نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۲۶ شماره ۲/ سال۱۳۹۵

اثرهای تغذیه‌ای ال-آرژنین بر برخی شاخص‌های کیفی گوشت، بافت روده و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی ۴۶ روزه

مرضیه ابراهیمی*[۱]، احمد زارع شحنه[۲]، محمود شیوازاد [۲]، زربخت انصاری پیرسرائی[۳] و مرضیه غفاری بالسینی[۴]

تاریخ دریافت: ۹٤/۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹٤/۹/۲۵

[۱] استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
[۲] استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران-کرج
[۳] استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[٤] فارغ التحصیل دکتری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران-کرج
*مسئول مکاتبه: Email: marzebrahimi@tabrizu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: بهبود کمی و کیفی تولید گوشت همراه با تقویت سیستم ایمنی برای مصرف کننده و تولید کننده از اهمیت بالایی برخوردار است. **هدف**: پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات استفاده از مکمل غذایی ال-آرژنین بر کیفیت گوشت، بافت روده و سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی طراحی شد. **روش کار**: در این پژوهش تعداد ۱۹۲ جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ ماده یک روزه در قالب طرح کاملا تصادفی با ٤ جیره غذایی در ٤ تکرار تغذیه شدند. جیره‌های غذایی دارای ۱۰۰، ۱۵۳، ۱٦۸ و ۱۸۳ درصد آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه کاتالوگ راس بودند و از ۱ تا ٤٦ روزگی تغذیه شدند. در روز ٤٦ آزمایش، تعداد سه جوجه از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب و کشتار شدند تا کیفیت گوشت، وزن اندام‌های مربوط به سیستم ایمنی و شاخص‌های وزنی، طولی و بافت‌شناسی روده کوچک تعیین شود. **نتایج**: نتایج نشان دادند که مکمل آرژنین اثر معنی‌دار افزایش‌دهنده ($P<۰/۰۵$) بر شاخص قرمزی گوشت، وزن نسبی تیموس و طحال و واکنش پوست به فیتوهماگلوتینین P، وزن نسبی و طول روده کوچک و ارتفاع پرزها و عمق کریپت‌های بافت روده کوچک داشت، در حالی که نیروی برش و pH گوشت و همچنین نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت، تعداد سلول‌های گابلت و ضخامت اپیتلیوم کاهش ($P<۰/۰۵$) یافت. **نتیجه‌گیری نهایی**: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، مصرف سطح ۱٦۸ درصد آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه کاتالوگ راس توانست بهبود همزمان شاخصه‌های کیفی گوشت، ویژگی‌های طولی و وزنی و بافت شناسی بافت روده کوچک و ایمنی را به همراه داشته باشد.

واژگان کلیدی: آرژنین، ایمنی، بافت روده کوچک، جوجه گوشتی، کیفیت گوشت

مقدمه

به دلیل این که در روند اصلاح ژنتیکی جوجه گوشتی (یکی از شیوه‌های بسیار موفق در افزایش تولید)، تنها به افزایش تولید ماهیچه (گوشت) توجه شده است کیفیت گوشت تولیدی تا حدودی کاهش یافته است؛ بنابراین شناسایی یک روش طبیعی برای بهبود تولید کمی و کیفی گوشت از اهمیت بالایی برخوردار است. آرژنین یک اسید آمینه ضروری در طیور است که به صورت عادی در

مواد خوراکی موجود می‌باشد (بال و همکاران ۲۰۰۷). نتایج پژوهش‌های پیشین، اثرات مثبت آرژنین بر رشد سلول‌های اندوتلیال روده‌ای، وزن نسبی روده کوچک، افزایش ارتفاع پرزهای دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم و در نتیجه بهبود جذب و انتقال مواد مغذی از مسیر روده‌ای را گزارش کرده‌اند (بوچرت-تورت و همکاران ۲۰۱۰، یاوو و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به این که رشد و توسعه بافت روده کوچک از طریق بهبود هضم و جذب می تواند افزایش رشد جوجه را در پی داشته باشد (یاماچی و همکاران ۱۹۹٦ و یونی ۱۹۹۹). بنابراین هر چه زودتر سیستم گوارشی به ظرفیت عملکردی خود برسد، جوجه‌ها زودتر خواهند توانست از مواد مغذی استفاده بهینه کرده و برابر ظرفیت ژنتیکی خود رشد کنند (یونی و همکاران ۲۰۰۳ و یونی و فرکت ۲۰۰٤)؛ به طور کلی به نظر می‌رسد استفاده از آرژنین در جیره بتواند با بهبود رشد بافت روده موجب بهبود رشد گردد. همچنین تعدادی از پژوهش‌ها افزایش روشنی گوشت، افزایش محتوای چربی درون ماهیچه‌ای، افزایش تردی و کاهش از دست رفتن آب گوشت را با مصرف آرژنین در جیره گزارش کرده‌اند (جیاوو و همکاران ۲۰۱۰، ما و همکاران ۲۰۱۰ و وو و همکاران ۲۰۱۱). از سویی دیگر، مشخص شده است که آرژنین بر سیستم ایمنی و به طور ویژه پاسخ‌های ایمنی سلولی اثر مثبت دارد؛ به طوری که وزن اندام‌های لمفوییدی (تیموس و طحال) و پاسخ آنتی‌بادی را بهبود می‌دهد (جهانیان ۲۰۰۹، مونیر و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به این که فرناندز و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از ٥ سطح آرژنین قابل هضم (۱/۳۹، ۱/٤۹، ۱/٥۸، ۱/٦۹ و ۱/۷۹ درصد جیره) با نسبت‌های آرژنین به لایزین به ترتیب ۱/۱۰۳، ۱/۱۸۳، ۱/۲٦۲، ۱/۳٤۱ و ۱/٤۲۱ (مقدار ثابت لایزین ۱/۲٦ درصد)، افزایش خطی وزن ماهیچه سینه و فیله سینه را در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند، در پژوهش حاضر از ۳ سطح بالاتر از نیاز آرژنین (بالاتر نسبت به پژوهش فرناندز و همکاران (۲۰۰۹)) در طول دوره پرورش جوجه‌های گوشتی استفاده شد تا اثرات مکمل آرژنین بر کیفیت گوشت، فراسنجه‌های مرفولوژیکی بافت روده و سیستم ایمنی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین اثرات مکمل ال-آرژنین بر کیفیت گوشت، فراسنجه‌های مرفولوژیکی بافت روده و سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی ماده سویه راس ۳۰۸، سطوح مختلف آرژنین طبق جدول ۱ در جیره‌های غذایی استفاده شد. تعداد ۱۹۲ قطعه جوجه مرغ گوشتی یک روزه (انتخاب تنها یک جنس به منظور حذف اثر جنس بر نتایج بود) در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. دوره آزمایشی از یک روزگی جوجه‌ها آغاز شده و تا انتهای ٤٦ روزگی در سالن پرورش جوجه گروه علوم دامی دانشگاه تهران ادامه یافت. جوجه‌های مورد استفاده در این آزمایش با میانگین وزن یک‌روزگی مشابه (۱۱/۲۹±٤۰/۰) انتخاب شدند. پس از ورود به سالن، جوجه‌ها در گروه‌های ۱۲ قطعه‌ای (مشاهده) در ٤ تکرار در هر جیره غذایی با میانگین وزن تقریبی یکسان به جیره‌های غذایی اختصاص داده شدند. قبل از شروع آزمایش، تمام مواد خوراکی دارای پروتئین بر اساس ترکیب شیمیایی (AOAC ۲۰۰۰) و محتوای اسید آمینه (اندرو و بالدار ۱۹۸٥) در آزمایشگاه مرکزی دگوسا در تهران آنالیز شد و سپس محتوای اسید آمینه قابل هضم بر اساس جداول NRC (NRC ۱۹۹٤) محاسبه شد. سپس مقادیر حقیقی حاصل از آنالیز شیمیایی اقلام استفاده شده در جیره و محتوای اسیدهای آمینه قابل هضم آنها در نرم افزار UFFDA قرار داده شد و جیره پایه {فاقد ماده پرکننده (ماسه) و آرژنین} بر اساس این ارزش‌های حقیقی و بر اساس اسیدهای آمینه قابل هضم تنظیم و ترکیب مواد مغذی کل جیره پایه با استفاده از نرم افزار UFFDA گزارش شد (جدول ۱).

