نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۳۷، زمستان ۱۴۰۱
ص‌ص: ۸۵~۱۰۰

اثرات افزودن اسیدسیتریک و سطح بالای فیتاز به جیره بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده و غلظت کلسیم و فسفر خون جوجه‌های گوشتی

- **محمدمهدی ریحانی**
دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
- **سید ناصر موسوی** (نویسنده مسئول)
دانشیار گروه علوم دامی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
- **فرهاد فرودی**
استادیار گروه علوم دامی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
- **کاظم کریمی**
استادیار گروه علوم دامی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

تاریخ دریافت : بهمن ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش : اردیبهشت ۱۴۰۱
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۶۰۲۱۳۲
Email: Snmousavi@hotmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ ASJ.2022.357687.2207

چکیده

در این پژوهش تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه گوشتی سویه کاب ۵۰۰ ترکیب دو جنس در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار، ۵ تکرار و ۲۵ قطعه جوجه در هر تکرار استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی با دو سطح اسید سیتریک (۰ و ۰/٤ درصد جیره) و دو سطح فیتاز (۰ و ۲۰۰۰ واحد آنزیم در کیلوگرم جیره) در سه دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۲٤-۱۱روزگی) و پایانی (٤۲-۲۵ روزگی) اجرا و داده‌های به‌دست آمده با رویه مدل‌های خطی تعمیم یافته مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. استفاده از اسید سیتریک منجر به افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره شد (P<۰/۰۵). افزودن فیتاز موجب افزایش مصرف خوراک دوره پایانی و کل دوره و افزایش وزن بدن جوجه‌ها در دوره رشد و کل دوره شد (P<۰/۰۵). اثر متقابل آنزیم× اسید بر مصرف خوراک و افزایش وزن دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). کلسیم سرم در تیمار حاوی اسید- بدون فیتاز، غلظت آلکالین فسفاتاز در گروه بدون اسید-بدون فیتاز و غلظت فسفر در تیمار حاوی اسید-فیتاز در مقایسه با دیگر تیمارها بالا بود (P<۰/۰۵). عمق کریپت در تیمار اسید-فیتاز بالاترین و در تیمار بدون اسید-بدون فیتاز کمترین بود (P<۰/۰۵). افزودن سطح بالای فیتاز عملکرد مصرف خوراک و افزایش وزن کل دوره و نیز خصوصیات ریخت‌شناسی روده را بهبود داد و این اثر با افزودن اسید سیتریک تقویت شد.

واژه‌های کلیدی: اسید سیتریک، جوجه گوشتی، ریخت شناسی روده، فیتاز، عملکرد.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 137 pp: 85-100

Effects of addition of citric acid and high level of phytase to broiler diets on growth performance, intestinal morphology and blood calcium and phosphorus concentration

By: Reihani, Mohammad Mahdi, Mousavi, Seyed Naser*, Foroudi, Farhad, Karimi, Kazem
Department of Animal Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

Received: February 2022 **Accepted: May 2022**

In this research, five hundred Cobb 500 as hatched broiler chicks were assigned to four treatments with five replications and 25 chicks per replication in a randomized complete block design. Experimental design was in a 2×2 factorial arrangements with two levels of citric acid (0 and 0.4 % of diet) and two levels of phytase (0 and 2000 FTU/kg diet) in three phases including starter (1-10d), grower (11-24d) and finisher (25-42d), and the obtained data were analyzed by generalized linear models. During grower, finisher and whole period of experiment, feed intake and body weight gain was increased by dietary addition of citric acid (P<0.05). Dietary phytase supplementation increased feed intake during finisher and whole period of experiment and increased body weight gain during grower and whole period of experiment (P<0.05). The interaction effect of phytase × citric acid was significant for feed intake and body weight gain during grower, finisher and whole period (P<0.05). Serum calcium in acid supplemented-phytase free treatment, alkaline phosphatase concentration in acid free-phytase free and phosphorus concentration in acid-phytase supplemented treatment were highest compared to other treatments (P <0.05). Crypt depth was highest in acid-phytase supplemented and lowest in acid-phytase free treatment (P <0.05). Dietary addition of high level of phytase improved overall feed intake and weight gain and intestinal morphological parameters and the effect was enhanced by dietary addition of citric acid.

