نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱٤٤، پاییز ۱٤۰۳
ص‌ص: ٥۱~٦٤

اثرات استفاده از گوانیدینواستیک اسید در جیره‌های کم پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی

• **سید محمدعلی میرحسینی[۱]، سید ناصر موسوی[۲*]، علی افسر[۳]**

۱- دانشجوی دکتری تخصصی تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۳- ایونیک ایران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت : مرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش : مهر ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۶۰۲۱۳۲

Email: snmousavi@hotmail.com

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2023.363245.2341

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثرات استفاده از گوانیدینواستیک اسید در جیره‌های کم پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی بود. بدین منظور ۲٤۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ به ٦ تیمار (فاکتوریل ۲×۳) و ٤ تکرار با ۱۰ پرنده در هر واحد آزمایشی تقسیم شدند. جیره‌های آزمایشی شامل سه سطح پروتئین جیره (۱۰۰، ۹۰ و ۸۰ درصد از توصیه راس ۳۰۸، ۲۰۰۹) با و بدون افزودن گوانیدینواستیک اسید (۰/۰٦ درصد) بودند. نتایج نشان داد که افزایش وزن بدن با کاهش ۲۰ درصدی پروتئین خام جیره در سن ۲٤-۱۱ روزگی و ٤۲-۲٥ روزگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰٥). کاهش پروتئین خام از ۱۰۰٪ به ۸۰٪، ضریب تبدیل خوراک را به‌طور قابل‌توجهی در طول دوره رشد افزایش داد. اثر متقابل معنی‌دار بین سطح پروتئین خام و گوانیدینواستیک اسید برای مصرف خوراک در سنین ۱۱-۲٤ و ۲٥-٤۲ روزگی مشاهده شد. افزودن گوانیدینواستیک اسید به جیره حاوی ۸۰ درصد پروتئین خام از سطح توصیه، مصرف خوراک کاهش داد. افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر مکمل گوانیدینواستیک اسید قرار نگرفت. افزودن گوانیدینواستیک اسید باعث افزایش نسبی بازده لاشه و کاهش معنی‌دار وزن قلب شد (P<۰/۰٥). به‌طورکلی مشخص شد کاهش پروتئین جیره به میزان۱۰ درصد توصیه تاثیر معنی داری بر عملکرد جوجه های گوشتی نداشت، اما کاهش ۲۰ درصدی سطح پروتئین جیره، علیرغم تأمین آمینواسیدهای ضروری موجب کاهش عملکرد شد و استفاده از مکمل گوانیدنیواستیک اسید باعث بهبود نسبی عملکرد لاشه شد اما تأثیری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های کم پروتئین نداشت.

واژه‌های کلیدی: جیره کم پروتئین، جوجه‌های گوشتی، گوانیدنیواستیک اسید، عملکرد.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by **Research Journal of Livestock Science** (https://asj.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

Research Journal of Livestock Science No 144 pp: 51-64

Effects of guanidinoacetic acid supplementation to reduced protein diets on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chickens

By: Seyed Mohammad Ali Mirhosseini[1], Seyed Naser Mousavi[*2], Ali Afsar[3]
1: Ph.D. Student of Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Urmia University,Urmia, Iran.
2: Corresponding Author, Associate Professor,Department of Animal Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3: Evonik Iran AG, 1918973578 Tehran, Iran.

Received: August 2023 **Accepted: October 2023**

The aim of this study was to investigate the effects of guanidinoacetic acid (GAA) supplementation to reduced protein diets on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chickens. For this purpose, 240 male Ross 308 broilers were allocated to 6 treatments with 4 replications and 10 birds per replication. The dietary treatments consisted of a 3×2 factorial arrangement of reduced dietary CP (100%, 90 and 80% of Ross 308, 2009 recommendation), with or without GAA (0.06%). Body weight gain was significantly reduced when dietary ideal protein was reduced by 20%, during 11-24 and 25-42 days of age (P<0.05). The CP reduction from 100 to 80%, resulted in higher feed conversion ratio during grower period. An interaction was found between CP level and GAA for feed intake during 11-24 and 25-42 days of age. GAA addition reduced feed intake of birds fed reduced CP diet (80% of management guide recommendation). Body weight gain and FCR were not affected by dietary GAA supplementation. Addition of guanidine acetic acid in the diet resulted in relatively higher carcass yield and significantly lower heart weight (P<0.05). It was concluded form the result of the current experiment that reducing the dietary ideal protein to 80 % of management guide recommendation resulted in inferior growth performance and dietary GAA supplementation did not improve the bird's performance.

Key words: Low protein diet, Broilers, Guanidinoacetic acid, Performance.

مقدمه

گوانیدینواستیک اسید، نام رایج N-(آمینوئیمینو-متیل)-گلیسین، همچنین به‌عنوان گلیکوسیامین یا گوانیدینواستات شناخته می‌شود، پیش ساز کراتین است که همراه با فسفوکراتین، در متابولیسم انرژی سلولی از طریق بازسازی آدنوزین تری فسفات نقش دارد (Portocarero و Braun، ۲۰۲۱). کراتین با بهبود در دسترس بودن آدنوزین تری فسفات (ATP) برای میوزین، نقش مستقیمی در افزایش پروتئین دارد. برای تأمین نیاز پرنده به کراتین، به‌ویژه در جیره‌های با پروتئین کاهش یافته، ممکن است گوانیدینواستیک اسید به‌عنوان منبع کراتین به جیره اضافه شود (Nain و همکاران، ۲۰۰۸). اثرات گوانیدینواستیک اسید بر عملکرد رشد، استفاده از انرژی و رشد عضلانی (افزایش پروتئین) اخیراً مورد بررسی قرار گرفته است (Sharma و همکاران، ۲۰۲۲؛ Khajali و همکاران، ۲۰۲۰). گوانیدینواستیک اسید علاوه بر عملکرد مستقیم به‌عنوان پیش‌ساز کراتین ماهیچه‌ای، باعث می‌شود که از آرژنین برای سنتز گوانیدینواستیک اسید استفاده نشود، در نتیجه آرژنین برای افزایش عضله سازی و سایر عملکردهای فیزیولوژیکی استفاده شود (Portocarero و Braun، ۲۰۲۱).

