مجله علوم دامی ایران
دوره ۴۴، شماره ۲، ۱۳۹۲ (۱۶۶-۱۵۷)

بررسی اثرات تغذیه ال-آرژنین بر عملکرد رشد، صفات لاشه و فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی

مرضیه ابراهیمی[1*]، احمد زارع شحنه[2]، محمود شیوازاد[2]، زربخت انصاری پیرسرائی[3]، مجید تبیانیان[4]، مسعود ادیب مرادی[5] و کرامتنوریجلیانی[6]
۱، دانش آموخته دکتری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ۲، استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳، استادیاردانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،۴ ، استادیار موسسه تحققات سرم و واکسن رازی-کرج، ۵، دانشیار دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، ۶، دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
(تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۳ - تاریخ تصویب: ۹۱/۱۲/۱۲)

چکیده

هدف از مطالعه حاضر تعیین اثرات سطوح مختلف ال-آرژنین بر عملکرد رشد، صفات لاشه‌ای و فراسنجه‌های خون در جوجه مرغ‌های گوشتی سویه راس در دوره آغازین بود. در این آزمایش تعداد ۱۹۲ جوجه مرغ گوشتی یک روزه سویه راس در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ جیره غذایی تغذیه شدند که هر جیره غذایی شامل ۴ تکرار بود. جیره‌های غذائی حاوی مقادیر ۱۰۰٪، ۱۵۳٪، ۱۶۸٪ و ۱۸۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه کاتالوگ راس بودند و از ۱ تا ۱۰ روزگی تغذیه شدند. در روز دهم آزمایش، تعداد سه جوجه از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب، نمونه‌های خون از هر کدام جمع آوری شده و کشتار شدند تا صفات لاشه و پارامترهای خونی مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. نتایج نشان دادند که جیره غذایی آرژنین اثر معنی‌دار افزاینده (P< ۰/۰۵) بر وزن ۱۰ روزگی، افزایش وزن روزانه، بازده خوراک، وزن لاشه، بازده لاشه، وزن و ضخامت ماهیچه سینه‌ای، وزن ران، وزن قلب، وزن و طول دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم داشت، در حالی که وزن چربی شکمی لاشه کاهش (P< ۰/۰۵) یافت. همچنین مکمل آرژنین غلظت‌های پلاسمائی تری‌یدوتیرونین (T_3) و تیروکسین (T_4) را افزایش (P< ۰/۰۵) داد، ولی غلظت‌های پلاسمائی کلسترول، تری‌گلیسرید و اوره را کاهش (P< ۰/۰۵) داد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، مصرف میزان ۱۶۸٪ آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه کاتالوگ راس، بهترین نتیجه را در بهبود رشد و صفات لاشه و در جیره حاوی ۱۸۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه کاتالوگ راس، بیشترین کاهش چربی لاشه را در پی داشته است.

واژه‌های کلیدی: آرژنین، عملکرد رشد، صفات لاشه، فراسنجه‌های خونی، جوجه گوشتی

مقدمه

با توجه به محدودیت مصرف آنتی بیوتیک‌ها و بسیاری از محرک‌های رشد مصنوعی به دلیل مشاهده آثار جانبی و گاهاً زیان آور آنها بر انسان، شناسائی روش‌های جدید و طبیعی به منظور بهبود رشد، ترکیب لاشه و بازده خوراک ضروری است. آرژنین یک اسید آمینه ضروری در طیور است که به صورت مرسوم در مواد خوراکی موجود می‌باشد (Ball et al., 2007). در بین گونه‌های مختلف حیوانات مورد مطالعه، پرندگان بیشترین نیاز را به آرژنین دارند؛ که این امر به این دلیل است که از یک سو پرندگان قادر به سنتز درون‌زادی آرژنین نبوده و از سوی دیگر به دلیل سرعت رشد بالا، آرژنین مورد نیاز برای ذخیره پروتئین نیز بالا است (Ball et al., 2007). از سوی دیگر، احتیاجات غذایی آرژنین جوجه‌ها با