Key words: Citric acid, Broiler, Intestinal morphology, Phytase, Performance

مقدمه

فسفر به‌عنوان یک ماده معدنی ضروری پرمصرف به واسطه شرکت در واکنش‌های شیمیایی مختلف بدن و تأثیر مستقیم روی رشد، نگهداری و توسعه سیستم اسکلتی از اهمیت فراوانی برخوردار است. در غلات و دانه‌های روغنی بخش عمده فسفر که حدود (۵۰ تا ۸۰ درصد) بصورت فیتاته بوده و برای طیور غیر قابل استفاده است (منصوری و همکاران، ۲۰۱۲)، مصرف مازاد فسفر، علاوه بر افزایش هزینه خوراک (مروج و همکاران، ۱۳۹۱) مشکلات و مسائل زیست محیطی را نیز در پی دارد (Delvasto و همکاران، ۲۰۰۵). افزودن آنزیم فیتاز به جیره به منظور افزایش قابلیت دسترسی فسفر فیتاته یک امر رایج در صنعت طیور می‌باشد (Cowieson و همکاران، ۲۰۱۱).

سطح مازاد آنزیم فیتاز (سوپر دوز آنزیم فیتاز) اصطلاحی است که طی چند سال اخیر در آزمایش‌های مربوط به استفاده از دوزهای بالای آنزیم با هدف افزایش قابلیت دسترسی فسفر فیتات و اثر محرک رشد مطرح شده است (Cowieson و همکاران، ۲۰۱۱؛ Walters و همکاران، ۲۰۱۹؛ طاهری و عباسی، ۲۰۲۰). استفاده از سطح بالای فیتاز در جیره باعث بهبود قابلیت هضم آمینواسیدها، مواد معدنی، کلسیم و انرژی و در نهایت منجر به بهبود عملکرد حیوانات می‌شود (Pieniazek و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین کاربرد سطوح بالای آنزیم فیتاز منجر به تخریب سریع و کامل اسیدفیتیک و آزادسازی میواینوزیتول می‌شود که در نهایت دارای اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد جوجه‌های گوشتی می‌باشد (Cowieson و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات اخیر نشان داده است که افزودن میواینوزیتول به جیره منجر به بهبود عملکرد جوجه‌های

گوشتی می‌شود (Cowieson و همکاران، ۲۰۱۱).

با توجه به محدودیت استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، استفاده از اسیدهای آلی همچون اسید سیتریک به عنوان افزودنی‌های خوراک مورد توجه قرار گرفته است (طاهری و عباسی، ۲۰۲۰؛ خسروی نیا و همکاران، ۲۰۱۹؛ Boling و همکاران، ۲۰۰۱). این ترکیبات به سبب ایجاد کیلات‌های کاتیون مولتی‌والانت می‌توانند راندمان فیتاز را بهبود دهند (Boling و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین اخیراً چندین مطالعه به بررسی اثر همکوشی اسیدها و فیتاز پرداخته‌اند (Taheri and Mirisakhani, 2020؛ Viera و همکاران، ۲۰۱۷). برخی نتایج گزارش کردند که ترکیب فیتاز و اسید آلی از طریق افزایش حلالیت فیتات و جلوگیری از تشکیل نمک فیتات منجر به افزایش قابلیت هیدرولیز فیتاز و آزاد شدن بیشتر فسفر فیتاته می‌شود (Vieira و همکاران، ۲۰۱۸؛ Taheri و همکاران، ۲۰۱۵؛ Woyengo و همکاران، ۲۰۱۰).

در حالی‌که در عمل سطح بالای فیتاز منجر به افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی می‌شود با این وجود به سبب هزینه‌های ایجاد شده در این بخش دستیابی به سطوح بهینه فیتاز با سطوح مناسب فسفر منجر به بازدهی این صنعت می‌شود (Pirgozliev و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجایی که آزمایشات انجام شده در رابطه با استفاده از سطح بالای فیتاز و اسیدهای آلی به صورت جداگانه انجام شده‌اند، و بررسی استفاده همزمان این دو ماده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، اطلاعات اندکی در رابطه با بررسی اثرات اصلی و متقابل سطح بالای آنزیم فیتاز و اسید سیتریک بر عملکرد، خصوصیات ریخت‌شناسی و فراسنجه‌های خونی در اختیار است، به همین سبب پژوهش حاضر طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور انجام شد. در این آزمایش تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه‌گوشتی یک‌روزه ترکیب دو جنس در یک آزمایش دوعاملی ۲×۲ با دو سطح اسید سیتریک (۰ و ۰/۴ درصد جیره) و دو سطح فیتاز (۰ و ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم آنزیم فیتاز) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تیمار آزمایشی، ۵ تکرار و تعداد ۲۵ قطعه جوجه-گوشتی در هر تکرار به مدت ۴۲ روز پرورش داده شدند. در روز اول آزمایش جوجه‌ها وزن‌کشی و جوجه‌های با میانگین وزنی مشابه در پن‌ها توزیع شدند. آب و خوراک نیز در طول پرورش به صورت آزادانه و براساس توصیه سویه مورد استفاده در اختیار آن-ها قرار گرفت. جوجه‌ها از یک تا ۱۰ روزگی جیره آغازین، از ۱۱ تا ۲۴ روزگی جیره رشد و از ۲۵ تا ۴۲ روزگی جیره پایانی را براساس توصیه‌های راهنمای پرورش کاب ۵۰۰ دریافت کردند.