کراتین نقش حیاتی در متابولیسم انرژی و تشکیل ماهیچه‌ها و سایر بافت‌ها در بدن ایفا می‌کند (Brosnan و همکاران، ۲۰۰۹). یک جوجه گوشتی ۲۱ روزه با میانگین وزن بدن ۹۸۵ گرم به ۱۶۹ میلی‌گرم کروم در روز به کراتین نیاز دارد (Khajali و همکاران، ۲۰۲۰) و این نیاز با افزایش سن افزایش می‌یابد. جیره-

های دارای پودر گوشت و استخوان و پودر ماهی منابع غنی کراتین هستند (Wyss وKaddurah-Daouk، ۲۰۰۰) اما فرآوری و عملیات حرارتی به‌طور قابل‌توجهی محتوای کراتین خوراک را کاهش می‌دهد (Tossenberger و همکاران، ۲۰۱۶). از سوی دیگر، منابع پروتئین گیاهی و غلات دارای غلظت ناچیزی از کراتین هستند (Khajali و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، کراتین جیره یا پیش سازهای آن به‌طور طبیعی در جیره جوجه‌های گوشتی کم پروتئین کم است، زیرا در این نوع جیره‌ها پروتئین کمتر و اسیدهای آمینه کریستاله بیشتری استفاده می‌شود. این یک بار اضافی بر روی سنتز کراتین وارد می‌کند که برای تأمین نیاز پرنده به کراتین کافی نیست و بنابراین عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی به خطر می‌افتد.

کراتین به‌صورت درون‌زادی از اسیدهای آمینه آرژنین و گلایسین سنتز می‌شود. هنگامی که گلایسین یک گروه گوانیدین را از آرژنین در واکنشی که توسط آنزیم ال-آرژنین:گلایسین آمیدینوترانسفراز (AGAT) کاتالیز می‌شود دریافت می‌کند، گوانیدینو استیک اسید تولید می‌شود. سپس گوانیدینو استیک اسید به کبد منتقل می‌شود و در آنجا توسط S-آدنوزیل متیونین (SAM) در واکنشی که توسط آنزیم گوانیدینواستات N-متیل ترانسفراز کاتالیز می‌شود متیله می‌شود تا کراتین را تشکیل دهد. کراتین از کبد به سلول‌هایی با نیاز انرژی بالا مانند ماهیچه‌های اسکلتی، قلب و مغز منتقل می‌شود و برای تشکیل فسفوکراتین فسفریله می‌شود. فسفوکراتین آدنوزین دی فسفات (ADP) را در طی دفسفوریلاسیون آن به آدنوزین‌تری فسفات (ATP) تبدیل می‌کند (Khajali و همکاران، ۲۰۲۰؛ Portocarero و Braun، ۲۰۲۱). بنابراین، کراتین سلولی به‌عنوان یک مولکول ذخیره انرژی عمل می‌کند و می‌تواند ATP را در صورت تقاضا برای تأمین انرژی تولید کند (Wyss وKaddurah-Daouk، ۲۰۰۰). این امر به‌ویژه در دوره‌های تقاضای انرژی بالا، مانند رشد سریع ماهیچه‌ها در جوجه‌های گوشتی مهم است و از تشکیل رادیکال‌های آزاد که بر عملکرد تأثیر منفی می‌گذارد، جلوگیری می‌کند.

استفاده از گوانیدینو استیک اسید به‌عنوان یک افزودنی خوراک مزایایی را بر عملکرد رشد و عملکرد گوشت سینه جوجه‌های گوشتی نشان داده است (Tossenberger و همکاران، ۲۰۱۶؛ DeGrootو همکاران، ۲۰۱۹). از نظر تئوری، گوانیدینو استیک اسید دارای پتانسیل یدک‌کشی آرژنین تا ۱۴۹٪ در جوجه‌های گوشتی است (Khajali و همکاران، ۲۰۲۰) اما در رویکرد محافظه کارانه‌تر برای استفاده از نرخ جایگزینی ۷۷٪ در صنعت طیور رایج است. در حالی که مکمل غذایی ال-آرژنین تأثیر کمتری بر متابولیسم انرژی و غلظت کراتین عضلانی دارد، نشان داده است که مکمل گوانیدینو استیک اسید سطح کراتین عضلانی، نسبت فسفوکراتین به ATP در عضلات و افزایش سطح آرژنین سرم را بهبود می‌بخشد (DeGroot و همکاران، ۲۰۱۸؛ ۲۰۱۹). همچنین نشان داده شده است که مکمل گوانیدینو استیک اسید باعث افزایش عملکرد گوشت سینه (Michiels و همکاران، ۲۰۱۲) و کاهش میزان سینه چوبی در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Córdova-Noboa و همکاران، ۲۰۱۸). پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف آرژنین در جیره‌های کم پروتئین مورد توجه قرار می‌گیرد، زیرا این نوع جیره‌ها دارای پروتئینی کمتر، غلظت کمتر کراتین و مقدار قابل‌توجهی از مکمل ال آرژنین هستند که ممکن است به‌سرعت در خون کم شود و روشی کارآمد برای به حداکثر رساندن تشکیل کراتین عضلانی و تقویت رشد نباشد. همچنین تحقیقات نشان داده است که بخشی از کاهش عملکرد هنگام استفاده از جیره‌های کم پروتئین مربوط به کمبود گلایسین است. با توجه به اینکه بخشی از گلایسین به‌عنوان پیش ساز گوانیدینو استیک اسید مورد استفاده قرار می‌گیرد احتمالاً استفاده از گوانیدینو استیک اسید می‌تواند بخشی از گلایسین را در اختیار سنتز پروتئین قرار دهد (Sharma و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثرات استفاده از گوانیدینواستیک اسید در جیره‌های کم پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های خونی بود.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در سالن مرغداری تحقیقاتی مزرعه دانشکده کشاورزی واحد ورامین پیشوا به مدت شش هفته انجام گرفت. در این آزمایش تعداد ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در شش گروه آزمایشی مورد استفاده قرار گرفتند. جوجه‌ها تا سن ۱۰ روزگی روی بستر پوشال پرورش یافتند و یک جیره پایه یکسان دریافت نمودند، سپس در سن ۱۱ روزگی با میانگین وزن ۶/۲۴±۲۵۰/۱ گرم به قفس های باتری منتقل شدند. پس از مشخص کردن واحدهای آزمایشی، پرنده‌ها به‌طور تصادفی در شش گروه آزمایشی (فاکتوریل ۲×۳) قرار گرفتند. هر تیمار دارای ۴ تکرار و هر واحد آزمایشی واجد ۱۰ پرنده بود. قبل از ورود جوجه‌ها، کف بستر با تراشه چوب به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر پوشانیده شد. آب مصرفی و دان موردنیاز به‌صورت آزاد در اختیار پرنده‌ها قرار گرفت. تیمارها شامل جیره با غلظت پروتئین و اسیدآمینه بر اساس توصیه کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ (۲۰۰۹) و ۱۰ و ۲۰ درصد کمتر از توصیه با و بدون مقدار توصیه شده مکمل گوانیدینو استیک اسید بود. قبل از تنظیم جیره‌ها میزان اسیدآمینه‌ها و پروتئین مواد خوراکی به روش NIR (ایوانیک، ایران) اندازه-گیری شد. سپس جیره پایه آغازین (۱-۱۰ روزگی)، و جیره‌های آزمایشی رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) به‌منظور تأمین مواد مغذی موردنیاز توصیه شده در راهنمای پرورشی سویه راس ۳۰۸ (۲۰۰۹) تنظیم شدند.