* نویسنده مسئول: مرضیه ابراهیمی تلفن: ۰۹۱۷۱۵۳۲۵۶۴ E-mail: marzh_ebrah@yahoo.com

افزایش سن و بهبود پوشش پر افزایش می‌یابد که به دلیل وجود میزان بالای آرژنین در پرها است (Khajali & Widerman, 2010). با توجه به این‌که الیاف ماهیچه‌ای پرندگان پیش از خروج از تخم شکل می‌گیرند (Smith, 1963)، رشد ماهیچه‌ای پس از خروج از تخم وابسته به فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای[1] و در نتیجه ها یپرتروفی ماهیچه‌ها است (Moss, 1968). سلول‌های ماهواره‌ای پس از خروج از تخم قادر به تکثیر، تمایز و اتصال به فیبرهای ماهیچه‌ای موجود یا تشکیل فیبرهای ماهیچه‌ای جدیدی هستند (Moss, 1968). با توجه به این که سلول‌های ماهواره‌ای در اولین روز بعد از خروج از تخم، کاملاً فعال هستند، اما در هفت روزگی فعالیت میتوزی آن‌ها به یک‌سوم زمان خروج از تخم کاهش می‌یابد (Moore et al., 2005)؛ بنابراین، دسترسی به خوراک مناسب برای جوجه‌ها بعد از خروج از تخم (دوره آغازین)، شرط ضروری برای تحریک تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای و در نتیجه ادغام آن‌ها در میوفیبرها و رشد ماهیچه‌ای است (Fernandes et al., 2009). نتایج مطالعات مختلف آثار مثبت آرژنین بر افزایش وزن، افزایش ماهیچه، بهبود ضریب تبدیل خوراک در طیور گوشتی (Kwak et al., 2001; De Boo et al., 2005; Jobgen et al., 2009; Fernandes et al., 2009; Nall et al., 2009; Jiao et al., 2010) و همچنین بهبود رشد سلول‌های اندوتلیال روده‌ای، وزن نسبی روده کوچک و افزایش ارتفاع پرزهای دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم را نشان داده‌اند (Bauchart-Thevret et al., 2010; Yao et al., 2011)، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از سطوح بالای آرژنین در دوره آغازین قادر باشد تأثیر مثبت بر رشد داشته باشد. از آنجائی که در یک آزمایش پیشین، با استفاده ار ۵ سطح خوراکی آرژنین قابل هضم (۱/۳۹، ۱/۴۹، ۱/۵۸، ۱/۶۹ و ۱/۷۹ درصد جیره) در مرحله آغازین (۱ تا ۲۱ روزگی)، افزایش خطی وزن ماهیچه سینه‌ای و فیله سینه‌ای را در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند (Fernandes et al. 2009)؛ بنابراین در آزمایش حاضر از ۳ سطح بالاتر از نیاز آرژنین در دوره آغازین در جوجه‌هایی گوشتی راس استفاده شد تا بهترین سطح استفاده از آرژنین جهت افزایش حداکثری رشد و تولید ماهیچه در دوره آغازین مشخص شود.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین اثر سطوح مختلف ال-آرژنین بر عملکرد رشد و ترکیب لاشه در جوجه‌های گوشتی راس ماده، سطوح مختلف آرژنین طبق جدول ۱ به جیره‌های غذایی اختصاص یافت. تعداد ۱۹۲ قطعه جوجه مرغ گوشتی یک روزه سویه راس (انتخاب جنس ماده به دلیل قابلیت بالاتر ذخیره چربی نسبت به جنس نر) در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. دوره آزمایشی از زمان تولد آغاز شده و تا انتهای ۱۰ روزگی در سالن پرورش جوجه گروه علوم دامی ادامه یافت. جوجه‌های مورد استفاده در این آزمایش از جوجه‌هایی با میانگین وزن تولد یکسان (۴۰/۱۱±۰/۲۹) انتخاب شدند. زمان ورود به سالن، جوجه‌ها در گروه‌های ۱۲ قطعه‌ای (مشاهده) در ۴ تکرار در هر جیره غذایی با میانگین وزن تقریبی یکسان به جیره‌های غذایی اختصاص داده شدند. قبل از شروع آزمایش، تمام مواد خوراکی حاوی پروتئین بر اساس ترکیب شیمیائی (AOAC, 1995) و محتوای اسید آمینه‌قابل هضم (Andrews & Baldar, 1985) در آزمایشگاه مرکزی دگوسا در تهران آنالیز شده و پس از قرار دادن مقادیر حقیقی حاصل از آنالیز شیمیایی اقلام استفاده شده در جیره و محتوای اسیدهای آمینه قابل هضم آنها در نرم افزار UFFDA، 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 فزار UFFDA گزارش شد (جداول ۱). پس از تنظیم جیره، بر اساس نوع جیره غذایی با اضافه کردن نسبت‌های مختلف آرژنین (W381918, Aldrich) به جای ماسه، میزان آرژنین جیره‌های غذایی تنظیم شد. گروه کنترل (جیره غذایی ۱) در این آزمایش میزان ۱/۳۱ درصد جیره آرژنین قابل هضم در کیلوگرم خوراک را در فاصله ۱ تا ۱۰ روزگی دریافت کرد (۱۰۰ درصد آرژنین قابل هضم بر اساس توصیه کاتالوگ راس ,02.June 2007).

1. Satellite cell

در گروه‌های۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۱۵۳، ۱۶۸ و ۱۸۳ درصد میزان آرژنین قابل هضم توصیه شده بر اساس توصیه کاتالوگ راس در دوره آغازین را دریافت کردند.

جدول ۱-اجزاء و ترکیب مواد مغذی جیره‌های غذایی در آزمایش (بر حسب درصد)

مواد خوراکی (٪)	درصد آرژنین جیره‌های غذایی			
	۱۰۰٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۱)	۱۵۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۲)	۱۶۸ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۳)	۱۸۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۴)
ذرت	۱۶/۷۴	۱۶/۷۴	۱۶/۷۴	۱۶/۷۴
کنجاله سویا	۲۹/۱۱	۲۹/۱۱	۲۹/۱۱	۲۹/۱۱
کانولا	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
گندم	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
روغن خوراکی	۸/۰۷	۸/۰۷	۸/۰۷	۸/۰۷
دی‌کلسیم فسفات	۱/۹۲	۱/۹۲	۱/۹۲	۱/۹۲
سنگ آهک	۱/۱۱	۱/۱۱	۱/۱۱	۱/۱۱
نمک	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱
مکمل ویتامینه[1]	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
مکمل معدنی[2]	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
دی-ال-متیونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ال-لایزین	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳
ال-ترئونین	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷
اینرت (ماسه)	۱/۵	۰/۸۱	۰/۶۱	۰/۴۱
ال آرژنین اضافه شده	۰	۰/۶۹	۰/۸۹	۱/۰۹
ال-آرژنین قابل هضم کل	۱/۳۱	۲	۲/۲	۲/۴
ترکیب مواد مغذی جیره پایه (بر حسب درصد)				
انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)	۳۰۲۵			
پروتئین خام	۲۴/۰۸			
پروتئین قابل هضم	۲۰/۶۸			
کلسیم	۱/۰۵			
فسفر قابل دسترس	۰/۵			
لیزین قابل هضم	۱/۲۷			
متیونین قابل هضم	۰/۵۸			
متیونین+سیستئین قابل هضم	۰/۹۴			
ترئونین قابل هضم	۰/۸۳			
ایزولوسین قابل هضم	۰/۸۵			
آرژنین کل	۱/۵۱			
آرژنین قابل هضم	۱/۳۱			
تریپتوفان قابل هضم	۰/۲۶			
لوسین قابل هضم	۱/۵۶			
والین قابل هضم	۰/۹۷			

[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 میلی گرم ویتامین B1، ۶۶۰۰ میلی گرم ویتامین B2، ۱۰ هزار میلی گرم ویتامین B3، ۳ هزار میلی گرم ویتامین B6، ۱۵ میلی گرم ویتامین B12، ۲ هزار میلی گرم ویتامین K3، هزار میلی گرم ویتامین B9، ۳۰ هزار میلی گرم ویتامین B5، ۱۰۰ میلی گرم ویتامین H2، ۵۰۰ هزار میلی گرم کلراید کولین و هزار میلی گرم آنتی اکسیدان بود.