تمام گروه‌های آزمایشی جیره‌های یکسانی را از نظر انرژی و پروتئین دریافت کردند و جیره‌های آردی بر پایه ذرت–سویا بودند (جدول ۱). جیره‌های آزمایشی شامل ۱) شاهد (بدون افزودن اسید سیتریک و آنزیم فیتاز)، ۲) شاهد + ۰/۴ درصد اسید سیتریک، ۳) شاهد + ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم آنزیم فیتاز و ۴) شاهد + ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم آنزیم فیتاز + ۰/۴ درصد اسید سیتریک بودند. اسیدسیتریک مورد استفاده به شکل منوهیدراته و فیتاز با نام تجاری هایفوس محصول شرکت DSM بود که هر یک گرم از آن دارای ۱۰۰۰۰ واحد آنزیم فعال بود. در جیره‌های حاوی فیتاز معادل ماتریکس مواد مغذی که توسط شرکت تولید کننده آنزیم توصیه شده بود، لحاظ شد. میزان مواد مغذی آزاد شده به ازاء مصرف ۲۰۰۰ واحد بین المللی فیتاز در کیلوگرم جیره طبق توصیه شرکت سازنده برای انرژی قابل-متابولیسم، ۹۳ کیلوکالری در کیلوگرم؛ پروتئین خام، ۰/۷۹؛ کلسیم، ۰/۲؛ فسفر قابل دسترس، ۰/۱۸، سدیم، ۰/۰۲؛ لیزین قابل هضم، ۰/۰۳۱؛ متیونین قابل هضم، ۰/۰۰۲؛ متیونین+سیستئین قابل هضم، ۰/۰۳۱؛ ترئونین قابل هضم، ۰/۰۴۱، تریپتوفان قابل هضم، ۰/۰۰۵؛ ایزولوسین قابل هضم، ۰/۰۳۱؛ آرژنین قابل هضم، ۰/۰۲۲ و والین قابل هضم، ۰/۰۳۵ درصد در نظر گرفته شد.

در انتهای هر دوره پرورش وزن‌کشی صورت گرفت و مصرف خوراک و افزایش وزن براساس همان دوره ثبت و ضریب تبدیل خوراک از تقسیم خوراک مصرفی بر افزایش وزن (تصحیح شده برای تلفات) دوره به‌دست آمد. همچنین در ۲۲ و ۴۲ روزگی دو

قطعه پرنده در هر تکرار که وزن نزدیک به میانگین وزن را داشتند انتخاب و خون‌گیری از ورید بال انجام شد (Grasman، ۲۰۱۰). نمونه‌های خون به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شده و سرم نمونه‌ها جدا شد. نمونه‌های سرم تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شدند. جهت ارزیابی فراسنجه‌های خونی شامل کلسیم، فسفر و فعالیت آلکالین فسفاتاز نمونه‌های سرم از روش آنزیمی CHOD-PAP و با استفاده از کیت تجاری شرکت زیست‌شیمی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند (Richmond، ۱۹۷۳). برای اندازه‌گیری خصوصیات ریخت-شناسی روده دو قطعه پرنده از هر پن انتخاب و پس از کشتار محوطه شکمی باز و از قسمت میانی ژژنوم روده کوچک نمونه-برداری صورت گرفت و نمونه‌ها جهت انتقال به آزمایشگاه در داخل محلول فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند، سپس مراحل آبگیری، شفاف‌سازی و قالب‌گیری با پارافین انجام و نمونه‌ها توسط میکروتوم دوار به ضخامت ۶ میکرومتر برش عرضی داده شدند (پوستی و ادیب مرادی، ۱۳۸۵). سپس برای اندازه‌گیری ابعاد پرز و عمق کریپت از روش (Bradley و همکاران، ۱۹۹۴) استفاده شد.

