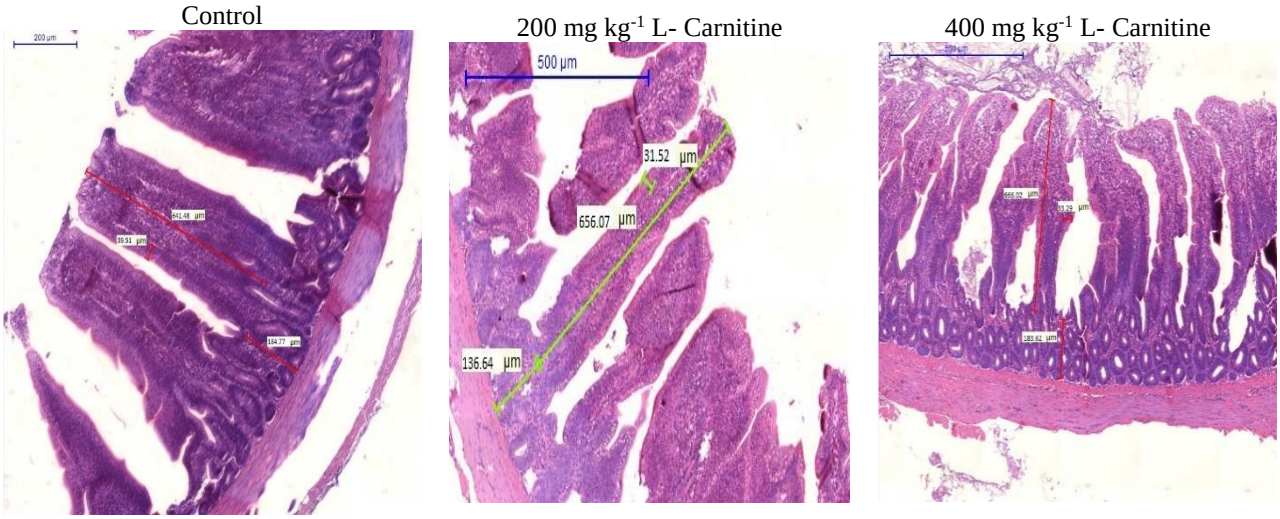
Fatty acid (%)	Control	L-carnitine (200 mg/kg)	L-carnitine (400 mg/kg)
C12:0	0.32	0.20	0.14
C14:0	0.87	0.53	0.56
C14:1	0.46	0.24	0.21
C15:0	0.12	0.09	0.00
C16:0	26.99	23.53	23.61
C16:1	6.67	5.71	5.63
C18:0	5.76	6.96	6.59
C18:1c	35.23	38.01	28.98
C18:2t	6.59	3.15	3.02
C18:2c	15.79	20.82	30.09
C18:3	0.51	0.30	0.65
C20:0	0.24	0.19	0.20
C20:1	0.24	0.15	0.20
C22:0	0.21	0.12	0.12

بافت‌شناسی روده باریک (ژژنوم)

تاثیر سطوح مختلف ال-کارنیتین بر بافت‌شناسی روده باریک (ژژنوم) جوجه‌های گوشتی در جدول ۱۰ و شکل ۲ نشان داده شده است. بر طبق نتایج، طول پرز با افزایش سطح ال-کارنیتین در جیره افزایش یافت و طویل‌ترین پرزها متعلق به تیمار ٤٠٠ میلی‌گرم/کیلوگرم ال-کارنیتین بود. کاربرد ال- کارنیتین در جیره موجب اندکی کاهش در عمق کریپت شد اما تاثیر چندانی بر ضخامت ماهیچه نداشت (شکل ۲). به نظر می‌رسد ال-کارنیتین با تاثیر بر جمعیت میکروبی روده، کاهش باکتری‌های مضر و افزایش لاکتوباسیل‌ها موجب بهبود خصوصیات بافت‌شناسی ژژونوم روده باریک شده است. در واقع ال-کارنیتین با تنظیم pH روده وکاهش جمعیت باکتری‌های مضر موجب ممانعت یا کاهش آثار سمی و منفی میکروارگانیسم‌ها بر پرزهای روده شده، در نتیجه با کاربرد ال کارنیتین طول پرزها افزایش و عمق کریپت کاهش یافته است.