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

آب بر اساس برنامه استاندارد پرورش جوجه گوشتی راس و برنامه نوردهی در بردارنده ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی بود. در طول دوره آزمایش مصرف خوراک، تلفات و وزن بدن جوجه‌ها رکورد برداری شد. در روز تعداد ۳ جوجه از هر تکرار (۱۲ جوجه در هر جیره غذایی) به صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس

پرنده‌ها به مدت ۶ ساعت تحت محدودیت خوراک‌دهی قرار گرفتند. در مرحله بعد، پرنده‌ها وزن‌کشی، از رگ گردنی خونگیری و کشتار شدند. نمونه‌های خون در لوله‌های آزمایشی حاوی هپارین جمع‌آوری شد و پس از سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، پلاسمای نمونه‌ها جداسازی شده و در سرمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. ضریب تبدیل غذایی (FCR) در روز ۱۰ مورد محاسبه قرار گرفت. پس از کشتار، لاشه گرم فاقد محتویات شکم توزین شد و نسبت آن به وزن قبل از کشتار مورد محاسبه قرار گرفت. چربی‌های شکمی جداسازی و توزین شد. پس از تفکیک لاشه، وزن ماهیچه‌سینه‌ای، ران، قلب، جگر وسنگدان و همچنین وزن و طول قسمت‌های مختلف روده مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. فیله سینه‌ای سمت چپ[1] توزین شد و ضخامت، طول و عرض بر اساس سانتی‌متر گزارش شد. غلظت‌های گلوکز، کلسترول، تری گلیسرید و اوره پلاسما با روش آنزیمی-کالریمتری و با استفاده از کیت‌های شرکت زیست شیمی در یک مرحله با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. حساسیت و ضریب تغییرات داخل آزمایشی[2] به ترتیب برای گلوکز ۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و ۳/۷٪، کلسترول ۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و ۰/۷۹ ٪، تری‌گلیسرید ۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و ۱/۶۸ ٪ و اوره ۰/۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و ۳/۵ ٪ بودند. هورمون های T_3و T_4 توسط کیت‌های شرکت ISOTOP مجارستان در یک مرحله و با استفاده از روش رادیوایمونواسی به وسیله لوله‌های پوشش‌دار با آنتی‌بادی و با استفاده از دستگاه گاماکانتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. حساسیت و ضریب تغییرات داخل آزمایشی کیت T_4به میزان ۷ نانومول بر لیتر و ۶/۳٪ و کیت T_3 به میزان ۰/۳ نانومول بر لیتر و۴/۷٪ بودند. در پایان داده‌های مربوط به مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه، و ضریب تبدیل خوراک بر اساس تعداد کل جوجه‌ها و داده‌های مربوط به وزن زنده بدن و کلیه داده‌های مربوط به صفات لاشه و فراسنجه های خونی بر اساس ۳ جوجه کشتار شده در هر تکرار (۱۲ جوجه در هر تیمار) جهت آنالیز داده‌ها استفاده گردید و نتایج مربوطه گزارش شد.

مدل آماری

داده‌ها در قالب طرح کامل تصادفی برای دوره آغازین با استفاده از مدل زیر و با استفاده از رویه GLM نرم افزار آماریSAS 9.2 آنالیز شدند. اثر قفس، طبقه و همچنین اثر متقابل آنها در جیره غذایی مورد بررسی قرار گرفت که هیچ یک معنی‌دار نبودند. در طی آنالیز اثر وزن اولیه و خوراک مصرفی به عنوان عامل کواریت در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون آماری چند دامنه دانکن انجام و سطح معنی‌داری نهائی نیز ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. مدل نهائی پس از حذف فاکتورهای غیر مهم (قفس، طبقه و اثرات متقابل آنها) بصورت زیر می‌باشد:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \alpha \overline{W}_{jk} + \beta \overline{F}_{jk} + e_{ijkl}$$

$i=1, 2, 3, 4$
$j= 1, 2, 3, 4$
$k=1, 2, 3, 4$
$l=1, 2, 3$

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؛ α: ضریب تابعیت خطی Y از میانگین وزن بدن جوجه‌ها در قفسj اُم و طبقه k اُم؛ β: ضریب تابعیت خطی Y از میانگین مصرف خوراک جوجه‌ها در قفسj اُم و طبقه k اُم؛ $\overline{W}_{jk}$: میانگین وزن بدن جوجه‌ها در قفسj اُم و طبقه k اُم در روز نخست؛ $\overline{F}_{jk}$: میانگین مصرف خوراک جوجه‌ها در قفسj اُم و طبقه k اُم طی ۱۰ روز اول؛ e_{ijkl}: خطای تصادفی یا باقی مانده

نتایج و بحث

وزن ۱۰ روزگی به طور معنی‌داری تحت تأثیر جیره غذایی آرژنین قرار گرفت (P< ۰/۰۵)، به طوری که جیره غذایی ۳ نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول۲).

اگرچه در آزمایش حاضر مصرف خوراک تحت تأثیر جیره‌های غذایی قرار نگرفت، افزایش وزن روزانه (P< ۰/۰۵) و بازده غذایی (P<۰/۰۵) افزایش معنی‌داری را نشان دادند و جیره غذایی ۳ افزایش معنی‌دار۶/۲

1. Left major Pectoralis
2. Intra-assay CV

درصدی بازده غذایی و ۴/۶ درصدی افزایش وزن روزانه نسبت به گـروه کنتـرل داشـت (جدول۲).

جدول۲- اثر جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف آرژنین بر عملکرد رشد و صفات لاشه