جدول ۱- اجزاء و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (بر حسب درصد)

مواد خوراکی (٪)	درصد آرژنین قابل هضم جیره*های* غذایی بر اساس کاتالوگ راس											
	۱۰۰٪ (جیره غذایی ۱)			۱۵۳٪ (جیره غذایی ۲)			۱۶۸٪ (جیره غذایی ۳)			۱۸۳٪ (جیره غذایی ۴)		
	۱-۱۰ روزگی	۱۱-۲۴	۲۵-۴۶	۱-۱۰ روزگی	۱۱-۲۴	۲۵-۴۶	۱-۱۰ روزگی	۱۱-۲۴	۲۵-۴۶	۱-۱۰ روزگی	۱۱-۲۴	۲۵-۴۶
ذرت	۱۶/۷۴	۲۳/۳۰	۳۰/۹۳	۱۶/۷۴	۲۳/۳۰	۳۰/۹۳	۱۶/۷۴	۲۳/۳۰	۳۰/۹۳	۱۶/۷۴	۲۳/۳۰	۳۰/۹۳
کنجاله سویا	۲۹/۱۱	۲۲/۵۱	۱۵/۷۵	۲۹/۱۱	۲۲/۵۱	۱۵/۷۵	۲۹/۱۱	۲۲/۵۱	۱۵/۷۵	۲۹/۱۱	۲۲/۵۱	۱۵/۷۵
کنجاله کلزا	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰
گندم	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰	۲۰	۲۰	۲۰/۰۰
روغن خوراکی	۸/۰۷	۸/۶۶	۸/۰۶	۸/۰۷	۸/۶۶	۸/۰۶	۸/۰۷	۸/۶۶	۸/۰۶	۸/۰۷	۸/۶۶	۸/۰۶
دی‌کلسیم فسفات	۱/۹۲	۱/۶۸	۱/۵۵	۱/۹۲	۱/۶۸	۱/۵۵	۱/۹۲	۱/۶۸	۱/۵۵	۱/۹۲	۱/۶۸	۱/۵۵
سنگ آهک	۱/۱۱	۰/۸۹	۰/۸۷	۱/۱۱	۰/۸۹	۰/۸۷	۱/۱۱	۰/۸۹	۰/۸۷	۱/۱۱	۰/۸۹	۰/۸۷
نمک	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳۹
مکمل ویتامینه[1]	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰
مکمل معدنی[2]	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳۰
دی-ال-متیونین	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۴
ال-لایزین	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۷
ال-ترئونین	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳
اینرت (ماسه)	۱/۵	۱/۵	۱/۴۴	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۶۱	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۴۱	۰/۵	۰/۵۹
ال آرژنین اضافه شده	۰	۰	۰/۰۶	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۷۵	۱/۰۹	۱	۰/۹۱
ال-آرژنین قابل هضم	۱/۳۱	۱/۲۱	۱/۰۴	۲	۱/۸۵	۱/۶۸	۲/۲	۲	۱/۸۵	۲/۴	۲/۲۱	۲/۰۱

ترکیب مواد مغذی جیره پایه (بر حسب درصد)

	دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی)	دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی)	دوره پایانی (۴۶-۲۵ روزگی)
انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)	۳۰۲۵	۳۱۵۰	۳۲۰۰
پروتئین خام	۲۴/۰۸	۲۱/۶۱	۱۹/۱۶
پروتئین قابل هضم	۲۰/۶۸	۱۸/۶۶	۱۶/۶۷
کلسیم	۱/۰۵	۰/۹	۰/۸۵
سدیم	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۸
فسفر قابل دسترس	۰/۵	۰/۴۵	۰/۴۲
لیزین قابل هضم	۱/۲۷	۱/۱	۰/۹۴
متیونین قابل هضم	۰/۵۸	۰/۵	۰/۴۲
متیونین+سیستین قابل هضم	۰/۹۴	۰/۸۴	۰/۷۳
ترئونین قابل هضم	۰/۸۳	۰/۷۳	۰/۶۳
ایزولوسین قابل هضم	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۵
آرژنین کل	۱/۵۱	۱/۳۲	۱/۱۳
آرژنین قابل هضم	۱/۳۱	۱/۲۱	۱/۰۴
تریپتوفان قابل هضم	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۰
لوسین قابل هضم	۱/۵۶	۱/۴۲	۱/۲۸
والین قابل هضم	۰/۹۷	۰/۸۷	۰/۷۷

[1] هر کیلوگرم مکمل ویتامینه شامل ۹ میلیون واحد بین المللی ویتامین A، ۲ میلیون واحد بین المللی D3، ۱۸ هزار واحد بین المللی ویتامین E، ۱۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین B1، ۶۶۰۰ میلی‌گرم ویتامین B2، ۱۰ هزار میلی‌گرم ویتامین B3، ۳ هزار میلی‌گرم ویتامین B6، ۱۵ میلی‌گرم ویتامین B12، ۲ هزار میلی‌گرم ویتامین K3، هزار میلی‌گرم ویتامین B9، ۳۰ هزار میلی‌گرم ویتامین B5، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین H2، ۵۰۰ هزار میلی‌گرم کلراید کولین و هزار میلی‌گرم آنتی اکسیدان بود.

[2] هر کیلو گرم مکمل معدنی شامل ۱۰۰ هزار میلی‌گرم منگنز، ۵۰ هزار میلی‌گرم آهن، ۸۵ هزار میلی‌گرم روی، ۱۰ هزار میلی‌گرم مس، هزار میلی‌گرم ید و ۲۰۰

پس از تنظیم جیره پایه، بر اساس نوع جیره غذایی با اضافه کردن نسبت‌های مختلف آرژنین (W381918, Aldrich, L-Arginine ≥ 98.5%) به جای ماسه، مقدار آرژنین جیره‌های غذایی تنظیم شد. گروه شاهد (جیره غذایی ۱) در این آزمایش مقدار ۱/۳۱ درصد جیره آرژنین قابل هضم در کیلوگرم خوراک را در فاصله ۱ تا ۱۰ روزگی، ۱/۲۱ درصد جیره آرژنین قابل هضم در کیلوگرم خوراک را در فاصله ۱۱ تا ۲۴ روزگی و ۱/۰۴