گروه‌ها آزمایشی شامل ۱) جیره حاوی ۸۰٪ پروتئین توصیه شده راهنمای پرورشی و بدون مکمل گوانیدینواستیک اسید، ۲) جیره حاوی ۹۰٪ پروتئین توصیه شده و بدون مکمل گوانیدینواستیک اسید، ۳) جیره حاوی ۱۰۰٪ پروتئین توصیه شده و بدون مکمل گوانیدینواستیک اسید ۴) جیره حاوی ۸۰٪ پروتئین توصیه شده با مکمل گوانیدینواستیک اسید (۰/۰۶ درصد گوانیدینو استیک اسید)، ۵) جیره حاوی ۹۰٪ پروتئین توصیه شده با مکمل گوانیدینواستیک اسید (۰/۰۶ درصد گوانیدینو استیک اسید) و ۶) جیره حاوی ۱۰۰٪ پروتئین توصیه شده با مکمل گوانیدینواستیک اسید (۰/۰۶ درصد گوانیدینو استیک اسید) بودند. منبع گوانیدینواستیک اسید مورد استفاده محصول تجاری کرامینو® با خلوص حداقل ۹۶ درصد، (ایوانیک، آلمان) بود. برای حفظ تعادل الکترولیت جیره از کربنات پتاسیم و بیکربنات سدیم استفاده شد. اجزا و ترکیبات جیره‌های غذایی در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین، رشد و پایانی

	آغازین		رشد		پایانی		
		٪۸۰ پروتئین	٪۹۰ پروتئین	٪۱۰۰ پروتئین	٪۸۰ پروتئین	٪۹۰ پروتئین	٪۱۰۰ پروتئین
ذرت	۵۳/۶۶	۶۹/۹۲	۶۱/۴۳	۵۴/۱۴	۷۳/۶۵	۶۶/۰۵	۵۹/۸۲
کنجاله سویا	۳۹/۳۷	۲۱/۴۰	۲۹/۷۸	۳۶/۶۳	۱۸/۱۴	۲۵/۶۱	۳۱/۴۷
روغن سویا	۲/۰۲	۲/۳۸	۳/۹۲	۵/۱۵	۲/۵۴	۳/۵۹	۴/۹۹
دی کلسیم فسفات	۲/۲۶	۲/۱۵	۲/۰۹	۲/۰۸	۱/۹۸	۱/۹۳	۱/۸۹
پوسته صدف	۱/۲۰	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۹۷
کربنات پتاسیم	–	۰/۶۱	۰/۲۷	–	۰/۵۳	۰/۲۳	–
ال-لیزین	۰/۱۹	۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۴۴	۰/۲۲	۰/۰۵
دی ال-متیونین	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۰
جوش شیرین	۰/۱۰	۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۰۴
ال-آرژنین	–	۰/۲۶	۰/۰۳	–	۰/۱۹	–	–
ال-ترئونین	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۰۷	–
ال-والین	–	۰/۲۰	۰/۰۶	–	۰/۱۴	۰/۲۸	–
ال-ایزولوسین	–	۰/۱۸	۰/۰۴	–	۰/۱۳	۰/۱۴	–
ال- تریپتوفان	–	۰/۰۲	–	–	۰/۱	–	–
مکمل ویتامینی و معدنی	۰/۵۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
نمک	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۳۰	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۳۱
پر کننده (ماسه شسته)	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶
انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)	۲۹۰۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰
پروتئین خام (درصد)	۲۲/۳۴	۱۶/۸۰	۱۸/۹۰	۲۱/۰۰	۱۵/۲۰	۱۷/۱۰	۱۹/۰۰
لیزین قابل‌هضم	۱/۲۴	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴
متیونین قابل‌هضم	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۶
متیونین+ سیستین قابل‌هضم	۰/۹۱	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳
ترئونین قابل‌هضم	۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۳
تریپتوفان قابل‌هضم	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۹
آرژنین قابل‌هضم	۱/۳۷	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۲۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۱/۱۵
ایزولوسین قابل‌هضم	۰/۸۶	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۷۳
لوسین قابل‌هضم	۱/۷۰	۱/۲۷	۱/۴۶	۱/۶۲	۱/۲۰	۱/۳۷	۱/۵۰
والین قابل‌هضم	۰/۹۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۹
کلسیم (درصد)	۱/۰۳	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵
فسفر قابل‌دسترس (درصد)	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
تعادل الکترولیتی جیره (mEq/kg)	۲۳۳/۵۸	۲۲۵/۰	۲۲۵/۰	۲۲۵/۰	۲۰۵/۰۰	۲۰۵/۰۰	۲۰۵/۰۰

هر کیلوگرم از مکمل معدنی حاوی ۱۲۰ میلی‌گرم منگنز، ۴۰ میلی‌گرم آهن، ۱۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۶ میلی‌گرم مس، ۱/۲۵ میلی‌گرم ید و ۰/۳۰ میلی‌گرم سلنیوم بود. هر کیلوگرم از مکمل ویتامین نیز حاوی ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۵۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۳ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۲ میلی‌گرم ویتامین B_1، میلی‌گرم ویتامین B_2، ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B_3، ۱۵ میلی‌گرم ویتامین B_5، میلی‌گرم ویتامین B_6، ۱/۷۵ میلی‌گرم ویتامین B_9، ۰/۰۱۶ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۰/۱۰ میلی‌گرم بیوتین، ۱۵۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید، ۱/۲۰ درصد لینولئیک اسید بود.

مصرف خوراک، وزن بدن، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در طول دوره رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)، پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)، و کل (۱۱ تا ۴۲ روزگی) تعیین شدند. مرگ و میر روزانه (در صورت وجود) ثبت شد و جوجه‌هایی که در طول آزمایش حذف یا تلف شدند برای تصحیح ضریب تبدیل خوراک وزن شدند.

برای بررسی صفات لاشه در سن ۴۲ روزگی دو قطعه جوجه که وزن آنها به میانگین نزدیک‌تر بود انتخاب و توزین شده، سپس بعد از ۱۲ ساعت گرسنگی ذبح و پرکنی شدند و پس از انجام کشتار وزن لاشه، سینه، ران، قلب، کبد و طحال اندازه‌گیری شد و سپس درصد آنها نسبت به وزن زنده محاسبه شد (Paryad و Mahmoudi، ۲۰۰۸).

برای بررسی اثرات جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی در سن ۴۰ روزگی در هر واحد آزمایشی از دو قطعه پرنده به میزان ۳ میلی‌لیتر خون‌گیری به عمل آمد. بعد از جداسازی سرم، نمونه‌های سرم برای انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شد. مقدار کلسترول، کراتینین، LDL و HDL اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کلسترول با استفاده از روش آنزیمی رنگ سنجی نقطه پایانی با استفاده از کیت تجاری ELIT ساخت کشور فرانسه و LDL و HDL با استفاده از روش بازدارنده ایمنی توسط معرف Wako ساخت کشور آلمان و توسط دستگاه آنالیزگر بیوشیمیایی هیتاچی ۷۱۷ ساخت کشور ژاپن انجام شد. غلظت کراتینین نیز به روش Jaffe و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۵۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Kume و همکاران، ۲۰۱۸).