صفات مورد اندازه گیری	درصد آرژنین جیره‌های غذایی				P-value
	۱۰۰٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۱)	۱۵۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۲)	۱۶۸ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۳)	۱۸۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۴)	
افزایش وزن روزانه (گرم)	۱۸/۴۴±۰/۱۱ b	۱۸/۹۲±۰/۱۲ ab	۱۹/۲۹±۰/۱ a	۱۸/۷۹±۰/۱۳ ab	۰/۰۲۶۱
مصرف خوراک (گرم)	۲۹/۱۵±۰/۱۶ a	۲۸/۹۱±۰/۱۷ a	۲۸/۷۳±۰/۱۵ a	۲۸/۵۹±۰/۱۵ a	۰/۱۴۰۳
ضریب تبدیل خوراک	۱/۵۸±۰/۰۱۶ a	۱/۵۳±۰/۰۱۷ ab	۱/۴۹±۰/۰۱۵ b	۱/۵۲±۰/۰۱۵ ab	۰/۰۴۴۸
بازده خوراک مصرفی	۰/۶۳±۰/۰۰۷ b	۰/۶۵±۰/۰۰۷ ab	۰/۶۷±۰/۰۰۶ a	۰/۶۶±۰/۰۰۶ ab	۰/۰۴۳۲
وزن زنده بدن (گرم)	۲۲۵/۰۸±۱/۳۷ b	۲۲۸/۷۵±۱/۴۸ ab	۲۳۰/۳۳±۱/۱۹ a	۲۲۷/۰۸±۱/۵۶ ab	۰/۰۴۵۵
وزن لاشه پوست کنده (گرم)	۱۷۳/۵۷±۱/۴۶ b	۱۷۸/۰۹±۱/۵۸ ab	۱۸۰/۸۵±۱/۲۸ a	۱۷۶/۸۷±۱/۶۷ ab	۰/۰۰۶
وزن لاشه فاقد محتویات شکمی (گرم)	۱۲۲/۷۷±۱/۵۳ b	۱۲۷/۲۴±۱/۶۵ ab	۱۲۹/۷۲±۱/۳۳ a	۱۲۵/۲۶±۱/۷۴ ab	۰/۰۰۷۷
بازده لاشه	۵۴/۵۳±۰/۳۹ b	۵۵/۶۱±۰/۴۲ ab	۵۶/۳±۰/۳۴ a	۵۵/۱۵±۰/۴۴ ab	۰/۰۰۴۹
وزن ماهیچه سینه‌ای (گرم)	۳۲/۱۵±۱/۵۳ b	۳۶/۹۵±۱/۶۶ ab	۴۰/۱۹±۱/۳۴ a	۳۴/۷±۱/۷۵ b	۰/۰۰۱۶
وزن ماهیچه سینه‌ای سمت چپ (گرم)	۱۶/۷±۰/۷ c	۱۹/۱۸±۰/۷۵ ab	۲۰/۴±۰/۶۱ a	۱۷/۹۱±۰/۷۹ bc	۰/۰۰۰۸
ضخامت ماهیچه سینه‌ای سمت چپ (سانتی متر)	۱/۶۱±۰/۰۷ b	۱/۷۸±۰/۰۷ ab	۱/۸۷±۰/۰۶ a	۱/۶۸±۰/۰۸ ab	۰/۰۱۶
طول ماهیچه سینه‌ای سمت چپ (سانتی متر)	۷/۴۸±۰/۰۹ a	۷/۷±۰/۱ a	۷/۷۳±۰/۰۸ a	۷/۵۷±۰/۱۱ a	۰/۱۱۲۱
عرض ماهیچه سینه‌ای سمت چپ (سانتی متر)	۳/۴۳±۰/۰۹ a	۳/۶۳±۰/۱ a	۳/۶۴±۰/۰۸ a	۳/۴۵±۰/۱ a	۰/۱۴۵۱
وزن ران (گرم)	۳۱/۷۴±۱/۳۲ b	۳۵/۴±۱/۴۳ ab	۳۸/۱۸±۱/۱۵ a	۳۳/۷۶±۱/۵۱ b	۰/۰۰۲۷
وزن چربی شکمی (گرم)	۱/۲۲±۰/۰۷ a	۱/۱۴±۰/۰۸ ab	۱/۰۲±۰/۰۶ ab	۰/۹۵±۰/۰۸ b	۰/۰۴۰۲
وزن سنگدان (گرم)	۶/۳۱±۰/۲۶ a	۶/۸۹±۰/۲۸ a	۷/۰۲±۰/۲۳ a	۶/۷۵±۰/۳ a	۰/۱۸۴۸
وزن کبد (گرم)	۹/۳۸±۰/۱۹ a	۹/۷۷±۰/۲ a	۹/۹۶±۰/۱۶ a	۹/۶۱±۰/۲۱ a	۰/۰۷۹۷
وزن قلب (گرم)	۱/۸±۰/۰۵ b	۱/۹±۰/۰۵ ab	۱/۹۹±۰/۰۴ a	۱/۸۷±۰/۰۶ ab	۰/۰۰۶۹

* داده‌ها شامل میانگین ±SEM می‌باشند. در هر سطر میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری ندارند(p>۰/۰۵).

نتـایـج حاصـل از ایـن آزمـایش مشـابه با نتـایـج Kwak et al. (2001)، Munir et al. (2009)، Nall et al. (2009) و Yao et al. (2011) بود.

اگر چه Jahanian (2009) نتایج مشابهی با آزمایش حاضر در مورد شاخصه‌های وزن و ضریب تبدیل خوراک گزارش کرد، افزایش معنی‌دار مصرف خوراک را با افزایش آرژنین در جیره گزارش کرد. Yao et al. (2011) نشان دادند که مکمل خوراکی آرژنین در خوک‌های ۲۱ روزه به میزان ۱٪ جیره به مدت ۷ روز، اثری بر روی مصرف خوراک نداشت، در حالی که افزایش وزن روزانه و بازده خوراک را افزایش داد. Nall et al. (2009) گزارش کردند که مصرف آرژنین در موش صحرایی وزن نهائی بدن را افزایش داده است. Kwak et al. (2001) نشان دادند که استفاده از ۱/۵۳ درصد آرژنین در جیره جوجه‌های گوشتی برای مدت ۲ هفته (از هفته دوم تا چهارم) در مقابل مصرف ۰/۵۳ درصد آرژنین در جیره موجب بهبود بازده خوراک، و افزایش وزن بدن در گروه دریافت کننده مکمل آرژنین شد. Jahanian (2009) گزارش کرد در جوجه‌های گوشتی که جیره‌های حاوی ۵ سطح آرژنین به ترتیب۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰، یا ۱۲۰ درصد میزان آرژنین توصیه شده براساس NRC (1994) دریافت کردند، کمبود آرژنین در جیره موجب کاهش مصرف خوراک، وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک شد. Munir et al. (2009) گزارش کردند که افزودن ۲ درصد آرژنین به خوراک جوجه‌های گوشتی از ۱ روزگی و در طول دوره پرورش، باعث افزایش وزن بدن در جوجه‌ها شد. لاشه پوست کنده (P< ۰/۰۱)، لاشه فاقد محتویات شکم (P< ۰/۰۱) و بازده لاشه نسبت به وزن زنده نیز تحت تأثیر جیره غذایی آرژنین قرار گرفتند (جدول۲). جیره غذایی آرژنین افزایش معنی‌دار وزن