درصد جیره آرژنین قابل هضم در کیلوگرم خوراک را در فاصله ۲۵ تا ٤٦ روزگی دریافت کرد (۱۰۰ درصد آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه کاتالوگ راس ۳۰۸). گروه‌های دریافت کننده جیره‌های غذایی ۲، ۳ و ٤ به ترتیب ۱۵۳، ۱٦۸ و ۱۸۳ درصد مقدار آرژنین قابل هضم توصیه شده بر اساس توصیه کاتالوگ راس را دریافت کردند. در طول دوره پژوهش دسترسی به آب به صورت آزاد بود و برنامه نوردهی ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اعمال شد. در پایان دوره پژوهش (روز ٤٦) تعداد ۳ قطعه جوجه از هر تکرار (۱۲ جوجه در هر جیره غذایی) به صورت تصادفی انتخاب و کشتار شدند. در زمان کشتار، وزن و طول سه بخش روده باریک شامل دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم اندازه‌گیری شدند. همچنین نمونه‌های سه قسمت روده در فرمالین ۱۰ درصد نگه‌داری شدند و به منظور تعیین ارتفاع پرزها، عمق کریپت‌ها[1]، ضخامت اپی‌تلیوم و تعداد سلوهای گابلت دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم، نمونه‌ها به آزمایشگاه بافت شناسی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران انتقال یافتند. همچنین نمونه ماهیچه سینه برای بررسی صفات کیفی لاشه مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری pH گوشت، ابتدا نمونه‌های بافت ماهیچه سینه به مدت ۲٤ و ٤۸ ساعت پس از کشتار در سرمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند و در زمان اندازه‌گیری pH (۲٤ و ٤۸ ساعت پس از کشتار)، نخست نمونه‌های گوشت چرخ شد. سپس یک گرم از نمونه گوشت با ۹ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت یک دقیقه با کمک وورتکس مخلوط و pH گوشت با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (متروهم[2] ۸۲۷ ساخت کشور سویس) اندازه‌گیری شد (AOAC ۲۰۰۰). برای اندازه‌گیری نیروی برش گوشت از آزمون برش وارنر براتسلر[3] و با دستگاه بافت‌سنج (اینسترانٔ[4] مدلM350-10CT ساخت کشور انگلستان) و برای اندازه گیری رنگ گوشت از دستگاه رنگ‌سنج (مینولتا[5] مدل CR-400 ساخت ژاپن) استفاده شد. وزن همه لوب‌های تیموس، بورس فابریسیوس و طحال جوجه‌های کشتار شده در ٤٦ روزگی (سه جوجه در هر تکرار، ۱۲ جوجه در هر جیره غذایی)، وزن‌کشی و گزارش شد. در روز ٤۰ پژوهش ۳ جوجه در هر تکرار (۱۲ جوجه در هر جیره غذایی) یک قطره از محلول ذخیره سویه B1 ویروس نیوکاسل (۷/۲ Log_{10} در ۰/۱ میلی‌لیتر) ساخت موسسه سرم سازی رازی را در هر دو چشم دریافت کردند. ٦ روز بعد (روز ٤٦) جوجه‌ها از طریق سیاهرگ بال خون‌گیری شده و سرم در ویال‌های استریل جداگانه جمع‌آوری شد. آزمون مهار هماگلوتیناسیون (مارکارد و همکاران ۱۹۸٤) انجام شد تا پاسخ تولید آنتی‌بادی علیه آنتی‌ژن بیماری نیوکاسل تعیین شود. تعیین ایمنی سلولی، با استفاده از تست حساسیت بالای بازوفیلی جلدی بر موجود زنده با استفاده از فیتوهماگلوتینین P[6] (PHA-P)، (ساخت شرکت گیبکو[7] کشور آمریکا با شماره کاتالوگ ۰۱۵-۱۰۵۷٦) انجام شد. به این منظور در روز ٤۵ پژوهش، شبکه پنجه‌ای[8] پای راست ۳ جوجه در هر قفس با یک میکرومتر حساس در اندازه‌های میلی‌متری تعیین شد. بلافاصله پس از اندازه‌گیری،۱۰۰ میکروگرم از فیتوهماگلوتینین P (معلق[9] در ۰/۱ میلی‌لیتر محلول نمک استریل) به درون شبکه پنجه‌ای تزریق شد. تورم شبکه پنجه‌ای ۱۲ و ۲٤ ساعت پس از تزریق مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پاسخ سیستم ایمنی جوجه به وسیله کم کردن ضخامت پوست نخستین اندازه‌گیری (زمان صفر) از میانگین ضخامت پوست در ۱۲ و ۲٤ ساعت پس از تزریق پوستی محاسبه و گزارش شد (کوری و دلوچ ۱۹۹۰).

[1] Crypt
[2] Metrohm
[3] Warner Bratzler Shear force
[4] Instron
[5] Minolta
[6] Phytohemagglutinin P
[7] Gibco
[8] Toe web
[9] Suspended

داده‌ها در قالب طرح کامل تصادفی با استفاده از مدل زیر و با استفاده از رویه GLM نرم افزار آماری SAS 9.2 آنالیز شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون آماری چند دامنه دانکن انجام و سطح معنی‌داری نهایی نیز ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. مدل آماری این پژوهش به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + e_{ijkl}$$

i=1, 2, 3, 4

j= 1, 2, 3, 4

k=1, 2, 3, 4

l=1 (میانگین ۳ مشاهده)

Y_{ijkl}: l اُمین مشاهده در j اُمین قفس در k اُمین طبقه در i اُمین سطح آرژنین

μ: میانگین جمعیت

A_i: اثر سطوح مختلف آرژنین

e_{ijkl}: خطای تصادفی یا باقی مانده

جدول۲- اثر سطوح مختلف آرژنین بر کیفیت گوشت و ویژگی‌های مربوط به سیستم ایمنی

	درصد آرژنین قابل هضم جیره‌*های* غذایی بر اساس کاتالوگ راس				
	۱۰۰٪ (جیره غذایی ۱)	۱۵۳٪ (جیره غذایی ۲)	۱۶۸٪ (جیره غذایی ۳)	۱۸۳٪ (جیره غذایی ۴)	P-value
ویژگی‌های مربوط به کیفیت گوشت [۳]					
قرمزی گوشت (a*)	٤/۰±۲۸/۰۸ d	٤/۰±٥۸/۰۹ c	٥/۰±۲۹/۰۸ b	٥/۰±۹۳/۰۸ a	<۰/۰۱
زردی گوشت (b*)	٥/۰±٦۱/٥۰	٥/۰±۳۰/٥٤	٤/۰±۸۸/٤۸	٤/۰±۱۹/٤۹	۰/۲۸
روشنی گوشت (L*)	۱۳/۲±۲۳/۲۹ b	۱٦/۲±٦٥/٤٦ ab	۲۲/۲±۲۸/۱۹ a	۲۲/۲±۰۰/۲۳ a	۰/۰۸
pH گوشت ۲٤ ساعت پس از کشتار	٥/۰±۸٥/۰۱ a	٥/۰±۷۹/۰۱ b	٥/۰±٦۹/۰۱ c	٥/۰±٦۲/۰۱ d	<۰/۰۱
pH گوشت ٤۸ ساعت پس از کشتار	٥/۰±۹۳/۰۲ a	٥/۰±۸٥/۰۲ b	٥/۰±۷۹/۰۲ bc	٥/۰±۷٦/۰۲ c	<۰/۰۱
نیروی برش (نیوتن)	۱۸/۰±٤٦/۲٤ a	۱٦/۰±۲۷/۲٦ b	۱٤/۰±۲۹/۲۳ c	۱۲/۰±٦٦/۲٤ d	<۰/۰۱
ویژگی‌های مربوط به سیستم ایمنی [۳]					
وزن بورس (گرم)	٤/۰±۰۳/۳٥	٤/۰±۰۰/۳۷	٤/۰±۰۷/۳۳	٥/۰±۰٦/۳٤	۰/۱٦
وزن نسبی بورس به وزن بدن (درصد)	۰/۰±۱٥/۰۱ ab	۰/۰±۱٤/۰۱ b	۰/۰±۱٤/۰۱ b	۰/۰±۱۸/۰۱ a	۰/۰۹
وزن طحال (گرم)	۲/۰±٦۸/۰۳ d	۲/۰±۹۷/۰٤ c	۳/۰±۱۱/۰۳ b	۳/۰±٤۰/۰۳ a	<۰/۰۱
وزن نسبی طحال به وزن بدن (درصد)	۰/۰±۰۹/۰۰۱ c	۰/۰±۱۰/۰۰۱ b	۰/۰±۱۱/۰۰۱ b	۰/۰±۱۲/۰۰۱ a	<۰/۰۱
وزن تیموس (گرم)	۷/۰±٥٤/۱۰ d	۸/۰±٦۷/۱۱ c	۱۰/۰±۰٤/۰۹ b	۱۰/۰±۷۸/۰۹ a	<۰/۰۱
وزن نسبی تیموس به وزن بدن (درصد)	۰/۰±۲۷/۰۰٤ d	۰/۰±۳۰/۰۰٤ c	۰/۰±۳٤/۰۰٤ b	۰/۰±۳۹/۰۰٤ a	<۰/۰۱
CBH-Test (میلی‌متر)	۰/۰±۸٥/۰۲ c	۱/۰±۱٤/۰۲ b	۱/۰±۳۳/۰۲ a	۱/۰±۳۹/۰۲ a	<۰/۰۱
تیتر آنتی بادی (Log_2)	۲/۰±٦۷/۰۸ d	۳/۰±۷٥/۰۹ c	٤/۰±٤۲/۰۸ b	٥/۰±۰۰/۰۸ a	<۰/۰۱

[۱] داده‌ها شامل میانگین ±SEM می‌باشند. در هر سطر میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری ندارند (p<۰/۰٥).

[۲] داده‌ها به صورت گروهی آنالیز وگزارش شده است.

[۳] داده‌ها به صورت میانگین ۳ جوجه کشتار شده در هر گروه آنالیز و گزارش شده است.