Table 10- Effect of experimental treatments on small intestinal histology (Jejunum)

	Villus height (µm)	Crypt depth (µm)	Muscular layer thickness (µm)
Control	641.48	184.77	39.51
L-carnitine (200 mg/kg)	876.52	144.91	37.71
L-carnitine (400 mg/kg)	1128.52	106.84	33.12



شکل ۲- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر بافت‌شناسی روده باریک

Figure 2- Effect of experimental treatments on small intestinal histology

نتیجه‌گیری نهایی

به‌عنوان نتیجه کلی می‌توان گفت که کاربرد ٤٠٠ میلی-گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ موجب بهبود مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل کل دوره و شاخص تولید می‌شود. کاربرد و افزایش سطح ال-کارنیتین موجب افزایش طول ویلی و کاهش عمق کریپت شد. در بین اسیدهای چرب اشباع، پالمیتیک اسید (C16:0) بیشترین فراوانی را در گوشت سینه داشت که با کاربرد ال-کارنیتین مقدار آن کاهش یافت . بیشترین درصد لینولئیک اسید (C18:1c) با مصرف ٤٠٠ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین و بیشترین درصد اولئیک اسید با مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ال-کارنیتین بدست آمد. همچنین موثرترین تیمار در بهبود فزاسنجه‌های خونی، عملکرد سیستم ایمنی هومورال و حسی، کاهش چربی بطنی، کاهش میکروب‌های روده و بهبود خصوصیات چشایی گوشت سینه مصرف ٤٠٠ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بود. بنابراین مصرف ال-کارنیتین در غلظت ٤٠٠ میلی‌گرم/کیلوگرم در جیره جوجه‌های گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ قابل توصیه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

Akbari-Azad G, Haghighi-Khoshkhoo P, Ila N, Moayer F and Dehghan- Nayeri H, 2010. The effects of dietary L - carnitine supplementation on overall performance, carcass traits, blood components and immune response in broiler chickens. Journal of Veterinary Clinical Research 1(1): 7-17.

Arsalan C, Citil M and Saatci M, 2004. Effects of L-carnitine administration on growth performance, carcass traits, serum lipids and abdominal fatty acid compositions of geese. Revue de Medecine Veterinaire 6: 315-320.

Aviagen, 2018. Ross 308 broiler management guide. Aavailable at www.aviagen.com.

Babazadeh Aghdam A, Ghazi Harsini Sh and Daneshyar M, 2015. The effect of different levels of L-carnitine on performance, blood parameters and carcass characteristics of broiler chickens fed with high fat diets under heat stress condition. Journal of Veterinary Research 70 (3): 341-348. (Persian).

Bremer J, 1983. Carnitine metabolism and functions. Physiological Reviews 63: 1421-1480.

Burtle GJ and Liu QH, 1994. Dietary carnitine and lysine affect channel catfish lipid and protein composition. Journal of the World Aquaculture Society 25: 169-174.

Cartwright AL, 1986. Effect of carnitine and dietary energy concentration on body weight and body lipid of growing broilers. Poultry Science 65: 21-29.

Corduk M, Ceylan N and Ildiz F, 2007. Effects of dietary energy density and L-carnitine supplementation on growth performance, carcass traits and blood parameters of broiler chickens. South African Journal of Animal Science 37 (2): 65-73.

Deng K, Wong CW and Nolan JV, 2006. Long-term effect of early life dietary L-carnitine on lymphoid organs and immune responses in leghorn type chickens. Journal of Animal physiology and Animal Nutrition 90: 81-86.

Deng K, Wong CW, Nolan JV, 2006. Long-term effects of early-life dietary L-carnitine on lymphoid organs and immune responses in Leghorn-type chickens. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 90 (1-2): 81-86.

Diaz M, Lopez F, Hernandez F and Urbania JI, 2000. L-carnitine effects of chemical compassion of plasma lipoprotein of rabbit fed with normal and high cholesterol diet. Lipids 35: 627-632.