ماهیچه سینه‌ای (P< ۰/۰۱)، ماهیچه سینه‌ای سمت چپ (P< ۰/۰۱) و ضخامت ماهیچه سینه‌ای سمت چپ (P< ۰/۰۵) را در پی داشت و در هر سه مورد جیره غذایی ۳ بهترین پاسخ را نشان داد، به طوری که جیره غذایی ۳ نسبت به گروه کنترل افزایش ۲۵ درصدی وزن ماهیچه سینه‌ای، افزایش ۲۲ درصدی وزن ماهیچه سینه‌ای سمت چپ و افزایش ۱۶/۱ درصدی ضخامت ماهیچه سینه‌ای را نشان داد. این در حالی است که عرض و طول ماهیچه سمت چپ تحت تأثیر جیره غذایی آرژنین قرار نگرفتند (جدول۲). جیره غذایی آرژنین وزن ران جوجه‌ها را تحت تأثیر قرار داد (P< ۰/۰۱) و جیره غذایی ۳ افزایش معنی‌دار۲۰/۳ درصدی را نسبت به گروه کنترل داشت (جدول۲). وزن بافت چربی نیز تحت تأثیر جیره غذایی آرژنین قرار گرفت (P< ۰/۰۵) و جیره غذایی ۴ کاهش معنی‌دار۲۲/۲ درصدی را نسبت به گروه کنترل نشان داد (جدول۲). همچنین جیره غذایی آرژنین افزایش معنی‌دار وزن دئودنوم (P<۰/۰۵)، طول دئودنوم (P<۰/۰۱)، وزن ژژنوم (P<۰/۰۱)، طول ژژنوم (P<۰/۰۱)، وزن ایلئوم (P<۰/۰۱) و طول ایلئوم (P<۰/۰۱) را در پی داشت (جدول۳). وزن جگر و سنگدان تحت تأثیر جیره غذایی آرژنین قرار نگرفتند (جدول۲). نتایج آزمایش حاضر مشابه نتایج Jobgen et al. (2009)، Fernandes et al. (2009)، Bauchart-Thevret et al. (2010)، Jiao et al. (2010)، Tan et al. (2010)، Wu et al. (2011) و Yao et al.(2011) بود. Jobgen et al. (2009) گزارش کردند که مکمل آرژنین در آب خوراکی موش‌های چاق به مدت ۱۲ هفته موجب کاهش معنی‌دار افزایش وزن چربی و کاهش اندازه آدیپوسیت‌ها و افزایش معنی‌دار وزن ماهیچه در طول دوره پرورش در گروه دریافت کننده آرژنین شد. Jiao et al. (2010) با مقایسه سطوح مختلف آرژنین (۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰٪ احتیاجات NRC) نشان دادند که مکمل آرژنین به طور معنی‌داری رشد ماهیچه‌های ران و سینه را افزایش می‌دهد و با افزایش سطح آرژنین این افزایش خصوصاً در ماهیچه سینه‌ای بیشتر مشاهده می‌شود. Fernandes et al. (2009) نشان دادند که ۵ سطح خوراکی آرژنین (۱/۳۹، ۱/۴۹، ۱/۵۸، ۱/۶۹ و ۱/۷۹ درصد) با نسبت‌های آرژنین به لایزین به ترتیب ۱/۱۰۳، ۱/۱۸۳، ۱/۲۶۲، ۱/۳۴۱ و ۱/۴۲۱ (میزان ثابت لایزین ۱/۲۶ درصد) در مرحله آغازین (۱ تا ۲۱ روزگی)، موجب افزایش وزن ماهیچه سینه‌ای و فیله سینه‌ای در روزهای ۷ و ۲۱ و قطر میوفیبریل در روزهای ۱۴ و ۲۱ شد. Tan et al. (2010) نشان دادند که با اضافه کردن ۱ درصد آرژنین به جیره خوک‌ها، میزان بافت چربی لاشه کاهش می‌یابد. Wu et al. (2011) گزارش کردند که مکمل آرژنین در اردک ذخیره چربی لاشه و اندازه سلول‌های چربی بافت شکمی را کاهش داده و تولید ماهیچه و پروتئین را افزایش داده است. Bauchart-Thevret et al. (2010) نشان دادند که آرژنین رشد سلول‌های اندوتلیال روده‌ای خوک‌های تازه متولد شده را افزایش داده و این اثر به طور مستقیم بوده و افزایش اکسید نیتریک (NO) نقشی در این اثر نداشته است. Yao et al. (2011) نشان دادند که مکمل خوراکی آرژنین در خوک‌های ۲۱ روزه به میزان ۱٪ جیره به مدت ۷ روز، وزن نسبی روده کوچک را افزایش داد و ارتفاع پرزهای دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم در خوک‌های دریافت‌کننده مکمل آرژنین بالاتر از گروه کنترل بود.

مشخص شده است که آرژنین از طریق مسیرهای مختلفی رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد: مسیر اول) این اسید آمینه یکی از اجزای اصلی پروتئین‌ها است و به دلیل این که آرژنین تنها از طریق خوراک در پرندگان تأمین می‌شود، کمبود خوراکی آرژنین اثر مستقیمی بر سنتز پروتئین می‌گذارد (Jahanian, 2009). مسیر دوم) مشخص شده است که آرژنین ترشح انسولین را از سلول‌های بتا پانکراس و ترشح هورمون رشد را از هیپوفیز افزایش می‌دهد (Floyd et al., 1966; Davis, 2011). اثرات هورمون رشد به وسیله فاکتورهای رشد شبه انسولینی (IGF: IGF-I و IGF-II) میانجی‌گری می‌شود (Fernandes et al., 2009). فاکتورهای رشد شبه انسولینی نیز اثرات آنابولیک بر ماهیچه اسکلتی داشته و تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای را افزایش داده و تجمع پروتئین‌های میوفیبریلی را از طریق افزایش سنتز و کاهش تجزیه پروتئینی افزایش می‌دهند (Fernandes et al., 2009). بنابراین استفاده از آرژنین در جوجه‌ها از طریق افزایش هورمون رشد و فاکتورهای رشد شبه انسولینی و تحریک تکثیر و تمایز سلول‌های