داده‌های رکورد برداری شده در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS رویه GLM تجزیه‌وتحلیل آماری شد. جداول تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس آزمایش طرح فاکتوریل ۲×۳ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی صورت گرفت. میانگین تیمارهای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند. مدل آماری که جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت به‌صورت زیر بود:

$$Yijk = \mu + Ri + a_j + b_k + (ab)_{jk} + e_{ijk}$$

که در آن Yijk=مقدار هر مشاهده، μ=اثر میانگین جامعه، R_i =اثر بلوک (طبقات قفس)، a_j=اثر سطح پروتئین، b_k= اثر مکمل گوانیدینواستیک اسید، $(ab)_{jk}$=اثر متقابل سطح پروتئین و گوانیدینواستیک اسید و e_{ijk}=اثر خطای آزمایشی است.

نتایج

صفات عملکردی

مقادیر میانگین افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک تصحیح شده برای تلفات در مراحل رشد، پایانی و کل دوره در جدول ۲ خلاصه شده است. افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در طول دوره رشد، پایانی و کل دوره تحت تأثیر گوانیدینواستیک اسید قرار نگرفتند (P>۰/۰۵). درحالی‌که افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در دوره رشد تحت تأثیر سطح پروتئین خام جیره قرار گرفتند و سطح ۸۰ درصد نسبت به سطح استاندارد و ۹۰ درصد باعث کاهش در افزایش وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک شد (P<۰/۰۵). اما مصرف خوراک تحت تأثیر قرار نگرفت (P>۰/۰۵). در دوره رشد با کاهش سطح پروتئین جیره به ۸۰ درصد سطح توصیه، در جیره‌های حاوی گوانیدینواستیک اسید کاهش معنی‌دار در خوراک مصرفی مشاهده شد، درحالی‌که چنین تغییری در جیره‌های بدون گوانیدینواستیک اسید مشاهده نشد (P<۰/۰۵). در دوره پایانی افزایش وزن بدن و مصرف خوراک کل دوره تحت تأثیر سطح پروتئین جیره قرار گرفتند و سطح استاندارد و ۹۰ درصد نسبت به سطح ۸۰ درصد افزایش وزن و مصرف خوراک بالاتری داشتند (P<۰/۰۵) و ضریب تبدیل خوراک به‌طور غیرمعنی‌دار (P=۰/۰۶) با کاهش سطح پروتئین روند افزایشی نشان داد. مصرف خوراک کل تحت تأثیر اثر متقابل گوانیدنیواستیک اسید و سطح پروتئین جیره قرار گرفت و در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی گوانیدنیواستیک اسید و سطح پروتئین ۸۰ درصد به طور معنی‌دار پایین‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی بود (P<۰/۰۵).

جدول ۲- اثرات اصلی و متقابل استفاده از سطوح مختلف پروتئین خام جیره با یا بدون مکمل گوانیدینواستیک اسید بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

اثرات	مصرف خوراک (گرم)			افزایش وزن بدن (گرم)			ضریب تبدیل خوراک		
	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۴۲ روزگی	۱۱-۴۲ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۴۲ روزگی	۱۱-۴۲ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۴۲ روزگی	۱۱-۴۲ روزگی
اثر گوانیدینواستیک اسید									
۰/۰۶	۱۰۱۵/۳۴	۲۸۱۸/۵۵	۳۸۳۳/۸۹	۶۶۶/۴۳	۱۳۴۱/۸۳	۲۰۰۸/۲۵	۱/۵۳	۲/۱۰	۱/۹۱
صفر	۱۰۰۷/۵۷	۲۸۱۶/۶۸	۳۸۲۴/۲۴	۶۴۹/۲۵	۱۳۴۸/۲۷	۱۹۹۷/۵۲	۱/۵۵	۲/۰۹	۱/۹۱
SEM	۱۲/۲۳	۳۵/۳۹	۳۰/۴۳	۸/۷۵	۲۹/۰۴	۲۹/۲۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲
P-value	۰/۶۴	۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۱۷	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۴۰	۰/۸۱	۰/۹۵
اثر سطح پروتئین خام									
۱۰۰	۱۰۲۲/۰۰	۲۸۵۰/۴۴	۳۸۷۱/۴۴^{a}	۶۸۳/۶۳^{a}	۱۴۱۲/۵۵^{a}	۲۰۹۶/۱۸^{a}	۱/۴۹^{b}	۲/۰۲	۱/۸۵
۹۰	۱۰۲۴/۱۶	۲۸۶۸/۳۸	۳۸۹۲/۵۴^{a}	۶۸۴/۶۵^{a}	۱۳۳۷/۷۴^{ab}	۲۰۲۲/۳۹^{a}	۱/۵۰^{b}	۲/۱۵	۱/۹۳
۸۰	۹۸۸/۲۰	۲۷۳۴/۰۳	۳۷۲۲/۲۳^{b}	۶۰۵/۲۴^{b}	۱۲۸۴/۸۵^{b}	۱۸۹۰/۱۰^{b}	۱/۶۳^{a}	۲/۱۲	۱/۹۷
SEM	۱۵/۲۴	۴۳/۳۴	۳۷/۲۷	۱۰/۹۱	۳۵/۵۷	۳۵/۸۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳
P-value	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۱۶	۰/۰۶
گوانیدینواستیک اسید * سطح پروتئین خام									
۰/۰۶ ٪ گوانیدینواستیک با ۱۰۰٪ پروتئین خام	۱۰۳۴/۰۰^{a}	۲۸۶۸/۲۵^{ab}	۳۹۰۲/۲۵^{a}	۶۹۱/۳۷	۱۴۲۵/۴۵	۲۱۱۶/۸۲	۱/۴۹	۲/۰۱	۱/۸۴
۰/۰۶ ٪ گوانیدینواستیک با ۹۰٪ پروتئین خام	۱۰۴۴/۰۰^{a}	۲۹۵۳/۰۲^{a}	۳۹۹۷/۰۲^{a}	۷۰۳/۳۲	۱۳۶۲/۶۵	۲۰۶۵/۹۷	۱/۴۹	۲/۱۷	۱/۹۴
۰/۰۶ ٪ گوانیدینواستیک با ۸۰٪ پروتئین خام	۹۶۸/۰۲^{b}	۲۶۳۴/۳۷^{b}	۳۶۰۲/۴۰^{b}	۶۰۴/۵۷	۱۲۳۷/۳۷	۱۸۴۱/۹۵	۱/۶۰	۲/۱۳	۱/۹۶
صفر٪ گوانیدینواستیک با ۱۰۰٪ پروتئین خام	۱۰۱۰/۰۰^{ab}	۲۸۳۲/۶۲^{ab}	۳۸۴۲/۶۲^{a}	۶۷۵/۸۷	۱۳۹۹/۶۵	۲۰۷۵/۵۲	۱/۴۹	۲/۰۳	۱/۸۵
صفر٪ گوانیدینواستیک با ۹۰٪ پروتئین خام	۱۰۰۴/۳۲^{ab}	۲۷۸۳/۷۲^{ab}	۳۷۸۸/۰۵^{ab}	۶۶۵/۹۷	۱۳۱۲/۸۲	۱۹۷۸/۰۰	۱/۵۱	۲/۱۳	۱/۹۲
صفر٪ گوانیدینواستیک با ۸۰٪ پروتئین خام	۱۰۰۸/۳۷^{ab}	۲۸۳۳/۷۲^{ab}	۳۸۴۲/۰۵^{a}	۶۰۵/۹۷	۱۳۳۲/۳۲	۱۹۳۸/۲۵	۱/۶۶	۲/۱۲	۱/۹۸
SEM	۲۲/۱۷	۶۰/۳۰	۵۲/۷۱	۱۵/۸۷	۵۰/۳۱	۵۰/۶۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴
P-value	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۴