Dibaji SM, Seidavi AR, Asadpour L and Moreira da Silva F, 2014. Effect of a symbiotic on the intestinal microflora of chickens. Journal of Applied Poultry Research 23(1): 1-6.

Dikel S, Ünalan B, Eroldoğan OT and Özlüer Hunt A, 2010. Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth, muscle fatty acid composition and economic profit of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 10: 173-180.

Famularo G and De Simone C, 1995. A new era for carnitine? Immunology Today 16: 211-213.

Farrokhyan P, Bouyeh M, Lartey F and Seidavi AR, 2014. The effects of dietary L-carnitine and gemfibrozil on performance, carcass characteristics, cholesterol and triglycerides in broiler chicks. Avian Biology Research 7 (3): 160-166.

Folch J, Lees M and Stanley GHS, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. Journal of Biology and Chemistry 226: 497-509.

Ghoreyshi SM, Omri B, Chalghoumi R, Bouyeh M, Seidavi AR, Dadashbeiki M, Lucarini M, Durrazo A, van den Hoven R and Santini A, 2019. Effects of dietary supplementation of L-carnitine and excess lysine-methionine on growth performance, carcass characteristics, and immunity markers of broiler chicken. Animals 9(6): 1-17.

Golzar Adabi Sh, Cooper RG, Ceylan N and Corduk M, 2011. L-carnitine and its functional effects in poultry nutrition. World's Poultry Science Association 67: 277-296.

Hassan MSH, Youssef SF, and El-bahy NM, 2011. Effects of L-carnitine and ascorbic acid supplementation on productive, reproductive, physiological and immunological performance of golden montazah laying hens. Poultry Science 31 (2): 557-578.

Hosseintabar B, Dadashbeiki M, Bouyeh M and Seidavi A, 2013. Is the amount of L-carnitine and methionine-lysine affect on the microbial flora of broiler cecum? Journal of Pure and Applied Microbiology 8(1): 353-360.

Hosseintabar B, Dadashbeiki M, Bouyeh M, Seidavi AR, van den Hoven R and Gamboa S, 2015. Effect of different levels of L-carnitine and lysine-methionine on broiler blood parameters. Revista MVZ Cordoba 20 (3): 4698-4708.

Hosseintabar Ghasemabad B, Baghban Kanani P, Azimi Youvalari S and Bouyeh M, 2017. Effects of different levels of L-carnitine and additional levels of lysine-methionine mixed on performance, cecal microflora and blood antioxidant indices of broiler chick. Livestock Research 6 (1,2): 49-63.

Hrncar C, Verguliaková S, Svorad P, Weis J, Arpášová H, Mindek S, Fik M and Bujko J, 2015. Effect of L-carnitine supplementation on fattening and carcass parameters of broiler chickens. Acta Fytotechn Zootechn 18 (1): 15–19.

Jafari-Golrokh AR, Bouyeh M, Seidavi AR, Van Den Hoven R, Laudadio V and Tufarelli V, 2016. Effect of different dietary levels of atorvastatin and l-carnitine on performance, carcass characteristics and plasma constitutes of broiler chickens. Journal of Poultry Science 53(3): 201-207.

Khajavi H, Torshizi M and Ahmadi H, 2014. Effect of feeding different levels of dietary vermi-humus on growth performance and meat quality in broiler chickens. Animal Production 16 (2):113-122.

Khatibjoo A, Poormalekshahi AA, Fattahnia F, Jaefai H and Aelaei M, 2016. Effects of supplementation time of L-carnitine and garlic powder on performance and carcass characteristics of broiler chickens. Iranian Journal of Animal Science Research 8 (1): 132-140. (Persian).

Kidd MT, Gilbert J, Corzo A, Page C, Virden WS and Woodworth JC, 2009. Dietary L-carnitine influences broiler thigh yield. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 22 (5): 681 – 685.

Kita K, Kato S, Aman Yaman M, Okumura J and Yokota H, 2002. Dietary L-carnitine increases plasma insulin-like growth factor-I concentration in chicks fed a diet with adequate dietary protein level. British Poultry Science 43: 117-121.