داده‌های به دست آمده از این آزمایش با استفاده از یک مدل آماری که در برگیرنده اثر اسید سیتریک، سوپردوز فیتاز و اثر متقابل آنها بود با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.3.1 (۲۰۰۵) و رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین-ها با استفاده از آزمایش توکی و در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

مدل آماری طرح به صورت زیر بود.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + a_j + b_k + (ab)_{jk} + e_{ijk},$$

Y_{ijk} = مقدار هر مشاهده

μ= اثر میانگین جامعه

R_i = اثر بلوک (طول سالن)

a_j= اثر آنریم فیتاز

b_k= اثر اسید سیتریک

$(ab)_{jk}$= اثر متقابل آنزیم و اسید

e_{ijk}= اثر خطای آزمایشی

نتایج

اثرات اصلی و متقابل تیمارهای مختلف بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ ارائه شده است. افزودن اسید سیتریک به جیره، خوراک مصرفی و افزایش وزن را در تمام دوره‌های پرورش جز دوره آغازین به طور معنی‌داری افزایش داد ($P<۰/۰۵$). همچنین افزودن سوپر دوز فیتاز منجر به افزایش مصرف خوراک در دوره پایانی و کل دوره شد ($P<۰/۰۵$). اثر اصلی سوپردوز فیتاز بر افزایش وزن بدن در دوره‌های رشد و کل دوره معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$). اگرچه با افزودن اسید و آنزیم روند کاهشی در ضریب تبدیل خوراک وجود داشت. در بررسی اثرات متقابل، جوجه‌های تغذیه شده با اسید سیتریک (۰/۴ درصد جیره) × فیتاز (۲۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم جیره) مصرف خوراک بیشتر و افزایش وزن انتهای دوره بالاتری در مقایسه با دیگر تیمارها داشتند ($P<۰/۰۵$)، به نحوی که جز در دوره آغازین، مصرف خوراک در تیمار اسید × فیتاز نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود ($P<۰/۰۵$). افزودن اسید منجر به بهبود تاثیر فیتاز بر افزایش وزن در دوره پایانی و کل دوره نسبت به جیره بدون اسید شد ($P<۰/۰۵$). اثرات متقابل آنزیم و اسید بر ضریب تبدیل خوراک معنی‌دار نبود.

جدول ۱ اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف پرورش

	آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)		رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)		پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)	
اقلام خوراکی (درصد)	بدون فیتاز	با فیتاز	بدون فیتاز	با فیتاز	بدون فیتاز	با فیتاز
ذرت	۵۲/۳۰	۵۶/۰۶	۵۶/۷۳	۶۱/۷۵	۵۹/۲۰	۶۶/۰۶
کنجاله سویا (۴۴٪ پروتئین)	۳۷/۸۰	۳۸/۴۰	۳۵/۷۰	۳۲/۸۰	۳۱/۲۰	۲۸/۲۰
گلوتن ذرت (۶۰ ٪ پروتئین)	۲/۶۰	۰	۰	۰	۰	۰
ماسه شسته شده	۰	۱/۰۰	۰	۱/۲۰	۰/۸۰	۰/۸۰
روغن سویا	۲/۶۰	۰/۹۰	۳/۲۰	۰/۹۰	۴/۸۰	۱/۹۰
مونوکلسیم فسفات	۱/۵۰	۰/۷۰	۱/۴۰	۰/۶۰	۱/۲۶	۰/۴۵
کربنات کلسیم	۱/۴۰	۱/۲۵	۱/۳۵	۱/۱۵	۱/۲۰	۱/۰۵
نمک	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۱۴
جوش شیرین	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۲۷
مکمل ویتامینی[1]	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی[1]	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی ال-متیونین	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۶
ال- لایزین هیدروکلراید	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۲۲
ال- ترئونین	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶
کولین کلراید ۶۰ درصد	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷
آنزیم فیتاز *	۰	۰/۰۲	۰	۰/۰۲	۰	۰/۰۲
آنالیز مواد مغذی (درصد)						
انرژی (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۹۰۵	۲۹۱۵	۲۹۷۶	۲۹۸۱	۳۱۱۱	۳۱۰۷
پروتئین خام	۲۲	۲۲	۲۰	۲۰	۱۸/۲۰	۱۸/۲۰
کلسیم	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۷۶	۰/۷۶
فسفر کل	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۶۷	۰/۴۸
فسفرقابل دسترس	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۸
سدیم	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
لایزین قابل هضم	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹۵	۰/۹۵
متیونین قابل هضم	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۹
متیونین+سیستئین قابل هضم	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۷۴	۰/۷۴
ترئونین قابل هضم	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۶۵
تریپتوفان قابل هضم	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
آرژنین قابل هضم	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۳	۱/۰۳
والین قابل هضم	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۷۳