^{a,b}حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ($P<0/05$) است.

خصوصیات لاشه

جدول ۳ خصوصیات لاشه و وزن اندام‌های داخلی جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی را در سن ۴۲ روزگی نشان می‌دهد.سطوح مختلف پروتئین جیره با یا بدون گوانیدنیواستیک اسید تأثیر معنی‌داری بر بازده لاشه، درصد سینه، ران، کبد و طحال نداشت (P>۰/۰۵). ولی وزن قلب تحت تأثیر مکمل گوانیدنیواستیک اسید قرار گرفت و در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره بدون گوانیدنیواستیک اسید بالاتر بود (P<۰/۰۵).

جدول ۳- اثرات اصلی و متقابل استفاده از سطوح مختلف پروتئین خام جیره با یا بدون مکمل گوانیدنیواستیک اسید بر خصوصیات لاشه و وزن اندام‌های داخلی (درصد از وزن بدن) جوجه‌های گوشتی در سن ٤٢ روزگی

اثرات	لاشه	سینه	ران	قلب	کبد	طحال
اثر گوانیدنیواستیک اسید						
۰/۰۶	۷۵/۸۰	۲۴/۴۳	۲۰/۹۰	۰/۶۳[b]	۲/۵۷	۰/۱۲
صفر	۷۴/۰۰	۲۴/۳۹	۲۰/۹۲	۰/۷۱[a]	۲/۶۴	۰/۱۱
SEM	۳/۴۴	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰۵
P-value	۰/۱۱	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۱۵
اثر سطح پروتئین خام						
۱۰۰	۷۵/۶۷	۲۴/۸۲	۲۰/۹۵	۰/۶۹	۲/۵۵	۰/۱۲
۹۰	۷۵/۸۵	۲۴/۵۴	۲۰/۹۸	۰/۶۴	۲/۶۰	۰/۱۱
۸۰	۷۴/۸۶	۲۳/۸۶	۲۰/۸۰	۰/۶۷	۲/۶۷	۰/۱۲
SEM	۴/۲۶	۰/۳۴	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۰۶
P-value	۰/۶۱	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۵۱	۰/۹۲	۰/۷۱
گوانیدنیواستیک اسید * سطح پروتئین خام						
۰/۰۶ ٪ گوانیدنیواستیک با ۱۰۰٪ پروتئین خام	۷۶/۱۴	۲۵/۵۰	۲۱/۰۱	۰/۷۶	۲/۶۸	۰/۱۰
۰/۰۶ ٪ گوانیدنیواستیک با ۹۰٪ پروتئین خام	۷۵/۴۶	۲۴/۲۰	۲۱/۲۲	۰/۶۲	۲/۵۳	۰/۱۱
۰/۰۶ ٪ گوانیدنیواستیک با ۸۰٪ پروتئین خام	۷۴/۵۸	۲۴/۴۶	۲۰/۵۱	۰/۷۵	۲/۷۳	۰/۱۲
صفر٪ گوانیدنیواستیک با ۱۰۰٪ پروتئین خام	۷۵/۷۲	۲۴/۱۵	۲۰/۸۸	۰/۶۲	۲/۴۳	۰/۱۳
صفر٪ گوانیدنیواستیک با ۹۰٪ پروتئین خام	۷۲/۲۵	۲۴/۸۹	۲۰/۷۴	۰/۶۷	۲/۶۷	۰/۱۲
صفر٪ گوانیدنیواستیک با ۸۰٪ پروتئین خام	۷۵/۱۸	۲۳/۲۶	۲۱/۰۹	۰/۶۰	۲/۶۱	۰/۱۱
SEM	۵/۹۹	۰/۴۸	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۱۰	۰/۰۰۹
P-value	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۲۶

[a,b]حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح (P<۰/۰۵) است.

فراسنجه‌های خونی

جدول ۴ غلظت پارامترهای پلاسمایی اندازه‌گیری شده در سن ۴۰ روزگی را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که سطوح مختلف پروتئین جیره با یا بدون مکمل گوانیدنیواستیک اسید تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول، HDL، LDL و کراتینین نداشت.

جدول ٤- اثرات اصلی و متقابل استفاده از سطوح مختلف پروتئین خام جیره با یا بدون مکمل گوانیدنیواستیک اسید بر پارامترهای سرم جوجه‌های گوشتی در سن ٤٠ روزگی

اثرات	کلسترول (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	کراتینین (µmol/l)
اثر گوانیدنیواستیک اسید				
۰/۰۶	۱۴۷/۱۶	۲۹/۸۷	۵۴/۵۴	۱/۰۳
صفر	۱۶۰/۷۹	۲۷/۹۱	۵۲/۴۱	۱/۱۹
SEM	۶/۷۸	۲/۴۱	۳/۳۸	۰/۰۶
P-value	۰/۱۶	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۱۱
اثر سطح پروتئین خام				
۱۰۰	۱۵۵/۳۸	۳۰/۳۷	۵۵/۳۷	۱/۱۰
۹۰	۱۵۶/۳۸	۲۶/۰۰	۵۲/۱۸	۱/۱۱
۸۰	۱۵۰/۳۸	۳۰/۳۱	۵۲/۸۷	۱/۱۱
SEM	۸/۳۱	۲/۹۶	۴/۱۴	۰/۰۸
P-value	۰/۸۶	۰/۴۹	۰/۸۴	۰/۹۹
گوانیدنیواستیک اسید * سطح پروتئین خام				
۰/۰۶ ٪ گوانیدنیواستیک با ۱۰۰٪ پروتئین خام	۱۴۹/۶۲	۳۲/۶۲	۵۸/۱۲	۱/۰۰
۰/۰۶ ٪ گوانیدنیواستیک با ۹۰٪ پروتئین خام	۱۵۵/۷۵	۲۶/۲۵	۵۲/۶۲	۱/۱۲
۰/۰۶ ٪ گوانیدنیواستیک با ۸۰٪ پروتئین خام	۱۳۶/۱۲	۳۰/۷۵	۵۲/۸۷	۰/۹۸
صفر٪ گوانیدنیواستیک با ۱۰۰٪ پروتئین خام	۱۶۰/۷۵	۲۸/۱۲	۵۲/۶۲	۱/۲۱
صفر٪ گوانیدنیواستیک با ۹۰٪ پروتئین خام	۱۵۷/۰۰	۲۵/۷۵	۵۱/۷۵	۱/۱۱
صفر٪ گوانیدنیواستیک با ۸۰٪ پروتئین خام	۱۶۴/۶۲	۲۹/۸۷	۵۲/۸۷	۱/۲۵
SEM	۱۱/۷۵	۴/۱۸	۵/۸۵	۰/۱۱
P-value	۰/۵۰	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۴۶