نتایج و بحث

جیره غذایی حاوی آرژنین اضافی افزایش شاخص قرمزی گوشت ماهیچه سینه‌ای (a*) را در پی داشت (P<۰/۰۱)، به طوری که در جیره غذایی چهارم بیشترین قرمزی در ماهیچه سینه مشاهده شد (جدول ۲). نتایج این پژوهش مخالف با نتایج مشاهده شده توسط جیاوو و همکاران (۲۰۱۰) و ما و همکاران (۲۰۱۰) بود که اثری از مکمل آرژنین بر قرمزی (a*) گوشت مشاهده نکردند. نشان داده شده است که افزایش آرژنین جیره غذایی چربی درون ماهیچه‌ای را افزایش داده است (ابراهیمی و

همکاران ۲۰۱۳) که با توجه به نتایج چارترین و همکاران (۲۰۰٦) که نشان داده‌اند افزایش محتوای چربی ماهیچه قرمزی گوشت را کاهش داده است، به نظر می‌رسد نحوه اثر آرژنین بر افزایش قرمزی گوشت ربطی به افزایش محتوای چربی گوشت نداشته و آرژنین از طریق مکانیسم دیگری قرمزی گوشت را بهبود داده است.

با افزایش آرژنین قابل هضم در جیره، شاخص روشنی (L*) گوشت روند افزایشی (P=۰/۰۸) نشان داد به طوری که بیشترین شاخص روشنی گوشت در جیره غذایی سوم و چهارم مشاهده شد، این در حالی است که افزودن آرژنین به جیره اثری بر شاخص زردی گوشت (b*) نداشت (جدول ۲). مشابه با پژوهش حاضر جیاوو و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که با افزایش آرژنین، روشنی ماهیچه (L*) افزایش یافت، در حالی که شاخص زردی تحت تاثیر تیمار آرژنین قرار نگرفت. به طور کلی پذیرفته شده است که کاهش pH افزایش روشنی گوشت را در پی دارد (فلتچر ۱۹۹۹). همچنین نشان داده شده است که ماهیچه سینه پرندگانی با رشد سریع‌تر، روشن‌تر است (بری و همکاران ۲۰۰۱). بنابراین با توجه به موارد گفته شده به نظر می‌رسد آرژنین با کاهش pH و افزایش رشد توانسته است بر روشنی ماهیچه سینه اثر افزاینده داشته باشد.

آرژنین اضافی جیره کاهش pH گوشت ماهیچه سینه را در ۲٤ ساعت و ٤۸ ساعت پس از کشتار در پی داشت (P<۰/۰۱) و این کاهش رفته‌رفته با افزایش آرژنین کاهش بیشتری یافت به طوری که کمترین pH در جیره غذایی ٤ مشاهده شد (جدول ۲). نتایج پژوهش حاضر مخالف با نتایج ما و همکاران (۲۰۱۰) و تن و همکاران (۲۰۰۹) بود که نشان دادند مصرف ۱ درصد آرژنین در جیره خوک اثری بر pH گوشت ندارد. چیانگ و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که افزایش مقدار هورمون‌های تیروییدی در بوقلمون با افزایش pH گوشت همراه است. افزایش هورمون‌های تیروییدی افزایش کلسیم درون سلولی در ماهیچه‌ها را در پی دارد، که به دنبال افزایش کلسیم درون سلولی، مصرف ATP افزایش می‌یابد که موجب کاهش تولید اسید لاکتیک در زمان جمود نعش شده و از افت مناسب pH به منظور بهبود کیفیت لاشه جلوگیری می‌کند (آرایی و همکاران ۱۹۹۱، کانلی و همکاران ۱۹۹٤). تن و همکاران (۲۰۰۹) با مصرف آرژنین، افزایش گلیکوژن ماهیچه را گزارش کردند. اگرچه در پژوهش حاضر افزایش غلظت هورمون‌های تیروییدی در پلاسمای جوجه‌ها با افزایش آرژنین جیره همراه بود (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۲)، افزایش آرژنین ممکن است با افزایش محتوای گلیکوژن ماهیچه‌همراه باشد. بنابراین با توجه به این که در پژوهش حاضر pH به مدت ۲٤ و ٤۸ ساعت پس از کشتار اندازه‌گیری شده است به نظر می‌رسد برخلاف نتایج پژوهش تن و همکاران (۲۰۰۹)، به دلیل وجود فرصت کافی، کاهش pH ماهیچه‌ای مشاهده شده است. از سوی دیگر مشخص شده است که کمبود پروتئین ، افزایش pH را در پی دارد (شرووزر و همکاران ۱۹۹۵)؛ بنابراین در پژوهش حاضر ممکن است افزایش آرژنین با افزایش پروتئین جیره، کاهش pH را به همراه داشته باشد.

نیروی برش نیز به وسیله آرژنین اضافی جیره کاهش معنی‌داری یافت(P<۰/۰۱)، به طوری که در جیره غذایی ٤ کمترین نیروی برش مشاهده شد (جدول ۲). مشابه با پژوهش حاضر، جیاوو و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که با افزایش آرژنین، نیروی برش کاهش یافت، در حالی که ما و همکاران (۲۰۱۰) با مصرف ۱ یا ۰/۵ درصد آرژنین در جیره خوک‌ها نشان دادند که آرژنین اثری روی نیروی برش گوشت نداشت. به دلیل اثر افزایش آرژنین جیره غذایی بر افزایش چربی درون ماهیچه‌ای (ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۳) و با توجه به اثر مثبت افزایش چربی ماهیچه بر تردی آن (چارترین و همکاران ۲۰۰٦)، به نظر می‌رسد آرژنین از طریق بهبود چربی لاشه تردی گوشت را بهبود داده است. وارنر و همکاران (وارنر و همکاران ۲۰۱۰) نشان دادند که افزایش چربی درون ماهیچه‌ای با افزایش فاصله بین بافت‌های پیوندی

از غلظت کلاژن بافتی کاسته و به صورت غیر مستقیم تردی را افزایش می‌دهد. همچنین، نشان داده شده است که قطر کمتر فیبرهای ماهیچه‌ای با سختی بالاتری در گوشت همراه است (هرلینگ و همکاران ۱۹۹٦). بنابراین احتمال دارد آرژنین با افزایش رشد و افزایش قطر فیبرهای ماهیچه‌ای (فرناندز و همکاران ۲۰۰۹) نیز توانسته است قسمتی از اثرات مثبت خود را بر تردی گوشت اعمال کند. اگر چه نشان داده شده که کاهش سریع pH در درجه حرارت‌های بالا، سیستم کالپاین را غیرفعال می‌کند و تردی پس از مرگ را کاهش می‌دهد (درانسفیلد ۱۹۹٤)، در پژوهش حاضر با توجه به این که کاهش pH در ۲٤ و ٤۸ ساعت بعد از کشتار گزارش شده است، این روند کاهشی معمول بوده و از شدت زیان‌آور برخوردار نبوده است، بنابراین کاهش pH اثر زیان‌آوری بر تردی گوشت نداشته است.