Konieczka P, Czauderna M and Smulikowska S, 2017. The enrichment of chicken meat with omega- fatty acids bydietary fish oil or its mixture with rapeseed or flaxseed-effect of feeding duration: Dietary fish oil, flaxseed, andrapeseed and n- enriched broiler meat. Animal Feed Science and Technology 23: 42-52

Lien TF and Horng YM, 2001. The effect of supplementary dietary L-carnitne on the performance, serum componens, carcass traits enzyme activities of broiler chickens. British Poultry Science 42: 92-95.

Mast J, Buyse J and Godderis BM, 2000. Dietary L-carnitine supplementation increases antigen-specific immunoglobulin G in broiler chickens. British Journal of Nutrition 83:161-166.

Meadows JA and Wargo MJ, 2015. Carnitine in bacterial physiology and metabolism. Microbiology 161: 1161-74.

Mingrone G, Greco AV, Capristo E, Benedetti G, Giancaterini A, Gaetano A and de Gasbarrini G, 1999. L-carnitine improves glucose disposal in type 2 diabetic patients. Journal of the American College of Nutrition 18 (1): 77 - 82.

Mirzapor Sarab S, Salari S, Mirzadeh Kh and Aghaei A, 2016. Effect of different levels of vitamin C and L-carnitine on performance and some blood and immune parameters of broilers under heat stress. Iranian Journal of Animal Science Research 8 (1): 141-153. (Persian).

Murali P, George SK, Ally K, Dipu MT and Dominic G, 2015. Effect of dietary L-carnitine supplementation with animal fat on carcass characteristics of broiler chicken. Journal of Animal Research 5 (4): 713-717.

Nogueira N, Cordeiro N, Canada P, Cuze Silva P and Ozório ROA, 2011. Separate and combined effects of cyclic fasting and L-carnitine supplementation in red porgy (*Pagrus pagrus*, L.). Aquaculture Research 41: 795-806.

Norreh Z, Khatibjoo A, Fattahnia F and Akbari-Gharaei M, 2015. Investigation of performance and immune response of broiler chickens fed diet containing butyric acid and L-carnitine supplement. Journal of Animal Production 17 (2): 269-279. (Persian).

Novotny BJ. 1998. L-carnitine. What difference does it make? Symposium Proceeding. 15th December, Leuven, Belgium.

Olgun A, Kisa O, Yildiran ST, Tezcan S, Akman S and Erbil MK, 2004.Antimicrobial efficacy of L-carnitine. Annals Microbiology 54 (1): 95-102.

Panahi H, Bouyeh M, Behzadpour D, Seidavi AR, Simoes J, Tufarelli V, Staffa VN, Tinelli A, Ayasan T and Laudadio V, 2019. Effect of dietary simvastatin and L-carnitine supplementation on blood biochemical parameters, carcass characteristics and growth of broiler chickens. Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture 44 (4): 372-381.

Parizadian B, Ahangari YJ, Shams Shargh M and Sardarzadeh A, 2011. Effects of different levels of L-carnitine supplementation on egg quality and blood parameters of laying Japanese quail. Journal Poultry Science 10: 621-625.

Parsaeimehr Kh, Farhoomand P, Afrouziyeh M, Cheraghi H and Hoseinzadeh S, 2014. The effects of different levels of L-carnitine on performance, carcass characteristics and some blood parameters of broiler chickens. Animal Science Researches 24 (3): 43-51. (Persian).

Parsaeimehr Kh, Farhoomand P, Afrouziyeh M, Najafi R, Ahmadie Naghdehi AA, 2013. Effects of L-carnitine with different dietary fat sources on performance and some blood metabolites of broiler chicken. Animal Production Research 1(4): 27- 34. (Persian).

Rabie MH and Szilagyi M, 1998. Effects of L-carnitine supplementation of diets differing in energy levels on performance, abdominal fat content, and yield and composition of edible meat of broilers. British Journal of Nutrition 80: 391-400.

Rabie MH, Szilágyi M, Gippert T, Votisky E and Gerendai D, 1997. Influence of dietary L-carnitine on performance and carcass quality of broiler chickens. Acta Biologica Hungarica 48: 241-252.