[a,b]حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح (P<۰/۰۵) است.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

بحث

با توجه به این‌که مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی گوانیدنیواستیک اسید و سطح پروتئین استاندارد و ۹۰ درصد به‌طور معنی‌دار بالاتر بود می‌توان بیان کرد که گوانیدنیواستیک اسید می‌تواند عملکرد را در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۹۰ درصد سطح پروتئین استاندارد بهبود بخشد. محققین (Amiri و همکاران، ۲۰۱۹) گزارش کردند که ۱/۲ گرم بر کیلوگرم گوانیدنیواستیک اسید باعث بهبود عملکرد در جیره‌های کم پروتئین می‌شود. این مشاهدات از این فرضیه حمایت می‌کند که مکمل گوانیدنیواستیک اسید می‌تواند غلظت کراتین و آدنوزین تری فسفات را در بافت‌های جوجه‌های گوشتی که با جیره‌های کم پروتئین تغذیه می‌شوند، افزایش دهد و بر این اساس مدیریت انرژی سلولی و عملکرد پرنده را بهبود بخشد. در مطالعات دیگر نیز، اثرات مفید گوانیدنیواستیک اسید بر عملکرد جوجه‌های گوشتی مشاهده شده است و تبدیل گوانیدنیواستیک اسید به کراتین با افزایش سطح کراتین سرم و ماهیچه تشخیص داده شد (Carvalho و Fernandes، ۲۰۱۳؛ Córdova-Noboa و همکاران، ۲۰۱۸؛ Majdeddin و همکاران، ۲۰۱۸). به نظر می‌رسد که مکمل گوانیدنیواستیک اسید در مرحله دوره رشد، زمانی که حداکثر نرخ رشد وجود دارد، بسیار مفید است (Amiri و همکاران، ۲۰۱۹). منطقی به نظر می‌رسد که فرض کنیم رشد عضلانی و عملکرد بالا در طول دوره رشد جوجه‌های گوشتی به ATPزیادی نیاز دارد (Mousavi و همکاران، ۲۰۱۳). کراتین نقش مهمی در متابولیسم انرژی سلولی، به‌ویژه در ذخیره‌سازی انرژی متصل به فسفات دارد. ازآنجایی‌که سنتز کراتین یک مسیر مهم در متابولیسم اسیدآمینه‌ها، به‌ویژه متابولیسم آرژنین و متیونین است، نقش غیرقابل‌انکاری در متابولیسم اسیدآمینه‌ها و پروتئین دارد (Chen و همکاران، ۲۰۱۱؛ Ostojic، ۲۰۱۶). بنابراین، مکمل گوانیدنیواستیک اسید می‌تواند به‌ویژه در جیره سویه‌های جوجه‌های گوشتی با رشد سریع به دلیل نیازهای بالای انرژی و تغذیه برای تأمین کراتین عضلانی مفید باشد (Michiels و همکاران، ۲۰۱۲). یکی دیگر از دلایل که زمینه‌ساز اثرات مثبت گوانیدنیواستیک اسید در جوجه‌های در حال رشد سریع است، ممکن است مربوط به انرژی خالص بالاتر برای تولید باشد، که می تواند با افزایش ظرفیت بافری ATP در ماهیچه‌ها مرتبط باشد (Ale Saheb Fosoul و همکاران، ۲۰۱۸). ازاین‌رو، اثرات مفید مکمل گوانیدنیواستیک اسید در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با پروتئین پایین می‌تواند تا حدی با افزایش رشد توضیح داده شود، که منجر به‌صرف انرژی بیشتر برای رشد به‌جای نگهداری می‌شود (Dao و همکاران، ۲۰۲۱). داده‌های مربوط به مصرف خوراک نشان‌دهنده کاهش در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های کم پروتئین است. بااین‌حال، این پارامتر در پرندگانی که با مکمل گوانیدنیواستیک اسید تغذیه شدند، بدون تغییر باقی ماند. در مطالعات مختلف انجام شده، نتایج متناقضی با توجه به تأثیر گوانیدنیواستیک اسید بر مصرف خوراک به دست آمده است. به‌عنوان مثال، Majdeddin و همکاران (۲۰۱۸) کاهش مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های مکمل با ۱/۲ گرم بر کیلوگرم گوانیدنیواستیک اسید گزارش کردند. در حالی که Cordova-Noboa و همکاران (۲۰۱۸) و DeGrootو همکاران (۲۰۱۸) تغییری در مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی به دلیل مصرف مکمل گوانیدنیواستیک اسید گزارش نکردند.

مشابه نتایج این آزمایش نتایج تحقیقات سایر محققان نیز بر این امر دلالت دارد که کاهش مقدار پروتئین در جیره، مقدار افزایش وزن و بازده خوراک را کاهش می‌دهد (Jariyahatthakij و همکاران، ۲۰۱۸). در یک پژوهشی بیان شده است که نسبت نامتعادل پروتئین خام به انرژی قابل متابولیسم در جیره‌ها، سبب راندمان پایین‌تر انرژی خواهد شد. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که کمبود مواد مغذی اثر انرژی برای افزایش وزن را محدود خواهد کرد (Kamran و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی با بررسی اثر سطوح مختلف پروتئین خام (۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۲ و ۲۴ درصد) در تغذیه جوجه‌های گوشتی، افزایش معنی‌دار ضریب

تبدیل خوراک را با کاهش سطوح پروتئین جیره گزارش کردند (Thim و همکاران، ۱۹۹۷). اثر مثبت سطح توصیه شده پروتئین جیره بر افزایش وزن نسبت به ۸۰ درصد سطح توصیه را می‌توان به تأمین کافی احتیاجات پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری یا استفاده از انرژی حاصل از اسکلت کربنی اسیدهای آمینه مازاد نسبت داد.