اثر سطوح آرژنین جیره بر افزایش وزن طحال، وزن نسبی طحال به وزن بدن، وزن تیموس، وزن نسبی تیموس به وزن بدن و CBH-Test معنی‌دار بود (P<۰/۰۱)، به طوری که با افزایش مقدار آرژنین این افزایش بیشتر شده و بالاترین مقدار در جیره غذایی ٤ مشاهده شد که نشان دهنده این مطلب است که افزودن آرژنین تا سطح جیره غذایی ٤ اثر محرک بر ایمنی سلولی دارد (جدول ۲). آرژنین جیره غذایی بر وزن بورس فابریسیوس و وزن نسبی بورس فابریسیوس به وزن بدن اثری نداشت (P>۰/۰۵)، (جدول ۲). نتایج مربوط به تیتر آنتی بادی علیه ویروس نیوکاسل افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۱) آن را با افزایش مقدار آرژنین جیره نشان داد (جدول ۲). سایر پژوهش‌ها یافته‌های مشابهی با پژوهش حاضر مشاهده کردند به طوری که کواک و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که آرژنین به طور چشمگیری رشد اندام‌های لمفوییدی را تحت تاثیر قرار داده و این اثرات در تیموس و طحال قابل ملاحظه‌تر از بورس فابریسیوس جوجه‌های گوشتی بوده است. کید و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند افزایش آرژنین جیره از ۱۰۰ به ۱۲۰ درصد آرژنین توصیه شده بر اساس NRC (۱۹۹٤) بهبود ایمنی همورال و سلولی را در پی داشته است. مونیر و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزودن ۲ درصد آرژنین به خوراک جوجه‌های گوشتی از ۱ روزگی و در طول دوره پرورش، افزایش وزن اندام‌های لمفوییدی در جوجه‌ها را در پی داشته است. کواک و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که استفاده از ۱/۵۳ درصد آرژنین در جیره (سطح بالای آرژنین) جوجه‌های گوشتی برای مدت ۲ هفته (از هفته دوم تا چهارم) در مقابل مصرف ۰/۵۳ درصد آرژنین در جیره (سطح ناکافی آرژنین)، بهبود وزن نسبی تیموس و طحال، افزایش تعداد کل لنفوسیت‌های تیموسی، فعالیت بالاتر میتوژنی در پاسخ به فیتوهماگلوتینین و تولید اکسید نیتریک بالاتر در گروه دریافت کننده مکمل آرژنین را در پی داشته است. جهانیان (۲۰۰۹) گزارش کرد که کمبود آرژنین در جیره جوجه‌های گوشتی اثر کاهش دهنده بر وزن اندام‌های لمفوییدی (تیموس و طحال)، و اثر تخریبی بر واکنش پوست به فیتوهماگلوتینین P[1] داشته است. از سویی دیگر، جهانیان (۲۰۰۹) نشان داد از بین اندام‌های لمفوییدی، آن‌هایی که در پاسخ‌های ایمنی سلولی شرکت دارند، به کمبود آرژنین جیره حساس‌تر بودند؛ به طور که اضافه‌کردن آرژنین به جیره موجب افزایش وزن تیموس (و به نوبه خود، افزایش پاسخ‌های ایمنی سلولی) شد و همچنین واکنش حساسیت بالای سلولی پوست و پاسخ آنتی‌بادی علیه ویروس بیماری نیوکاسل را نیز افزایش داد. دو مسیر در متابولیسم آرژنین شناسایی شده‌اند که برای عملکرد سیستم ایمنی ضروری هستند. **اول**: مسیر آرژیناز هست (آرژنین به اوره و اورنیتین تبدیل می‌شود) که پلی‌آمینها را به وسیله عمل اورنیتین دکربوکسیلاز[2] (ODC) تولید می‌کند. این مسیر تولید پلی‌آمین، مکانیسمی است که به وسیله آن آرژنین میتوژنز لنفوسیتی را تقویت می‌کند (کلین و موریس

[1] Phytohemagglutinin P
[2] Ornithine decarboxylase

۱۹۷۸). **دوم**: آرژنین تنها سوبسترای اصلی برای تولید اکسید نیتریک در سیستم‌های بیولوژیکی است. اکسید نیتریک از آرژنین به وسیله عمل اکسید نیتریک سنتاز تولید می‌شود. اکسیدنیتریک یک میانجی‌گر پاراکرین ویژه عمل‌کردهای ایمونولوژیکی و محصول سیتوتوکسیتی ماکروفاژهای فعال شده پرندگان (که یک شکل از منوسیتهای خونی است که در بسیاری از بافتها از جمله سلولهای کوپفر در کبد و استئوبلاست‌ها در استخوان‌ها یافت می‌شود) است (قریشی ۲۰۰۳).

آرژنین اضافی جیره اثر افزایش‌دهنده (P<۰/۱) بر وزن، وزن نسبی و طول قسمت‌های مختلف روده (دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم) و همچنین نسبت طول کل روده کوچک به وزن بدن در ٤٦ روزگی داشت و نتایج برتری جیره غذایی ۳ را در این شاخص‌ها نشان دادند (جدول ۳). در بافت‌های دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم اثر افزاینده (P<۰/۰۱) آرژنین جیره غذایی بر عمق کریپت‌ها و ارتفاع پرزها مشاهده شد که این افزایش در جیره غذایی چهارم بیشترین بود. از سوی دیگر، آرژنین جیره غذایی ضخامت اپی‌تلیوم (P<۰/۰۱) و تعداد سلول‌های گابلت (P<۰/۰۱) را کاهش داد و این کاهش در جیره غذایی چهارم بیشترین بود (جدول ۳). آرژنین جیره غذایی اثر کاهش‌دهنده (P<۰/۰۱) بر نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در بافت دوازدهه و ژژنوم داشت و در مقایسه بین جیره‌های غذایی، در جیره غذایی چهارم کمترین نسبت مشاهده شد (جدول ۳). اثر آرژنین جیره غذایی بر نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در بافت ایلیوم معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵)، (جدول ۳). مشابه با نتایج پژوهش حاضر، وو همکاران (۲۰۱۰) با مصرف ۰/٦ درصد آرژنین در خوک‌های از شیر گرفته شده نشان دادند مکمل آرژنین غلظت آرژنین پلاسمایی، رشد روده کوچک، ارتفاع پرزها در دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم، عمق کریپت در ژژنوم و ایلیوم، تعداد سلول‌های گابلت در موکوس روده (ژژنوم و ایلیوم) و وزن کلی بدن را افزایش داد، در حالی که نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت تحت تاثیر آرژنین جیره غذایی قرار نگرفت. افزایش ارتفاع پرز و عمق کریپت با کاهش تجزیه روده‌ای همراه بود (وو همکاران ۲۰۱۰). همچنین، یاوو و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که مکمل خوراکی آرژنین در خوکهای ۲۱ روزه به مقدار ۱٪ جیره به مدت ۷ روز، وزن نسبی روده کوچک و ارتفاع پرزهای دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم را افزایش داد. این در حالی است که موراکمی و همکاران (۲۰۱۲) نتایج کاملا متفاوتی گزارش کردند به طوری که آنها با افزایش آرژنین جیره از ۱/۳۹ تا ۱/۷۹ درصد آرژنین قابل هضم در دوره آغازین، افزایش نسبت پرز دوازدهه به عمق کریپت و کاهش عمق کریپت در پاسخ به آرژنین را گزارش کردند. تن و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود پایه ملکولی اثر آرژنین بر بافت روده را تشریح کردند و نشان دادند اضافه کردن آرژنین به محیط کشت بافت روده خوک، مرگ سلولی القا شده با لیپوپلی‌ساکاریدهای باکتری (LPS[1]) را کاهش، تولید پروتئین را افزایش و تجزیه پروتئین را در هر دو گروه شاهد و تیمار شده با LPS کاهش داد. همچنین نشان دادند آرژنین با فعال کردن مسیر سیگنالی mTOR[2] (افزایش سطوح فسفریله شده mTOR، S6K1[3] و 4EBP1[4]) در سلول‌های انتروسیت روده (مکانیسم درون سلولی تجمع پروتئین در سلول‌های روده‌ای) افزایش تولید پروتئین را در پی دارد. از سوی دیگر آرژنین سطوح TLR4[5] و سطوح فسفریله NFκB[6] در سلول‌های تیمار شده با LPS را کاهش داده و بدین ترتیب آرژنین اثرات محافظتی بر علیه صدمه ایجاد شده توسط LPS بر انتروسیت‌ها از طریق مسیر سیگنالی mTOR و TLR4 دارد.

---

[1] Lipopolysaccharide
[2] Mammalian target of rapamycin
[3] Ribosomal protein S6 kinase-1
[4] 4 E-binding protein-1
[5] Toll-like receptor 4
[6] Nuclear factor-κB