Raes K, Haak L, Balcaen A, Claeys E, Demeyer D and De Smet S, 2004. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscled Belgian blue young bulls. Meat Science 66(2): 307-315.

Rajabzadeh Nesvan M, Rezaee M and Ansari Pirsaraee Z, 2013. Effect of L-carnitine supplementation to finisher diets with different sources of fat on the performance, carcass characteristics and body composition in broiler chickens. Journal of Management System 92 (2): 51-68. (Persian).

Rebouche CJ, 1992. Carnitine function and requirements during the life cycle. The Faseb Journal, 6(15):3379-3386.

Rezaei M, Attar A, Ghodratnama A and Kermanshahi H, 2007. Study the effects of different levels of fat and L-carnitine on performance and carcass characteristics of broiler chicks. Pakistan Journal of Biological Sciences 10(12):1970-1976.

Sakamoto K, Hirose H, Onizuka A, Hayashi M, Futamura N, Kawamura Y and Ezaki T, 2000. Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. Journal of Surgical Research 94: 99-106.

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: 189-201.

SAS. 2002. User’s Guide: Statistics, Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.

Seidavi AR, Asadpour L, Dadashbeiki M and Payan-Carreira R, 2014. Effects of dietary fish oil and green tea powder supplementation on broiler chickens immunity. Acta Scientiae Veterinariae 42: 1-13.

Wang YZ, Xu ZR, Chen ML, 2000. Effect of betaine on carcass fat metabolism of meat duck. Chin. Journal of Veterinary Science 20: 409- 412.

Xu ZR, Wang MQ, Mao HX, Zhan XA and Hu CH, 2003. Effect of L – carnitine on growth performance, carcass composition and metabolism of lipids in male broiler. Poultry Science 82: 408-413.

Zhang YQ, Bai MX, Zhao L, Wang Q and Ji C, 2010. Effects of dietary acetyl- L-carnitine on meat quality and lipid metabolism in arbor acres broilers. Asian-Australian Journal of Animal Science 23:1639- 1644.

Effect of different levels of L-carnitine on growth performance, carcass characteristics, function of immune system, cecal microbial population, histology of the small intestine, and composition of fatty acids of broiler breast meat

M Azizi Chekosari[1], M Bouyeh[2], A R Seidavi[3]

Received: April 12, 2020 Accepted: October 18, 2020
[1]PhD Student, Department of Animal Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Animal Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
[3]Professor, Department of Animal Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
*Corresponding author: E mail address:mbouyeh@gmail.com

پژوهش‌های علوم دامی
Animal Science Research

Journal of Animal Science/vol.31 No.2/ 2021/pp 111-127
https://animalscience.tabrizu.ac.ir

OPEN ACCESS

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

DOI: 10.22034/AS.2021.39930.1568

Introduction: Living organisms produce L-Carnitine (β-hydroxy-γ-trimethylaminobutyric) from the food via biosynthesis of lysine and methionine in the liver, kidney, skeletal muscle, and brain and then enters the bloodstream (Farrokhyan et al, 2014). L-carnitine involve in lipid metabolism, is a plasma lipid-lowering drug that lowers cholesterol, triglycerides, free fatty acids, phospholipids, and very low-density lipoproteins, while increases high-density lipoproteins (HDL-c). Supplementation of poultry diets with L-carnitine has been reported to be effective in controlling blood lipids, abdominal fat pad and poultry health (Jafari-Golrokh et al,2016). This study aims to investigate the effects of L-carnitine on growth performance, carcass characteristics, abdominal fat, blood biochemical parameters, immune system, cecal microflora, histology of jejunum, taste properties of breast meat and fatty acid composition of breast meat of broilers.

Material and methods: The experiment was performed in a completely randomized design with 3 treatments (4 replicates). In this study, we used 120 broiler chicks (10 chicks per pen with dimension of $1.5\times1.5m^2$, approximate weights of 45±2g) during 42 days. The experimental treatments included 3 levels of L-carnitine (0, 200 and 400 mg/kg diet) in corn-soybean meal basal diet. We analyzed the effects of experimental treatments by SAS software and the comparison of the means was done with Duncan's multiple-range test at 5% significance level. Body weight gain, feed intake, and feed conversion ratio (FCR) were calculated at the end of feeding phases to evaluate the traits. European Production Efficiency Factor (Aviagen 2018), carcass characteristics (Farrokhyan et al. 2014), blood parameters (Hosseinitabar et al. 2015), immune system (Seidavi et al. 2014), breast meat fatty acid (Folch et al. 1957) cecal microbial population, histology of the small intestine were calculated at the end of experiment (42 days).