ضریب تبدیل خوراک نیز تحت تأثیر مکمل گوانیدینواستیک اسید قرار نگرفت اما با کاهش سطح پروتئین جیره افزایش یافت. مکمل گوانیدینواستیک اسید می‌توانند آرژنین را در بدن ذخیره کنند و با تأثیر بر متابولیسم و استفاده از آرژنین، عملکرد رشد را بهبود بخشد. علاوه بر این، گوانیدینواستیک اسید به‌عنوان یک پیش ساز مؤثر کراتین، متابولیسم انرژی ماهیچه‌ها را ارتقا می‌دهد و تجزیه کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها را برای تأمین انرژی کاهش می‌دهد، بنابراین رشد حیوانات را تسریع می‌کند و استفاده از خوراک را بهبود می‌بخشد (Zhu و همکاران، ۲۰۲۰) که در مطالعه حاضر چنین اثری مشاهده نشد که احتمالاً به دلیل تفاوت در میزان مصرف مکمل، سطح پروتئین و آرژنین جیره و شرایط آزمایشی نسبت به مطالعات فوق‌الذکر باشد. بااین‌وجود، موافق با نتایج ما Nasiroleslami و همکاران (۲۰۱۸) اثر معنی‌داری از ۱/۲ گرم در کیلوگرم مکمل گوانیدینواستیک اسید بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی مشاهده نکردند. علاوه بر این، یک مطالعه قبلی نشان داد که ۰/۰۵ درصد مکمل گوانیدینواستیک اسید تأثیری بر مصرف خوراک نداشت، در حالی که بهبود افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی (۲۲-۴۲ روزگی) را گزارش کردند (Ibrahim و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین مطالعه Zhao و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که گوانیدینواستیک اسید جیره باعث کاهش ضریب تبدیل خوراک شد، اما هیچ تأثیری بر افزایش وزن بدن و مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی نداشت. نتایج متناقض یافت شده در این مطالعه و سایر مطالعات احتمالاً به دلیل سطوح مختلف گوانیدینواستیک اسید، سطوح مواد مغذی جیره و عوامل محیطی است.

در مطالعه حاضر، جیره‌های حاوی گوانیدینواستیک اسید باعث افزایش غیرمعنی‌دار بازده لاشه پرندگان شدند. این نتیجه با یافته‌های Ahmadipour و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد که نشان دادند جیره‌های حاوی گوانیدینواستیک اسید باعث بهبود بازده لاشه جوجه‌های گوشتی می‌شود. در تحقیق شریفی و همکاران (۱۳۹۵) کاهش سطح پروتئین و استفاده از گوانیدینواستیک اسید در سطح یک گرم در کیلوگرم جیره تاثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد، بازدهی سینه و ران نداشت. برون ده قلب جهت ارائه اکسیژن بیشتر به بافت‌ها در پاسخ به شرایط استرس افزایش می‌یابد (Khajali و همکاران، ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر، افزایش وزن نسبی قلب در گروه بدون مکمل گوانیدینواستیک اسید نشان‌دهنده فعالیت پمپاژ شدید قلب برای اکسیژن‌رسانی بیشتر است. هم‌راستا با نتایج حاضر، Ahmadipour و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که مکمل‌سازی گوانیدینواستیک اسید در سطوح ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم وزن نسبی قلب را در جوجه‌های گوشتی کاهش داد. افزایش سنتز اکسید نیتریک از آرژنین می‌تواند با انقباض هیپوکسیک شریان‌های ریوی مقابله کند (Kodambashi Emami و همکاران، ۲۰۱۷)، که ممکن است برون ده قلب و فشار روی بطن راست را کاهش دهد. مکمل گوانیدینواستیک اسید در جیره‌ای که حاوی مقدار محدود آرژنین است ممکن است زیست‌فراهمی آرژنین برای سایر مسیرهای متابولیک مانند سنتز اکسید نیتریک اندوتلیالی را بیشتر کند.

در رابطه با فراسنجه‌های خونی نتایج نشان داد که سطوح مختلف پروتئین جیره با یا بدون مکمل گوانیدینواستیک اسید تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول، HDL، LDL و کراتینین نداشت. موافق با نتایج ما DeGroot (۲۰۱۴) هیچ تأثیری با مصرف مکمل گوانیدواستیک اسید در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با آرژنین کم بر فراسنجه‌های خونی مشاهده نکردند و تنها تغییراتی در نسبت‌های متفاوت در هتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها وجود داشت. جیره غذایی استاندارد در مطالعات دیگر (Tossenberger و همکاران، ۲۰۱۶؛ Cordova-Noboa و همکاران، ۲۰۱۸) نشان داد که پروتئین سرم، آلبومین، کلسترول،

گلوکز، HDL، LDL و کراتینین با گنجاندن گوانیدواستیک اسید در جیره بدون تغییر باقی ماندند، که در مطابقت با نتایج آزمایش حاضر است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی استفاده گوانیدینواستیک اسید در دوره رشد و پایانی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نداشت. سطح ۸۰ درصد پروتئین نسبت به سطح استاندارد و ۹۰ درصد باعث کاهش وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک در دوره رشد و کاهش وزن بدن در دوره پایانی شد. افزودن گوانیدنیواستیک اسید باعث افزایش نسبی بازده لاشه و کاهش وزن قلب شد. بنابراین توصیه می‌شود که در جیره جوجه‌های گوشتی حاوی گوانیدینواستیک اسید بیش از ۹۰ درصد سطح استاندارد پروتئین کاهش پیدا نکند.

منابع

شریفی، م.، خواجعلی، ف.، احمدی جونقانی، ب.، حسن پور، ح.، صفر پور، ع. (۱۳۹۵) استفاده از گوانیدینو استیک اسید در جیره های کم پروتئین و تاثیر آن بر عملکرد رشد و وقوع آسیت در جوجه های گوشتی. پژوهشهای تولیدات دامی (۷) ۵۱-۴۴.

Ahmadipour, B., Zafari Naeini, S., Sharifi, M. and Khajali, F. (2018). Growth performance and right ventricular hypertrophy responses of broiler chickens to guanidinoacetic acid supplementation under hypobaric hypoxia. *The Journal of Poultry Science*, 55, 60-64.

Ale Saheb Fosoul, S. S. A. S., Azarfar, A., Gheisari, A. and Khosravinia, H. (2018). Energy utilisation of broiler chickens in response to guanidinoacetic acid supplementation in diets with various energy contents. *British Journal of Nutrition*, 120(2), 131-140.

Ale Saheb Fosoul, S. S., Azarfar, A., Gheisari, A. and Khosravinia, H. (2019). Performance and physiological responses of broiler chickens to supplemental guanidinoacetic acid in Arginine-deficient diets. *British Poultry Science*, 60(2), 161-168.

Amiri, M., Ghasemi, H. A., Hajkhodadadi, I. and Farahani, A. H. K. (2019). Efficacy of guanidinoacetic acid at different dietary crude protein levels on growth performance, stress indicators, antioxidant status, and intestinal morphology in broiler chickens subjected to cyclic heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, 254, 114208.

Aviagen. (2009). Parent Stock Management Handbook: Ross.