جدول۳- اثر سطوح مختلف آرژنین جیره بر ویژگی‌های بافت روده

صفات مورد اندازه گیری[۱و۲]	درصد آرژنین قابل هضم جیره‌*های* غذایی بر اساس کاتالوگ راس				P-value
	۱۰۰٪ (جیره غذایی ۱)	۱۵۳٪ (جیره غذایی ۲)	۱۶۸٪ (جیره غذایی ۳)	۱۸۳٪ (جیره غذایی ۴)	
وزن دوازدهه (گرم)	۱۰/۰±۳۵/۰۵ c	۱۱/۰±۵٤/۰۵ b	۱۳/۰±۸٦/۰٤ a	۹/۰±٦۹/۰۵ d	<۰/۰۱
وزن نسبی دوازدهه به وزن بدن	۰/۰±۳۷/۰۰۲ c	۰/۰±٤۱/۰۰۲ b	۰/۰±٤۷/۰۰۲ a	۰/۰±۳۵/۰۰۲ d	<۰/۰۱
طول دوازدهه (سانتی متر)	۳۱/۰±٤٤/۲۲ c	۳٤/۰±٤٦/۲٤ b	۳۷/۰±۹۸/۲۱ a	۳۱/۰±۹۲/۲۲ c	<۰/۰۱
وزن ژژنوم (گرم)	۱۹/۰±۱۳/۲۲ c	۲۱/۰±۷۱/۲٤ b	۲٤/۰±٤۸/۲۱ a	۱۹/۰±۷۰/۲۱ c	<۰/۰۱
وزن نسبی ژژنوم به وزن بدن	۰/۰±٦۹/۰۱ d	۰/۰±۷٦/۰۱ b	۰/۰±۸۳/۰۱ a	۰/۰±۷۲/۰۱ c	<۰/۰۱
طول ژژنوم (سانتی متر)	۷۳/۰±۷۸/٤۰ d	۸۱/۰±۸۳/٤۳ b	۸۸/۰±۱۲/۳۸ a	۷۵/۰±۲۵/۳۹ c	<۰/۰۱
وزن ایلیوم (گرم)	۱۳/۰±۰۵/۰٦ d	۱۵/۰±۲۵/۰۷ b	۱۷/۰±۰٦/۰٦ a	۱۳/۰±۳٦/۰٦ c	<۰/۰۱
وزن نسبی ایلیوم به وزن بدن (درصد)	۰/۰±٤۷/۰۰۲ d	۰/۰±۵٤/۰۰۲ b	۰/۰±۵۸/۰۰۲ a	۰/۰±٤۹/۰۰۲ c	<۰/۰۱
طول ایلیوم (سانتی متر)	۷۵/۰±٦۹/۲۷ c	۸۱/۰±۲۵/۲۹ b	۸٦/۰±٤۲/۲٦ a	۷٦/۰±۳۷/۲٦ c	<۰/۰۱
وزن روده کوچک (گرم)	٤۲/۰±۵۳/۲۱ c	٤۸/۰±٤۹/۲۳ b	۵۵/۰±۲۰/٤۱ a	٤۲/۰±۷۵/۲۰ c	<۰/۰۱
وزن نسبی روده کوچک به وزن بدن	۱/۰±۵٤/۰۱ d	۱/۰±۷۱/۰۱ b	۱/۰±۸۹/۰۱ a	۱/۰±۵۷/۰۱ c	<۰/۰۱
طول روده کوچک (سانتی متر)	۱۸۰/۰±۹۲/۷۵ d	۱۹۷/۰±۵٤/۸۰ b	۲۱۲/۰±۵۲/۷۲ a	۱۸۳/۰±۵٤/۷۳ c	<۰/۰۱
نسبت طول روده کوچک به وزن بدن	٦/۰±۵٤/۰۳ d	٦/۰±۹٦/۰۳ b	۷/۰±۲۵/۰۳ a	٦/۰±۷۲/۰۳ c	<۰/۰۱
عمق کریپت‌های دوازدهه (میکرومتر)	۱٤۳/۰±۱۲/٦۱ d	۱۵۵/۰±۷۵/٦۵ c	۱۵۸/۰±۱۲/۵۸ b	۱٦۰/۰±۸۷/۵۹ a	<۰/۰۱
ضخامت اپی تلیوم دوازدهه	٤۹/۰±۱۲/٦۷ a	۳۷/۰±۲۵/۷۲ b	۳۷/۰±۲۵/٦٤ b	۳۵/۰±۱۲/٦۵ b	<۰/۰۱
تعداد سلول‌های گابلت دوازدهه	۸/۰±۵۰/۲٤ a	٦/۰±۱۲/۲٦ b	۵/۰±۷۵/۲۳ b	۵/۰±۳۷/۲٤ b	<۰/۰۱
ارتفاع پرزهای دوازدهه (میکرومتر)	۱۷۵۵/۸±۸۸/٤۹b	۱۸۰٦/۹±۰۰/۱۱ a	۱۸۱۷/۸±۰۰/۱۰ a	۱۸۱۱/۸±۰۰/۲٦ a	۰/۰۱
نسبت ارتفاع پرز دوازدهه به عمق	۱۲/۰±۲۷/۰۷ a	۱۱/۰±٦۰/۰۷ b	۱۱/۰±٤۹/۰۷ bc	۱۱/۰±۲٦/۰۷ c	<۰/۰۱
عمق کریپت‌های ژژنوم (میکرومتر)	۱۰۸/۱±۱۹/۰۲ d	۱۲۱/۱±۰۰/۰۹ c	۱۲۵/۰±۵۰/۹۷ b	۱۲۹/۰±۱۲/۹۹ a	<۰/۰۱
ضخامت اپی تلیوم ژژنوم (میکرومتر)	۳۹/۰±٦۲/٦۹ a	۳٤/۰±۰۰/۷٤ b	۳۳/۰±۲۵/٦٦ b	۳۱/۰±۷۵/٦۷ b	<۰/۰۱
تعداد سلول‌های گابلت ژژنوم	۸/۰±۸۷/۰۹ a	٦/۰±۸۷/۱۱ b	٦/۰±۷۵/۰۹ b	۵/۰±۵۰/۰۹ c	<۰/۰۱
ارتفاع پرزهای ژژنوم (میکرومتر)	۸۷۲/۲±۸۷/۱٦ b	۹۰۲/۲±۲۵/۳۲ a	۹۰۵/۲±۷۵/۰٦ a	۹۰٤/۲±۰۰/۱۰ a	<۰/۰۱
نسبت ارتفاع پرز ژژنوم به عمق کریپت	۸/۰±۰۸/۰۵ a	۷/۰±٤٦/۰٦ b	۷/۰±۲۲/۰۵ c	۷/۰±۰۰/۰۵ d	<۰/۰۱
عمق کریپت‌های ایلیوم (میکرومتر)	۱۲٦/۰±۰٦/۸۹ c	۱۳۱/۰±۸۷/۹٦ b	۱۳۲/۰±۷۵/۸٦ ab	۱۳۵/۰±۵٦/۸۷ a	<۰/۰۱
ضخامت اپی تلیوم ایلیوم (میکرومتر)	٤۵/۰±۰۰/۳٤ a	۳۹/۰±۰۰/۳٦ b	۳۷/۰±۷۵/۳۲ c	۳۵/۰±٦۲/۳۳ d	<۰/۰۱
تعداد سلول‌های گابلت ایلیوم	۷/۰±٦۲/۲۹ a	٦/۰±۳۷/۳۲ b	٦/۰±۰۰/۲۸ b	۵/۰±۵۰/۲۹ b	۰/۰۱
ارتفاع پرزهای ایلیوم (میکرومتر)	۷۷۷/۲±۸۷/۹۳ b	۷۸٦/۳±۸۷/۱٤ b	۸۰۱/۲±۷۵/۷۹ a	۸۰۲/۲±۰۰/۸۵ a	<۰/۰۱
نسبت ارتفاع پرز ایلیوم به عمق کریپت	٦/۰±۱۷/۰۵ a	۵/۰±۹۷/۰٦ b	٦/۰±۰٤/۰۵ ab	۵/۰±۹۲/۰۵ b	۰/۰۷

[۱] داده‌ها شامل میانگین ±خطای استاندارد میانگین می‌باشند. میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری ندارند (p<۰/۰۵).

[۲] داده‌ها به صورت میانگین ۳ جوجه کشتار شده در هر گروه آنالیز و گزارش شده است.

سلول‌های گابلت وظیفه ترشح میوسین و سایر ملکول‌های زیست‌فعال را بر عهده دارند تا سد فیزیکی در سطح موکوس روده ایجاد کنند (وانگ و همکاران ۲۰۰۷، لا و همکاران ۲۰۰۷). اگر چه در پژوهش حاضر افزایش آرژنین با کاهش تعداد سلول‌های گابلت همراه بود، اما با توجه به مشاهده آثار مثبت آرژنین بر رشد (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۲) و سیستم ایمنی در جوجه‌ها و با توجه به مشاهده آثار محافظتی آرژنین بر انتروسیت‌های بافت روده در پژوهش تن و همکاران (۲۰۱۰) و اثرات مثبت آرژنین بر ایمنی اپیتلیوم روده‌ای (تایاده و همکاران ۲۰۰٦)، به نظر نمی‌رسد آرژنین اثر تخریبی بر عملکرد ایمنی بافت روده داشته باشد و کاهش تعداد سلول‌های گابلت تنها ترشح اضافی موکوس را کاهش داده است و بنابراین در کاهش هدررفت انرژی نقش داشته است.