ماهواره‌ای قادر است رشد ماهیچه‌ای را افزایش دهد (Fernandes et al., 2009). مسیر سوم) آرژنین با افزایش فعالیت آرژیناز تشکیل اورنیتین (یک پیش ماده پلی‌آمینی) را در پی دارد(Khajali & Widerman, 2010). اورنیتین دکربوکسیلاز (ODC) اورنیتین را به پوترسین[1] تبدیل می کند. سپس اسپرمیدین[2] و اسپرمین[3] به وسیله اضافه‌شدن توالی گروه آمینوپروپیل[4] و از طریق عملکرد اسپرمیدین سنتاز[5] و اسپرمین سنتاز[6] حاصل می‌شوند. پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین اثرات محرک رشد دارند که احتمالاً به دلیل بار مثبت خالص آنها است (Khajali & Widerman, 2010). پلی‌آمین‌ها عملکردهای آنابولیکی را در بدن تقویت می‌کنند که به عنوان مثال می‌توان سنتزDNA، RNA و پروتئین و همچنین جذب اسیدهای آمینه به وسیله سلول‌ها را نام برد (Khajali & Widerman, 2010). مسیر چهارم) از طریق تولید اکسید نیتریک به وسیله فعالیت آنزیم نیتریک اکسید سنتاز بر روی ال- آرژنین و اثرات آن بر رشد ومتابولیسم بدن اعمال شود (Jobgen et al., 2006). اکسید نیتریک از طریق فعال کردن مسیرهای چند گانه وابسته به گوانوزین منوفسفات حلقوی (cGMP) موجب افزایش جریان خون به بافت‌های حساس به انسولین، تحریک جذب پیش سازها و حذف تولیدات از طریق جریان خون در بافتهای حساس به انسولین، کاهش سطوح مالونیل کوا از طریق مهار استیل‌کواکربوکسیلاز و فعال کردن مالونیل کوادکربوکسیلاز، کاهش بیان ژن‌های وابسته به لیپوژنز و گلوکونئوژنز و افزایش فسفریلاسیون لیپاز حساس به هورمون (HSL) و پری‌لیپین و در نتیجه تحریک لیپولیز قطرات چربی می‌شود (Jobgen et al., 2006).

جیره غذایی آرژنین غلظت هورمون T_3 (P< ۰/۰۱) و T_4 (P< ۰/۰۵) پلاسمائی را افزایش داد و در جیره غذایی ۴ این افزایش به ترتیب ۶۰/۳۹ درصد و ۲۶/۹۲ درصد بالاتر از گروه کنترل بود (جدول ۳). نتایج آزمایش حاضر موافق با نتایج Riley et al. (1996) و در تضاد با نتایج Jobgen et al. (2009) بود. آرژنین اگر چه اثر معنی‌داری بر غلظت گلوکز پلاسمائی نداشت، غلظت کلسترول (P< ۰/۰۵)، تری‌گلیسرید (P< ۰/۰۱) و اوره (P< ۰/۰۱) پلاسمائی را کاهش داد. کاهش غلظت کلسترول در گروه ۴ به میزان ۱۴/۹۴ درصد پائین‌تر از کنترل، کاهش غلظت تری‌گلیسرید در گروه ۳ و ۴ به ترتیب به میزان ۲۲/۳۶ و ۲۵/۱۸ درصد پائین‌تر از کنترل و کاهش اوره در گروه ۳ به میزان ۲۰/۱۲ درصد پائین‌تر از گروه کنترل بود (جدول ۳). نتایج آزمایش حاضر مشابه با نتایج Jobgen et al. (2009)، Lassala et al. (2010) و Yao et al. (2011) بود. در مورد گلوکز و تری‌گلیسرید Floyd et al. (1966) و Nall et al. (2009) نتایج مخالف آزمایش حاضر گزارش کردند. Riley et al. (1996) نشان دادند که کمبود تغذیه ای آرژنین در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، کاهش سطوح T_4 و T_3 پلاسمائی و کاهش فعالیت دی‌یدیناز کبدی ($5'D$) که مسئول تبدیل T_4 به T_3 است، را در پی دارد. Jobgen et al. (2009) گزارش کردند که مکمل آرژنین در آب خوراکی موش‌های چاق به مدت ۱۲ هفته، غلظت سرمی هورمون رشد، تری‌یدوتیرونین و تیروکسین را تحت‌تأثیر قرار نداد، ولی کاهش غلظت سرمی گلوکز، تری‌گلیسرید و اوره را در پی داشت.

Lassala et al. (2010) با تزریق آرژنین در میش‌های آبستن، کاهش سطوح آمونیاک و تری‌گلیسیرید پلاسمائی را گزارش کردند. Yao et al. (2011) نشان دادند که مکمل خوراکی آرژنین در خوک‌های ۲۱ روزه به میزان ۱٪ جیره به مدت ۷ روز، غلظت پلاسمائی آمونیاک و اوره را کاهش داد. از سوئی دیگر در تضاد با آزمایش حاضر، Floyd et al. (1966) نشان دادند که تزریق داخل رگی آرژنین در انسان موجب افزایش غلظت پلاسمایی گلوکز شد و.Nall et al (2009) با مصرف آرژنین در موش صحرایی افزایش غلظت پلاسمایی گلیسرول را گزارش کردند.

علت این که در آزمایش حاضر جیره غذایی ۳ بهترین نتیجه را در مورد افزایش وزن و تولید ماهیچه داشته است می‌تواند به این دلیل باشد که این سطح

1. Putrescine
2. Spermidine
3. Spermine
4. Amino propyl
5. Spermidine synthase
6. Spermine synthase

آرژنین قادر بوده از یک سو بهترین تعادل اسید آمینه‌ای را ایجاد کند و رشد بهتری داشته باشد. از سوی دیگر این سطح آرژنین احتمالا قادر بوده با تحریک مسیر نیتریک اکساید سینتاز و مسیر هورمون رشد اثرات خود را بر رشد اعمال کند. اما با توجه به این نکته که در سری چهارم، این افزایش وزن کاهش یافته و کاهش چربی و متابولیت های مربوط به چربی‌های پلاسمائی مشاهده شده و از سوی دیگر سطح اوره پلاسمائی افزایش یافته است، این تغییر روند را می توان به هورمون‌های تیروئیدی و خصوصا افزایش چشمگیر هورمون T_3 در سری چهارم مربوط دانست. نتایج آزمایش‌های پیشین اثر آرژنین را بر افزایش هورمون رشد و هورمون‌های تیروئیدی نشان داده‌اند (Floyd et al., 1966; Riley et al., 1996) و نشان داده شده است که هورمون رشد با کاهش فعالیت دی‌یدیناز نوع III (5DIII) و در نتیجه کاهش تجزیه T_3 و افزایش فعالیت دی‌یدیناز نوع I (5′DI) که مسئول تولید T_3 از T_4 می‌باشد، قادر است میزان T_3 جریان خون را به میزان زیادی افزایش دهد (Vasilatos-Younken et al., 2000).