مکمل ویتامینی و مواد معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره، ویتامین A: ۸۸۰۰ واحد بین‌المللی، کوله کلسیفرول: ۲۵۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E: ۱۱ واحد بین‌المللی، ویتامین K1: ۲/۲ میلی‌گرم، ویتامین B12: ۰/۰۱ میلی‌گرم، تیامین: ۱/۵ میلی‌گرم، ریبوفلاوین: ۴ میلی‌گرم، نیاسین: ۳۵ میلی‌گرم، اسید فولیک: ۰/۵ میلی‌گرم، بیوتین: ۰/۱۵ میلی‌گرم، پیرودوکسین: ۲/۵ میلی‌گرم، اسید پنتونتیک: ۸ میلی‌گرم، بتائین: ۱۹۰ میلی‌گرم، روی: ۶۵ میلی‌گرم، منگنز: ۷۵ میلی‌گرم، سلنیوم: ۰/۲ میلی‌گرم، مس: ۶ میلی‌گرم، آهن: ۷۵ میلی‌گرم تأمین می‌نمود.

*هر گرم حاوی ۱۰۰۰۰ واحد فیتاز بود.

در جیره‌های حاوی اسید سیتریک از سطح ۰/۴ درصد جیره از این افزودنی استفاده شد.

جدول ۲- اثرات اصلی و متقابل افزودن سوپردوز فیتاز و اسید سیتریک بر عملکرد جوجه‌های گوشتی ۱ تا ۴۲ روزگی

	مصرف خوراک (گرم)				افزایش وزن بدن (گرم)				ضریب تبدیل خوراکی			
اثرات اصلی	۱-۱۰ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۴۲ روزگی	۱-۴۲ روزگی	۱-۱۰ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۴۲ روزگی	۱-۴۲ روزگی	۱-۱۰ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۴۲ روزگی	۱-۴۲ روزگی
اسید سیتریک (٪)												
۰	۳۰۳/۷	۱۴۰۶/۹^{b}	۲۷۵۹/۸^{b}	۴۴۶۹/۸^{b}	۲۸۲/۶	۹۴۵/۲^{b}	۱۳۶۴/۱^{b}	۲۵۹۱/۹^{b}	۱/۰۸	۱/۴۹	۲/۰۲	۱/۷۲
۰/۵	۳۰۴/۵	۱۵۰۹/۶^{a}	۲۸۳۸/۶^{a}	۴۶۵۲/۷^{a}	۲۸۳/۹	۱۰۳۴/۰^{a}	۱۴۷۳/۴^{a}	۲۷۹۱/۳^{a}	۱/۰۷	۱/۴۵	۱/۹۳	۱/۶۷
SEM	۲/۱۷	۲۳/۱۱	۲۹/۰۷	۴۰/۶۱	۶/۷۴	۲۵/۱۹	۴۹/۳۰	۲۹/۵۶	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۶
P-value	۰/۸۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۷۸	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۴۰
فیتاز (واحد در کیلوگرم)												
۰	۳۰۳/۸	۱۴۲۸/۳	۲۷۵۷/۸^{b}	۴۴۸۹/۴^{b}	۲۸۲/۷	۹۵۶/۴^{b}	۱۳۹۸/۱	۲۶۳۸/۵^{b}	۱/۰۸	۱/۴۹	۱/۹۸	۱/۷۱
۲۰۰۰	۳۰۳/۵	۱۴۸۸/۲	۲۸۴۰/۳^{a}	۴۶۳۲/۵^{a}	۲۸۳/۴	۱۰۳۲/۵^{a}	۱۴۳۹/۳	۲۷۵۳/۵^{a}	۱/۰۷	۱/۴۴	۱/۹۸	۱/۶۸
SEM	۲/۷۱	۲۳/۱۱	۲۹/۰۷	۴۰/۶۱	۲/۹۴	۱۵/۱۹	۲۹/۳۰	۲۸/۵۶	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۶
P-value	۰/۷۴	۰/۴۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۹۷	۰/۷۰
اسید سیتریک×فیتاز												
A0×P0	۳۰۳/۸	۱۳۷۲/۰^{c}	۲۷۷۱/۶^{b}	۴۴۴۷/۸^{c}	۲۸۲/۲	۹۰۵/۲^{c}	۱۳۷۹/۶^{bc}	۲۵۶۶/۶^{c}	۱/۰۸	۱/۵۲	۲/۰۱	۱/۷۳
A1×P0	۳۰۲/۳	۱۴۴۱/۶^{bc}	۲۷۴۷/۰^{b}	۴۴۹۱/۸^{b}	۲۸۳/۶	۹۸۵/۳^{b}	۱۳۴۸/۰^{c}	۲۶۱۶/۲^{c}	۱/۰۷	۱/۴۶	۲/۰۴	۱/۷۲
A0×P1	۳۰۳/۷	۱۴۸۳/۲^{abc}	۲۷۴۴/۸^{b}	۴۵۳۲/۱^{b}	۲۸۳/۲	۱۰۰۷/۷^{b}	۱۴۱۷/۸^{b}	۲۷۰۸/۲^{b}	۱/۰۷	۱/۴۷	۱/۹۴	۱/۶۷
A1×P1	۳۰۴/۲	۱۵۳۵/۲^{a}	۲۹۳۲/۴^{a}	۴۷۷۲/۷^{a}	۲۸۴/۴	۱۰۸۰/۲^{a}	۱۵۲۹/۴^{a}	۲۸۹۴/۲^{a}	۱/۰۷	۱/۴۲	۱/۹۲	۱/۶۵
SEM	۲/۷۱	۲۸/۱۱	۵۹/۲۲	۲۷/۷۸	۴/۱۶	۲۱/۶۳	۳۱/۱۲	۲۹/۴۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۶
P-value	۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۹۰	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۲۲	۰/۶۹	۰/۱۴	۰/۲۳