Brosnan, J. T., Wijekoon, E. P., Warford-Woolgar, L., Trottier, N. L., Brosnan, M. E., Brunton, J. A. and Bertolo, R. F. (2009). Creatine synthesis is a major metabolic process in neonatal piglets and has important implications for amino acid metabolism and methyl balance. *The Journal of nutrition*, 139(7), 1292-1297.

Carvalho, C. M. C., Fernandes, E. A., De Carvalho, A. P., Maciel, M. P., Caires, R. M. and Fagundes, N. S. (2013). Effect of creatine addition in feeds containing animal meals on the performance and carcass yield of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15, 269-275.

Chen, J., Wang, M., Kong, Y., Ma, H. and Zou, S. (2011). Comparison of the novel compounds creatine and pyruvate on lipid and protein metabolism in broiler chickens. *Animal*, 5(7), 1082-1089.

Córdova-Noboa, H. A., Oviedo-Rondón, E. O., Sarsour, A. H., Barnes, J., Ferzola, P., Rademacher-Heilshorn, M. and Braun, U. (2018). Performance, meat quality, and pectoral myopathies of broilers fed either corn or sorghum based diets supplemented with guanidinoacetic acid. *Poultry science*, 97(7), 2479-2493.

DeGroot, A. (2014). Efficacy of dietary guanidinoacetic acid in broiler chicks. University of Illinois. Master dissertation.

DeGroot, A. A., Braun, U. and Dilger, R. N. (2019). Guanidinoacetic acid is efficacious in improving growth performance and muscle energy homeostasis in broiler chicks fed arginine-deficient or arginine-adequate diets. *Poultry science*, *98*(7), 2896-2905.

DeGroot, A. A., Braun, U. and Dilger, R. N. (2018). Efficacy of guanidinoacetic acid on growth and muscle energy metabolism in broiler chicks receiving arginine-deficient diets. *Poultry science*, 97(3), 890-900.

Dilger, R. N., Bryant-Angeloni, K., Payne, R. L., Lemme, A. and Parsons, C. M. (2013). Dietary guanidino acetic acid is an efficacious replacement for arginine for young chicks. *Poultry Science*, 92(1), 171-177.

Ibrahim, D., El Sayed, R., Abdelfattah-Hassan, A. and Morshedy, A. M. (2019). Creatine or guanidinoacetic acid? Which is more effective at enhancing growth, tissue creatine stores, quality of meat, and genes controlling growth/myogenesis in Mulard ducks. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1), 159-166.

Jariyahatthakij, P., Chomtee, B., Poeikhampha, T., Loongyai, W. and Bunchasak, C. (2018). Effects of adding methionine in low-protein diet and subsequently fed low-energy diet on productive performance, blood chemical profile, and lipid metabolism-related gene expression of broiler chickens. *Poultry science*, *97*(6), 2021-2033.

Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M. A., Ahmad, S., Nawaz, H. and Shahzad, M. I. (2016). Nutrients retention, nitrogen excretion, litter composition and plasma biochemical profile in broilers fed low crude protein diets with constant metabolizable energy to crude protein ratio. *Archiva Zootechnica*, *19*(2), 77.

Khajali, F., Lemme, A. and Rademacher-Heilshorn, M. (2020). Guanidinoacetic acid as a feed supplement for poultry. *World's Poultry Science Journal*, 76(2), 270-291.

Khajali, F., Tahmasebi, M., Hassanpour, H., Akbari, M. R., Qujeq, D. and Wideman, R. F. (2011). Effects of supplementation of canola meal-based diets with Arginine on performance, plasma nitric oxide, and carcass characteristics of broiler chickens grown at high altitude. *Poultry Science*, 90, 2287–2294.

Kodambashi-Emami, N., Golian, A. and Rhoads, D. D. (2017). Interactive effects of temperature and dietary supplementation of Arginine or guanidinoacetic acid on nutritional and physiological responses in male broiler chickens. *British Poultry Science*, 58(1), 87-94.

Majdeddin, M., Golian, A., Kermanshahi, H., Michiels, J. and De Smet, S. (2019). Effects of methionine and guanidinoacetic acid supplementation on performance and energy metabolites in breast muscle of male broiler chickens fed corn-soybean diets. *British poultry science*, 60(5), 554-563.

Michiels, J., Maertens, L., Buyse, J., Lemme, A., Rademacher, M., Dierick, N. A. and De Smet, S. (2012). Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. *Poultry science*, 91(2), 402-412.

Mousavi, S. N., Afsar, A. and Lotfollahian, H. (2013). Effects of guanidinoacetic acid supplementation to broiler diets with varying energy contents. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(1), 47-54.

Nain, S., Ling, B., Alcorn, J., Wojnarowicz, C. M., Laarveld, B. and Olkowski, A. A. (2008). Biochemical factors limiting myocardial energy in a chicken genotype selected for rapid growth. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: *Molecular & Integrative Physiology*, 149(1), 36-43.

Nasiroleslami, M., Torki, M., Saki, A. A. and Abdolmohammadi, A. R. (2018). Effects of dietary guanidinoacetic acid and betaine supplementation on performance, blood biochemical parameters and antioxidant status of broilers subjected to cold stress. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1016-1022.

Ostojic, S. M. (2016). Guanidinoacetic acid as a performance-enhancing agent. *Amino acids*, 48, 1867-1875.

Paryad, A. and Mahmoudi, M. (2008). Effect of different levels of supplemental yeast (Saccharomyces cerevisiae) on performance, blood constituents and carcass characteristics of broiler chicks. *African Journal of Agricultural Research*, *3*(12), 835-842.

Portocarero, N. and Braun, U. (2021). The physiological role of guanidinoacetic acid and its relationship with arginine in broiler chickens. *Poultry Science*, 100(7), 101203.

Sharma, N. K., Cadogan, D. J., Chrystal, P. V., McGilchrist, P., Wilkinson, S. J., Inhuber, V. and Moss, A. F. (2022). Guanidinoacetic acid as a partial replacement to arginine with or without

betaine in broilers offered moderately low crude protein diets. *Poultry Science*, 101(4), 101692.

Thim, C. K., Hamre, M. L. and Coon, C. N. (1997). Effect of environmental temperature, dietary protein, and energy levels on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, *6*(1), 1-17.

Tossenberger, J., Rademacher, M., Németh, K., Halas, V. and Lemme, A. J. P. S. (2016). Digestibility and metabolism of dietary guanidino acetic acid fed to broilers. *Poultry Science*, 95(9), 2058-2067.

Wyss, M. and Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiological reviews*, 80(3), 1107-1213.

Zhao, W., Li, J., Xing, T., Zhang, L. and Gao, F. (2021). Effects of guanidinoacetic acid and complex antioxidant supplementation on growth performance, meat quality, and antioxidant function of broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(9), 3961-3968.

Zhu, Z., Gu, C., Hu, S., Li, B., Zeng, X. and Yin, J. (2020). Dietary guanidinoacetic acid supplementation improved carcass characteristics, meat quality and muscle fiber traits in growing–finishing gilts. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 104(5), 1454-1461.