جدول۳- اثر جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف آرژنین بر خصوصیات بافت روده و غلظت متابولیت‌ها و هورمون‌های پلاسمائی

صفات مورد اندازه گیری	درصد آرژنین جیره‌های غذایی				P-value
	۱۰۰٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۱)	۱۵۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۲)	۱۶۸ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۳)	۱۸۳ ٪ آرژنین قابل هضم بر اساس کاتالوگ راس (جیره غذایی ۴)	
وزن دئودنوم (گرم)	۳/۲۵±۰/۰۶ b	۳/۳۴±۰/۰۶ ab	۳/۵±۰/۰۵ a	۳/۳±۰/۰۷ b	۰/۰۱۲
طول دئودنوم (سانتی متر)	۲۰/۳۶±۰/۴۹ c	۲۲/۱۳±۰/۵۳ ab	۲۳/۰۸±۰/۴۳ a	۲۰/۷۹±۰/۵۶ bc	۰/۰۰۰۱
وزن ژژنوم (گرم)	۳/۷±۰/۱۳ c	۴/۳±۰/۱۴ ab	۴/۵۶±۰/۱۱ a	۴/۰۳±۰/۱۵ bc	۰/۰۰۰۲
طول ژژنوم (سانتی متر)	۴۲/۸۸±۰/۸۵ c	۴۵/۸۵±۰/۹۲ ab	۴۷/۶±۰/۷۵ a	۴۳/۹۲±۰/۹۷ bc	۰/۰۰۰۳
وزن ایلئوم (گرم)	۳/۳۴±۰/۱ b	۳/۵۵±۰/۱۱ ab	۳/۸۵±۰/۰۹ a	۳/۳۹±۰/۱۲ b	۰/۰۰۱
طول ایلئوم (سانتی متر)	۴۲/۹۳±۰/۸۲ c	۴۶/۵۳±۰/۸۹ ab	۴۷/۷۴±۰/۷۱ a	۴۴/۵۸±۰/۹۳ bc	۰/۰۰۰۳
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۱۲/۷۸±۳/۳۵ a	۱۰۶/۵۷±۳/۶۲ ab	۱۰۲/۰۹±۲/۹۲ bc	۹۵/۹۴±۳/۸۲ c	۰/۰۳۲۳
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۲۳۷/۳۲±۱/۷۷ a	۲۳۸/۸۴±۱/۴۹ a	۲۳۸/۷۴±۱/۵۲ a	۲۳۶/۳۶±۱/۶۸ a	۰/۵۹
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۵۰/۶۵±۲/۱۴ a	۴۲/۶۳±۲/۳۲ b	۳۹/۳۳±۱/۸۷ b	۳۷/۹±۲/۴۴ b	۰/۰۰۷۵
اوره (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۶/۶۳±۰/۲۸ a	۵/۸±۰/۳ ab	۵/۳±۰/۲۴ b	۶/۴±۰/۳۲ a	۰/۰۰۱۹
تری‌یدوتیرونین (نانومول در لیتر)	۱/۳۴±۰/۱۲ c	۱/۶۲±۰/۱۳ bc	۱/۷۴±۰/۱ b	۲/۱۵±۰/۱۴ a	۰/۰۰۴۱
تیروکسین (نانومول در لیتر)	۴۱/۴۴±۲/۱۱ c	۴۵/۷۸±۲/۲۸ bc	۴۹/۴۵±۱/۸۴ ab	۵۲/۵۹±۲/۴۱ a	۰/۰۴۹

* داده‌ها شامل میانگین ±SEM می‌باشند. در هر سطر میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری ندارند($p>۰/۰۵$).

بنابراین، اگرچه در آزمایش حاضر غلظت هورمون رشد اندازه‌گیری نشد، ولی با توجه به افزایش چشمگیر هورمون‌های تیروئیدی و به طور ویژه T_3 در جیره غذایی چهارم، به نظر می‌رسد افزایش غلظت آرژنین رفته رفته غلظت هورمون رشد را افزایش داده است، اما در جیره غذایی چهارم این افزایش غلظت هورمون رشد با تحریک بیش از اندازه تولید هورمون‌های تیروئیدی از میزان رشد در این گروه کاسته و ترکیب اثر آرژنین و هورمون های تیروئیدی (افزایش سوخت و ساز کلی بدن) کاهش شدید چربی و متابولیت‌های مربوط به چربی در این گروه را در پی داشته است و افزایش اوره در گروه چهارم به دلیل افزایش سوخت و ساز ناشی از افزایش هورمون‌های تیروئیدی و کاتابولیسم ماهیچه‌ای است. از سوئی دیگر، ۱۸۳٪ آرژنین قابل هضم بر وزن و طول بافت روده‌ای نیز اثر منفی گذاشته و در تیمار چهارم وزن و طول روده‌ای کاهش یافته است که به نوعی نشان دهنده کاهش جذب مواد مغذی و کاهش رشد می‌باشد. جیره غذایی آرژنین بر وزن قلب نیز اثر معنی‌داری داشت ($P< ۰/۰۱$)، به طوری‌که بهترین پاسخ در افزایش وزن قلب مربوط به گروه ۳ با افزایش ۱۰/۵ درصدی

نسبت به گروه کنترل بود (جدول۲). با توجه به حساس بودن سویه‌های مدرن جوجه‌های گوشتی نسبت به آسیت و در نظر گرفتن این نکته که سایر مطالعات مانند Ruiz-Feria ،(2006) Lorenzoni & Ruiz-Feria (2009) و Bautista-Ortega & Ruiz-Feria (2010) بهبود عملکرد سیستم قلبی –عروقی و کاهش آسیت پرندگان را در اثر استفاده از آرژنین نشان داده‌اند، به نظر می‌رسد سطح ۳ جیره غذایی آرژنین قادر باشد بهترین مقاومت را نسبت به آسیت در جوجه‌های گوشتی ایجاد کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایش حاضر جیره غذایی سوم بهترین نتیجه را در بهبود رشد، بهبود کیفیت لاشه و بهبود رشد روده داشته است. در این گروه اگر چه کاهش چشمگیر بافت چربی نسبت به گروه کنترل مشاهده شده است، نتایج بدست آمده حاکی از آن است که انرژی به سمت بافت ماهیچه سوق یافته و افزایش قابل ملاحظه ماهیچه‌سینه‌ای و ماهیچه‌ران+ساق را در پی داشته است.