a-b: در هر ستون میانگین‌های فاقد حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (P <۰/۰۵).

A0: تیمار بدون اسید سیتریک، A1: تیمار با ۰/۴ درصد جیره اسید سیتریک، P0: تیمار بدون افزودن آنزیم فیتاز، P1: تیمار با افزودن ۲۰۰۰ واحد بین المللی آنزیم فیتاز در کیلوگرم جیره

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت کلسیم، فسفر و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم جوجه‌های گوشتی در ۲۲ و ۴۲ روزگی در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزودن آنزیم سوپر دوز فیتاز به جیره جوجه‌های گوشتی منجر به افزایش غلظت فسفر سرم و کاهش فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در ۲۲ و ۴۲ روزگی شد (P<۰/۰۵). افزودن اسید سیتریک به جیره منجر به کاهش فعالیت آلکالین فسفاتاز در ۲۲ و ۴۲ روزگی شد (P<۰/۰۵). اگرچه اثرات اصلی افزودن فیتاز و اسیدسیتریک تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم نشان نداد، با این وجود بررسی اثرات متقابل نشان داد که غلظت کلسیم در تیمار اسید بدون فیتاز (A1×P0) در مقایسه با دیگر تیمارها بالاتر بود (P<۰/۰۵). همچنین تیمار اسید× فیتاز (A1×P1) در مقایسه با سایر تیمارها منجر به افزایش فسفر و کاهش فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم شد (P<۰/۰۵).

جدول ۳ اثرات اصلی و متقابل افزودن سوپر دوز فیتاز و اسید سیتریک بر غلظت کلسیم، فسفر و فعالیت آلکالین فسفاتاز سرم خون جوجه‌های گوشتی

	۲۲ روزگی			۴۲ روزگی		
اثرات اصلی	کلسیم (mg/dl)	فسفر (mg/dl)	ALP (IU/Liter)	کلسیم (mg/dl)	فسفر (mg/dl)	ALP (IU/Liter)
اسید سیتریک (٪)						
۰	۱۰/۵۹	۹/۰۰	۳۱۸۸^{a}	۹/۵۵	۸/۶۸	۲۴۳۵^{a}
۰/۵	۱۰/۵۳	۹/۵۳	۳۰۳۳^{b}	۸/۸۶	۹/۱۲	۲۱۸۴^{b}
SEM	۰/۴۲	۰/۲۹	۴۳/۵	۰/۴۹	۰/۹۴	۴۳/۸
P-value	۰/۸۵	۰/۳۹	۰/۰۴	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۰۲
فیتاز (واحد در کیلوگرم)						
۰	۱۰/۸۱	۸/۸۱^{b}	۳۲۶۱^{a}	۹/۲۶	۸/۷۹^{b}	۲۴۱۶^{a}
۲۰۰۰	۱۰/۳۱	۹/۷۳^{a}	۲۹۶۰^{b}	۹/۱۵	۹/۸۹^{a}	۲۲۰۳^{b}
SEM	۰/۴۲	۰/۲۹	۳۸/۵	۰/۴۹	۰/۲۴	۴۳/۸
P-value	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۸۸	۰/۰۳	۰/۰۳
اسید سیتریک×فیتاز						
A0×P0	۱۰/۷۴^{ab}	۸/۹۸^{b}	۳۱۹۴/۰^{a}	۹/۴۹^{a}	۷/۴۲^{b}	۲۳۳۹/۸^{a}
A0×P1	۱۰/۰۷^{b}	۹/۳۸^{b}	۳۰۲۶/۸^{b}	۸/۲۲^{b}	۹/۰۹^{a}	۲۱۶۱/۸^{c}
A1×P0	۱۱/۰۴^{a}	۷/۳۵^{c}	۳۱۶۰/۴^{a}	۱۰/۰۵^{a}	۹/۶۵^{a}	۲۳۱۰/۷^{a}
A1×P1	۱۰/۴۵^{ab}	۱۰/۴۶^{a}	۳۰۲۳/۵^{b}	۸/۷۳^{b}	۹/۵۷^{a}	۲۲۳۵/۰^{b}
SEM	۰/۱۹	۰/۳۸	۴۷/۸	۰/۳۹	۰/۳۸	۲۷/۴
P-value	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳

a-b: در هر ستون میانگین‌های فاقد حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (P<0.05).

A0: تیمار بدون اسید سیتریک، A1: تیمار با ۰/۴ درصد جیره اسید سیتریک، P0: تیمار بدون افزودن آنزیم فیتاز، P1: تیمار با افزودن ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی آنزیم فیتاز در کیلوگرم جیره

تأثیر افزودن آنزیم فیتاز و اسید سیتریک و نیز اثرات متقابل آنها بر ریخت‌شناسی روده جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که افزودن اسید سیتریک و آنزیم فیتاز منجر به افزایش عددی ارتفاع و عرض پرزها و عمق کریپت در ۲۲ و ۴۲ روزگی شد. در ۲۴ روزگی تحت تأثیر افزودن اسید سیتریک نسبت طول به عمق کریپت کاهش یافت (P<۰/۰۵). همچنین افزودن آنزیم فیتاز سبب کاهش نسبت طول به عمق کریپت در ۴۲ روزگی شد (P<۰/۰۵). با این وجود تفاوت معنی‌داری در ارتفاع، عمق و عرض پرزها تحت تأثیر افزودن فیتاز مشاهده نشد. بررسی اثر متقابل اسید× فیتاز نشان داد که در تیمار حاوی اسید و فیتاز عرض پرزها و عمق کریپت در ۲۴ روزگی افزایش یافت و ارتفاع ویلی و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ۲۲ و ۴۲ روزگی در گروه تغذیه شده با اسید-بدون فیتاز (A1×P0) بیشتر بود (P<۰/۰۵).

جدول ٤ اثرات اصلی و متقابل افزودن سوپر دوز فیتاز و اسید سیتریک بر ریخت‌شناسی ژژنوم جوجه‌های گوشتی

	۲۲ روزگی				۴۲ روزگی			
اثرات اصلی	ارتفاع پرز (میکرومتر)	عرض پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	طول/عمق کریپت	ارتفاع پرز (میکرومتر)	عرض پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	طول/عمق کریپت
اسید سیتریک (٪)								
۰	۱۳۹۰	۲۱۰	۱۷۰	۸/۱۸^{a}	۱۳۹۰	۲۲۰	۲۱۰	۶/۶۲
۰/۵	۱۴۲۰	۲۴۰	۱۹۰	۷/۴۷^{b}	۱۴۶۰	۲۴۰	۲۲۰	۶/۶۴
SEM	۲۳	۲۰	۲۰	۰/۱۱	۵۴	۲۰	۱۰	۰/۱۱
P-value	۰/۴۹	۰/۳۸	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۵۳	۰/۲۸	۰/۵۶	۰/۲۸
فیتاز (واحد در کیلوگرم)								
۰	۱۱۴۰	۲۲۰	۲۰۰	۵/۷۰	۱۴۹۰	۲۲۰	۲۱۰	۷/۱۰^{a}
۲۰۰۰	۱۲۱۰	۲۴۰	۲۲۰	۵/۵۵	۱۴۶۰	۲۴۰	۲۲۰	۶/۶۴^{b}
SEM	۴۳	۲۰	۱۰	۰/۳۷	۵۴	۲۰	۱۰	۰/۱۱
P-value	۰/۱۹	۰/۷۹	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۲۰	۰/۲۹	۰/۳۸	۰/۰۴
اسید سیتریک×فیتاز								
A0×P0	۱۲۶۵^{b}	۱۸۰^{b}	۱۷۰^{b}	۷/۷۴	۱۴۰۰^{b}	۲۱۰	۲۲۰	۶/۳۶^{b}
A0×P1	۱۳۳۴^{b}	۱۷۰^{b}	۱۷۰^{b}	۷/۸۴	۱۳۴۰^{c}	۲۳۰	۲۱۰	۶/۳۸^{b}
A1×P0	۱۴۳۰^{a}	۲۱۰^{a}	۱۸۰^{b}	۷/۹۴	۱۵۴۰^{a}	۲۲۰	۲۱۰	۷/۳۳^{a}
A1×P1	۱۳۳۰^{b}	۲۰۰^{a}	۲۰۰^{a}	۶/۶۵	۱۴۰۰^{b}	۲۳۰	۲۲۰	۶/۳۶^{b}
SEM	۴۰	۱۰	۲۰	۰/۴۵	۳۰	۲۵	۱۵	۰/۲۹
P-value	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۷۰	۰/۴۶	۰/۰۵

a-b: در هر ستون میانگین‌های فاقد حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (P<0.05).