همچنین تعداد پایین‌تر سلول‌های گابلت در اپی‌تلیوم روده کوچک نشان‌دهنده عدم وجود شرایط تنش‌زا در روده است که نیاز به لایه موکوسی محافظ را کاهش داده است (نوید شاد و همکاران ۲۰۱۰).

در پژوهش حاضر کاهش ضخامت اپی‌تلیوم روده کوچک مشاهده شد. با توجه به نتایج مطالعات پیشین (ویسک ۱۹۷۸، بدفورد ۲۰۰۰) کاهش ضخامت اپی‌تلیوم روده کوچک موجب آسان‌کردن فرایند جذب، افزایش جذب مواد غذایی و کاهش انرژی نگه‌داری مسیر روده‌ای می‌شود و بدین ترتیب انرژی بیشتری به سمت تولید گوشت می‌رود.

در پژوهش حاضر افزایش ارتفاع پرز و عمق کریپت رفته رفته با افزایش آرژنین مشاهده شد. افزایش ارتفاع پرز با افزایش سطح جذبی در افزایش جذب مواد مغذی از مسیر روده‌ای نقش دارد (کاسپری ۱۹۹۲). همچنین کریپت به عنوان کارخانه تولید پرز در نظر گرفته می‌شود (یاسون و همکاران ۱۹۸۷). نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت به عنوان یک شاخص برای تخمین ظرفیت هضمی روده کوچک در نظر گرفته می‌شود. پلاسکه و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که ارتفاع پرز همبستگی مثبتی با افزایش وزن زنده بدن و مصرف خوراک دارد و کاهش در نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت به عنوان یک عامل مضر در هضم و جذب در نظر گرفته می‌شود. همچنین کاهش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت با افزایش سرعت تکثیر سلول‌های کریپتی و تعداد سلول‌های دارای DNA تجزیه شده (نشان‌دهنده مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی) همراه است که هر دو نشان دهنده ترن‌آور بالاتر انتروسیت‌ها است (پلاسکه و همکاران ۱۹۹۷). برخلاف نظر پلاسکه و همکاران (پلاسکه و همکاران ۱۹۹۷) که تنها به بیان همبستگی ارتفاع پرز با افزایش وزن زنده بدن و مصرف خوراک اشاره داشته‌اند و با توجه به نتایج تن و همکاران (تن و همکاران ۲۰۱۰)، پژوهش حاضر نشان داد که مجموعه عوامل وزنی، طولی و بافت شناسی، همگی در افزایش وزن (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۲) نقش داشته‌اند و برآیند اثرات آرژنین بر شاخص‌های وزنی و طولی و همچنین بافت شناسی، بیان کننده اثرات مثبت یا منفی آرژنین خواهد بود. همچنین با توجه به افزایش ارتفاع ویلوس و عمق کریپت به صورت همزمان و با توجه به نتایج تن و همکاران (تن و همکاران ۲۰۱۰)، به نظر نمی‌رسد کاهش ایجاد شده در نسبت ارتفاع ویلوس به عمق کریپت ناشی از افزایش آپوپتوزیس بوده باشد و همچنین نتایج این پژوهش نیز بی‌تاثیری این کاهش بر افزایش وزن بدن را نشان داد (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۲). به نظر می‌رسد افزایش در عمق کریپت به دلیل ماندگاری بالاتر نیتروژن در اثر افزایش آرژنین ایجاد شده است (تن و همکاران ۲۰۱۰). از این رو، اگرچه افزایش عمق کریپت و کاهش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت، بیان‌کننده افزایش تولید سلول‌های کریپتی است، همیشه به عنوان یک عامل مضر در هضم و جذب نبوده و با افزایش تجزیه سلولی نیز همراه نخواهد بود. به طور کلی، در سطح ۳ جیره غذایی آرژنین با توجه به نتایج مثبت آن بر افزایش طول روده باریک، وزن نسبی روده باریک، نسبت طول روده باریک به وزن بدن، ارتفاع پرزهای روده باریک و کاهش ضخامت اپی‌تلیوم و تعداد سلول‌های گابلت و با توجه به مشاهده نتایج مثبت این سطح آرژنین بر رشد بدن (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۲)، بهترین هضم و جذب را داشته است. این در حالی است که افزایش بیشتر آرژنین تا سطح ٤ جیره غذایی آرژنین، همزمان با کاهش طول، وزن و وزن نسبی قسمت‌های مختلف روده کوچک بود، که برآیند این اثرات موجب کاهش سطح جذبی در روده کوچک شده است و به همین دلیل در این گروه کاهش وزن مشاهده شد (ابراهیمی و همکاران ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که افزودن ۱٦۸ درصد آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه برنامه غذایی راس به جیره جوجه‌های گوشتی، بهبود کیفیت گوشت، بهبود وزن نسبی و طول روده کوچک و بهبود شاخصه‌های ایمنی را ایجاد کرده است.

تشکر و سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور که امکان انجام این پژوهش را میسر ساختند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

ابراهیمی م، زارع شحنه ا ، شیوازاد م، انصاری پیرسرائی ز، تبیانیان م، ادیب مرادی م و نوری جلیانی ک، ۱۳۹۲. اثرات تغذیه‌ای ال-آرژنین بر رشد، تولید ماهیچه و ذخیره چربی در جوجه‌های گوشتی، پژوهش های علوم دامی ایران-دانشگاه فردوسی مشهد، شماره پنجم، صفحه‌های ۲۸۱-۲۹۰.

Andrews RP, and Baldar NA, 1985. Amino acid analysis of feed constituents. Science Tools 32: 44-48.

AOAC, 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. EUA.

Arai M, Otsu K, Maclennan DH, Alpert NR, and Periasamy M, 1991. Effect of thyroid hormone on the expression of mRNA encoding sarcoplasmicreticulum proteins. Circ Res 69: 266-276.

Ball RO, Urschel KL, and Pencharz PB, 2007. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. J Nutr 137:1626–1641.

Bauchart-Thevret C, Cui L, Wu G, and Burrin DG, 2010. Arginine-induced stimulation of protein synthesis and survival in IPEC-J2 cells is mediated by mTOR but not nitric oxide. Am J Physiol Endocrinol Metab 299: E899-909.

Bedford M, 2000. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: Implications and strategies to minimize subsequent problems. World Poul Sci J 56: 347-365.

Berri C, Wacrenier N, Millet N and Le Bihan-Duval E, 2001. Effect of selection for body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental lines. Poult Sci 80: 833–838.

Caspary WF, 1992. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. Am J Clin Nutr 55: 299-308.

Chartrin P, Me´teau K, Juin H, Bernadet MD, Guy G, Larzul C, Re´mignon H, Mourot J, Duclos MJ and Bae´za E, 2006. Effects of intramuscular fat levels on sensory characteristics of duck breast meat. Poult Sci 85: 914–922.

Chiang W, Booren A, and Strasburg G, 2008. The effect of heat stress on thyroid hormone response and meat quality in turkeys of two genetic lines. Meat Sci 80: 615-622.

Connely TJ, El-Hayek R, Sukhareva M, and Coronado R, 1994. L-thyroxine activates the intracellular Ca2+ release channelof skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. Biochem Mol Biol Int 32: 441.

Corrier DE, and DeLoach JR, 1990. Evaluation of cell-mediated, cutaneous basophil hypersensivity in young chickens by an interdigital skin test. Poult Sci 69: 403–408.

Dransfield E, 1994. Modelling post-mortem tenderization. V. Inactivation of calpains. Meat Sci 37: 391–409.

Ebrahimi M, Zare Shahneh A, Shivazad M, Ansari Pirsaraei Z, Tebianian M, Ruiz-Feria CA, Adibmoradi M, Nourijelyani K, Mohamadnejad F, 2013. The effect of feeding excess arginine on lipogenic gene expression and growth performance in broilers. Br Poult Sci 55(1): 81-88.

Fernandes JIM, Murakami AE, Martins EN, Sakamoto MI, and Garcia ERM, 2009. Effect of arginine on the development of the pectoralis muscle and the diameter and the protein: deoxyribonucleic acid rate of its skeletal myofibers in broilers. Poult Sci 88: 1399–1406.