Results and discussion: In the finisher period of our experiment, the chickens fed by a diet containing 400 mg/kg L-carnitine significantly had lower feed intake and FCR as well as the highest weight gain compared with the control ($P<0.05$). The reason for the increase in weight of the chickens fed by L-carnitine may be due to the effect of this substance on increasing the insulin-like growth factor-I and also the elevated access of chickens to the energy of feed (Kita et al. 2002). Rabie and Szilagyi (1998) reported that the effect of L-carnitine on improving FCR is related to improving nitrogen metabolism. Elevated levels of L-carnitine significantly increased the European Production Efficiency Factor ($P <0.05$) and the highest value (312.75) was obtained by consuming

400 mg of L-carnitine per kg diet. Moreover, L-carnitine supplementation significantly reduced abdominal fat pad (P<0.05) and the lowest was obtained by consuming 400 mg L-carnitine /kg. L-carnitine reduces fat accumulation in tissues by altering fat metabolism (Burtle et al. 1994). L-carnitine supplementation also affected the weight of organs. Thus, weight of heart increased while the weight of duodenum decreased (P<0.05). The level of cholesterol, triglycerides, and very low-density lipoprotein (VLDL) decreased with L-carnitine compared with the control (P <0.05). L-carnitine also increased total plasma protein and HDL compared to the control. The effect of L-carnitine on albumin and glucose levels was not significant (P≥0.05). On the one hand, Zhang et al. (2010) reported that L-carnitine reduces blood triglycerides in broilers by increasing the catabolism of fatty acids. On the other hand, Cartwright (1986) demonstrated that L-carnitine reduces the serum triglyceride by increasing the activity of lipase. The weight of the immune system organs (spleen, thymus, and bursa of Fabricius) was not significantly affected by L-carnitine supplementation (P≥0.05). The antibody titer against the Newcastle virus and the level of total immunoglobulin against sheep red blood cell (SRBC) was significantly increased at 35 and 42 days of age with the use of L-carnitine (P<0.05). A group of researchers stated that L-carnitine improves the humoral response to vaccination and boosts the immune system in broilers and laying hens by producing monoclonal antibodies and increasing the tendency of white blood cells to eliminate foreign agents (Mast et al. 2000, Deng et al. 2006). L-carnitine supplementation of broiler diet significantly (P<0.05) reduced the population of *clostridium*, *Escherichia coli*, coliform bacteria and increased the population of *Lactobacillus* bacteria. It is noteworthy that the health of digestive system is a necessity to increase performance and profitability in poultry farming. The balance between the gram-positive and negative microbial populations plays an important role in the health of the digestive system. In a healthy digestive system, the population of gram-positive bacteria is predominant (Norreh et al. 2015). L-Carnitine had a positive and significant effect on improving the sensory properties of breast meat (P <0.05) and increased the flavor of breast meat. The highest amounts of oleic acid (18: 1c) and linoleic acid (18: 2c) in breast meat were obtained using 200 and 400 mg/kg L-carnitine, respectively. Also, the length of the intestinal villi increased, and the depth of the crypt decreased with increasing L-carnitine level in the diet. L-carnitine appears to improve intestinal histology by affecting the intestine microflora, reducing harmful bacteria, and increasing *lactobacilli* population.

Conclusion: Considering the positive effect of L-carnitine on the traits measured in the present study, supplementing the diet of Ross 308 broiler chickens with 400 mg L-carnitine /kg is recommended to improve growth performance, carcass characteristics, blood parameters, function of immune system, cecal microbial population, histology of the small intestine, and composition of breast meat fatty acids of broiler.

Keywords: European production Efficiency factor, Fatty acid profile, L-carnitine, Meat quality