REFERENCES

1. Andrews R. P. & Baldar N. A. (1985). Amino acid analysis of feed constituents. Science Tools. 32, 44-48.
2. AOAC. (1995). Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC, Washington, DC.
3. Ball R.O., Urschel K. L. & Pencharz P. B. (2007). Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. Journal of Nutrition. 137, 1626-1641.
4. Bauchart-Thevret C., Cui L., Wu G., Burrin D. G. (2010). Arginine-induced stimulation of protein synthesis and survival in IPEC-J2 cells is mediated by mTOR but not nitric oxide. American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism. 299, E899-E909.
5. Bautista-Ortega J. & Ruiz-Feria C. A. (2010). L-Arginine and antioxidant vitamins E and C improve the cardiovascular performance of broiler chickens grown under chronic hypobaric hypoxia. Poultry Science. 89, 2141-2146.
6. Davis S. L. (2011). Plasma levels of prolactin, growth hormone, and insulin in sheep following the infusion of arginine, leucine and phenylalanine. Endocrinology. 91, 549-555.
7. De Boo H. A., van Zijl P. L., Smith D. E., Kulik W., Lafeber H. N., Harding J. E. (2005). Arginine and mixed amino acids increase protein accretion in the growth-restricted and normal ovine fetus by different mechanisms. Pediatric Research. 58, 270-277.
8. Fernandes J. I.M., Murakami A. E., Martins E. N., Sakamoto M. I., Garcia E. R. M. (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. Poultry Science. 88, 1399-1406.
9. Floyd J. C. J., Fajans S. S., Conn J. W. (1966). Stimulation of insulin secretion by amino acids. Journal of Clinical Investigation. 45, 1487-1502.
10. Jahanian R. (2009). Immunological responses as affected by dietary protein and arginine concentrations in starting broiler chicks. Poultry Science. 88, 1818-1824.
11. Jiao P., Guo Y., Yang X., Long F. (2010). Effect of dietary arginine and methionine levels on broiler carcass traits and meat quality. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9, 1546-1551.
12. Jobgen W., Meininger C. J., Jobgen S. C., Li P., Lee M. J., Smith S. B., Spencer T. E., Fried S. K., Wu G. (2009). Dietary L-arginine supplementation reduces white fat gain and enhances skeletal muscle and brown fat masses in diet-induced obese rats. Journal of Nutrition. 139, 230-237.
13. Jobgen W. S., Fried S. K., Fu W. J., Meininger C. J., Wu G. (2006). Regulatory role for the arginine–nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. Journal of Nutritional Biochemistry. 17, 571-588.
14. Khajal F. & Widerman R. F. (2010). Dietary arginine: metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships. World's Poultry Science Journal. 66, 751-766.
15. Kwak H., Austic R. E., Dietert R. R. (2001). Arginine-genotype interactions and immune status. Nutrition Research. 21, 1035-1044.
16. Lassala A., Bazer F. W., Cudd T. A., Datta S., Keisler D. H., Satterfield M. C., Spencer T. E., Wu G. (2010). Parenteral administration of L-arginine prevents fetal growth restriction in undernourished ewes. American Society for Nutrition. doi:10. 3945/jn. 110. 125658.
17. Lorenzoni A. G. and Ruiz-Feria C. A. (2006). Effects of vitamin E and L-arginine on cardiopulmonary function and ascites parameters in broiler chickens reared under subnormal temperatures. Poultry Science. 85, 2241-2250.

18. Moore T., Ferket P. R. and Mozdziak P. E. (2005). Muscle development in the late embryonic and early post-hatch poult. International Journal of Poultry Sciences. 4, 138-142.
19. Moss F. P. (1968). The relationship between the dimensions of the fibres and the number of nuclei during normal growth of skeletal muscle in the domestic fowl. American Journal of Anatomy. 122, 555-563.
20. Munir K., Muneer M. A., Masaoud E., Tiwari A., Mahmud A., Chaudhry R. M., Rashid A. (2009). Dietary arginine stimulates humoral and cell-mediated immunity in chickens vaccinated and challenged against hydropericardium syndrome virus. Poultry Science. 88, 1629-1638.
21. Nall J. L., Wu G., Kim K. H., Choi C. W., Smith S. B. (2009). Dietary supplementation of L-arginine and conjugated linoleic acid reduces retroperitoneal fat mass and increases lean body mass in rats. Journal of Nutrition. 139, 1279-1285.
22. Riley W. W., Higgs D. A., Dosanjh B. S. Eales J. G. (1996). Influence of dietary arginine and glycine content on thyroid function and growth of juvenile rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (Walbaum). Aquaculture Nutrition. 2, 235-242.
23. Ruiz-Feria C. A. (2009). Concurrent supplementation of arginine, vitamin E, and vitamin C improve cardiopulmonary performance in broilers chickens. Poultry Science. 88, 526-535.
24. Smith J. H. (1963). Relation of body size to muscle cell size and number in the chicken. Poultry Science. 42, 283-290.
25. Tan B., Yin Y., Liu Z., Tang W., Xu H., Kong X., Li X., Yao K., Gu W., Smith S. B., Wu G. (2010). Dietary L-arginine supplementation differentially regulates expression of lipid-metabolic genes in porcine adipose tissue and skeletal muscle. Journal of Nutritional Biochemistry. doi:10.1016/j.jnutbio.2010.03.012.
26. Vasilatos-Younken R., Zhou Y., Wang X., McMurtry J. P., Rosebrough R. W., Decuypere E., Buys N., Darras V. M., Van der Geyten S., Tomas F. (2000). Altered chicken thyroid hormone metabolism with chronic GH enhancement in vivo: Consequences for skeletal muscle growth. Journal of Endocrinology. 166, 609-620.
27. Wu L. Y., Fang Y. J., Guo X. Y. (2011). Dietary L-arginine supplementation beneficially regulates body fat deposition of meat-type ducks. British Poultry Science 52(2), 221-226.
28. Yao K., Guan S., Li T., Huang R., Wu G., Ruan Z., Yin Y. (2011). Dietary L-arginine supplementation enhances intestinal development and expression of vascular endothelial growth factor in weanling piglets. British Journal of Nutrition. 105, 703-709.