Fletcher DL, 1999. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. Poult Sci 78: 1323–1327.

Floyd JCJ, Fajans SS, and Conn JW, 1966. Stimulation of insulin secretion by amino acids. J Clin Invest 45: 1487–1502.

Hurling R, Rodel JB, and Hunt HD, 1996. Fiber diameter and fish texture. J Texture Stud 27: 679–685.

Jahanian R, 2009. Immunological responses as affected by dietary protein and arginine concentrations in starting broiler chicks. Poult Sci 88: 1818–1824.

Jiao P, Guo Y, Yang X, and Long F, 2010. Effect of dietary arginine and methionine levels on broiler carcass traits and meat quality. J Anim Vet Adv 9: 1546-1551.

Kidd MT, Peebles ED, Whitmarsh SK, Yeatman JB, and Wideman RF, 2001. Growth and immunity of broiler chicks as affected by dietary arginine. Poult Sci 80: 1535–1542.

Klein D, and Morris DR, 1978. Increased arginase activity during lymphocyte mitogenesis. Biochem Biophys Res Commun 81: 199.

Kwak H, Austic RE, and Dietert RR, 1999. Influence of dietary arginine concentration on lymphoid organ growth in chickens. Poult Sci 78: 1536-1541.

Kwak H, Austic RE, and Dietert RR, 2001. Arginine-genotype interactions and immune status. Nutr Res 21: 1035–1044.

Law GK, Bertolo RF, Adjiri-Awere A, Pencharz PB, and Ball RO, 2007. Adequate oral threonine is critical for mucin production and gut function in neonatal piglets. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 292: G1293-G1301.

Ma XY, Lin YC, Jiang ZY, Zheng CT, Zhou GL, and Yu DQ, 2010. Dietary arginine supplementation enhances antioxidative capacity and improves meat quality of finishing pigs. Amino Acids 38: 95-102.

Marquardt WW, Synder DB, Savage PK, Kadavil SK, and Yancey FS, 1984. Antibody response to Newcastle disease virus given by two different routes as measured by ELISA and hemagglutination-inhibition test and associated tracheal immunity. Avian Dis 29: 71–79.

Munir K, Muneer MA, Masaoud E, Tiwari A, Mahmud A, Chaudhry RM, and Rashid A, 2009. Dietary arginine stimulates humoral and cell-mediated immunity in chickens vaccinated and challenged against hydropericardium syndrome virus. Poult Sci 88: 1629–1638.

Murakami AE, Fernandes JIM, Hernandes L, and Santos TC, 2012. Effects of starter diet supplementation with arginine on broiler production performance and on small intestine morphometry. Pesq Vet Bras 32: 259-266.

Navidshad B, Adibmoradi M, and Ansari Pirsaraei Z, 2010. Effects of dietary supplementation of Aspergillus originated prebiotic (Fermacto) on performance and small intestinal morphology of broiler chickens fed diluted diets. Ital J Anim Sci doi: 10.4081/ijas.2010.e12.

NRC, 1994. Nutrient requirements of poultry, 9th ed. (Washington, DC, National Academy Press).

Pluske JR, Hampson DJ, and Williams IH, 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig – a review. Livest Prod Sci 51: 215- 236.

Qureshi MA, 2003. Avian Macrophage and Immune Response: An Overview. Poult Sci 82, 691-698.

Schreurs FJG, Van der Heide D, Leenstra FR, and De Wit W, 1995. Endogenous proteolytic enzymes in chicken muscle. Differences among strains with different growth rates and protein efficiencies. Poult Sci 74: 523–537.

Tan B, Yin Y, Liu Z, Li X, Xu H, Kong X, Huang R, Tang W, Shinzato I, Smith SB, and Wu G, 2009. Dietary L-arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in growing-finishing pigs. Amino Acids 37: 169–175.

Tan B, Yin Y, Kong X, Li P, Li X, Gao H, Li X, Huang R, and Wu G, 2010. L-Arginine stimulates proliferation and prevents endotoxin-induced death of intestinal cells. Amino Acids 38: 1227–1235.

Tayade C, Koti M, and Mishra SC, 2006. L-arginine stimulates intestinal intraepithelial lymphocyte functions and immune response in chickens orally immunized with live intermediate plus strain of infectious bursal disease vaccine. Vaccine 24: 5473– 5480.

Uni Z, 1999. Functional development of the small intestine in domestic birds: Cellular and molecular aspects. Poult Avian Biol Rev 10:167–179.

Uni Z, and Ferket PR, 2004. Methods for early nutrition and their potential. World's Poult Sci J 60:101–111.

Uni Z, Tako E, Gal-Garber O, and Sklan D, 2003. Morphological, molecular, and functional changes in the chicken small intestine of the late-term embryo. Poult Sci 82:1747–1754.

Visek WJ, 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. J Anim Sci 46: 1447-1469.

Wang X, Qiao S, Yin Y, Yue L, Wang Z, and Wu G, 2007. Deficiency or excess of dietary threonine reduces protein synthesis in jejunum and skeletal muscle of young pigs. J Nutr 137: 1442-1446.

Warner RD, Greenwood PL, Pethick DW, and Ferguson DM, 2010. Genetic and environmental effects on meat quality. Meat Sci 86: 171-183.

Wu LY, Fang YJ, and Guo XY, 2011. Dietary L-arginine supplementation beneficially regulates body fat deposition of meat-type ducks. Br Poult Sci 52: 221-226.

Wu X, Ruan Z, Gao Y, Yin Y, Zhou X, Wang L, Geng M, Hou Y, and Wu G, 2010. Dietary supplementation with L-arginine or N-carbamyl glutamate enhances intestinal growth and heat shock protein-70 expression in weanling pigs fed a corn- and soybean meal-based diet. Amino Acids 39: 831-839.

Yamauchi K, Kamisoyama H, and Isshiki Y, 1996. Effects of fasting and refeeding on structures of the intestinal villi and epithelial cells in White Leghorn hens. Br Poult Sci 37:909– 921.

Yao K, Guan S, Li T, Huang R, Wu G, Ruan Z, and Yin Y, 2011. Dietary L-arginine supplementation enhances intestinal development and expression of vascular endothelial growth factor in weanling piglets. Br J Nutr 105: 703–709.

Yason CV, Summers BA, and Schat KA, 1987. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology. Am J Vet Res 48: 927-938.

The effects of dietary L-arginine on some parameters of meat quality, intestine histology and immune system of 46-d old broiler chickens

M Ebrahimi[1*], A Zare Shahneh[2], M Shivazad[2], Z Ansari Pirsaraei[3] and M Ghafari Balesini[4]

Received: June 10, 2015 Accepted: December 16, 2015

[1]Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Professor, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran
[3]Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[4]PhD Graduated, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran
[*] Corresponding author: marzebrahimi@tabrizu.ac.ir

Abstract

BACKGROUND: Improving in quantity and quality of meat production concomitant with augmenting in immune system are of great importance for both consumers and producers. **OBJECTIVES:** The present study was designed to investigate the effects of dietary L-arginine supplementation on meat quality, intestine histology and immune system of female Ross 307 broiler chickens. **METHODS:** A total of 192 day old chicks were fed with 4 dietary treatments and 4 replicates by employing a completely randomized design. Dietary treatments included 100%, 153%, 168% and 183% of digestible arginine, based on the Ross catalogue recommendation, and were fed from day 1 to 46 of age. At day 46 of experiment, three chickens per replicate were randomly selected and euthanized in order to determine meat quality, immune system tissues' weight and weight, length and histology of small intestine. **RESULTS:** The results showed that increasing arginine content of the diet had a significant increasing effect ($P<0.05$) on meat redness index, thymus and spleen relative weight, and skin reaction to phytohemagglutinin P, relative weight and length of small intestine, and villus height and crypt depth of small intestine. On the other hand, increasing dietary arginine had a decreasing effect ($P<0.05$) on shear force and pH of the meat, and also on villus height/crypt depth ratio, goblet cell number, and epithelium thickness. **CONCLUSIONS:** According to the results, consumption of 168% digestible arginine, based on the Ross catalogue recommendation, can improve meat quality, digestive capacity of small intestine, and immunity.

Keywords: Arginine, Broiler chick, Histology of small intestine, Immunity, Meat quality