A0: تیمار بدون اسید سیتریک، A1: تیمار با ۰/۴ درصد جیره اسید سیتریک، P0: تیمار بدون افزودن آنزیم فیتاز، P1: تیمار با افزودن ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی آنزیم فیتاز در کیلوگرم جیره

بحث

افزودن فیتاز به جیره جوجه‌های گوشتی منجر به افزایش مصرف خوراک در دوره پایانی و کل دوره شد. همچنین افزایش وزن در دوره رشد و کل دوره تحت تأثیر افزودن فیتاز به جیره افزایش یافت با این وجود ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر افزودن فیتاز قرار نگرفت. گزارش‌های مختلفی در رابطه با فواید استفاده از آنزیم فیتاز در جیره جوجه‌های گوشتی وجود دارد (Taheri and Mirisakhani, 2020؛ Delezie و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sommerfeld و همکاران، ۲۰۱۸). همسو با یافته‌های آزمایش حاضر، در آزمایشی Taheri و Mirisakhani (۲۰۲۰) بیان کردند که افزودن ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ واحد فیتاز در هر کیلوگرم جیره منجر به افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی در مقایسه با گروه‌های بدون فیتاز می‌شود. همچنین استفاده از مکمل فیتاز در جیره‌های با فسفر پایین منجر به بهبود افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در طول دوره پرورش می‌شود (Woyengo و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیقی توسط Pieniazek و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شد که افزودن ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم جیره فیتاز به جیره‌های دارای سطوح ناکافی فسفر منجر به افزایش عملکرد و بهبود ضریب تبدیل خوراک می‌شود. نتایج آن‌ها با یافته‌های آزمایش حاضر همسو بود. افزودن فیتاز (۵۰۰ FTU بر کیلوگرم جیره) به جیره باعث افزایش مصرف خوراک و وزن بدن و نیز بهبود ضریب تبدیل خوراک می‌شود (Cowieson و همکاران، ۲۰۱۱). این امر احتمالاً به دلیل فراهمی فسفر فیتاته در هنگام استفاده از فیتاز باشد. همچنین احتیاجات فسفر جوجه‌ها در جیره‌های حاوی فیتاز کاهش پیدا می‌کند (Woyengo و همکاران، ۲۰۱۰). در یک آزمایش Liu و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تأثیر استفاده از فیتاز در جیره جوجه‌های گوشتی گزارش کردند که وزن بدن، راندمان خوراک مصرفی و مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی بهبود یافت. این نتایج با یافته های آزمایش حاضر همسو می‌باشد.

در تحقیقی Agboola و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که با افزودن اسید آلی (پروپیونیک و فرمیک اسید) به جیره جوجه‌های گوشتی وزن بدن جوجه‌ها به صورت معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. عملکرد پرنده تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل وضعیت محیطی، مدیریت، نوع اسید افزودنی و خصوصیات مربوط به پرنده از قبیل سن، گونه و مرحله تولید قرار می‌گیرد. با این حال استفاده از مکمل اسید (اسید سیتریک و سوربیک) در جیره طیور به صورت معنی‌داری بر عمق کریپت و ارتفاع پرزهای روده تأثیر داشت (Rodriguez-Lecompte و همکاران، ۲۰۱۲). این امر می‌تواند با بهبود راندمان خوراک منجر به افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی شود. افزایش ارتفاع پرزهای روده در جوجه‌های تغذیه شده با اسید آلی (فوماریک اسید، بوتیریک اسید و لاکتیک اسید) در مقایسه با گروه کنترل تأثیر مثبتی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی داشت (Adil و همکاران، ۲۰۱۰). این یافته‌ها نشان می‌دهد که الگوی کلیدی پایه نحوه عمل اسیدهای آلی بر جمعیت باکتری‌ها نفوذ اسید به دیوار باکتری و تغییر pH درون و بیرون دیواره باکتری‌ها به نحوی که باکتری‌ها نتواند آنرا تحمل نماید. علاوه بر این افزودن اسیدهای آلی به جیره طیور ممکن است تأثیر مستقیمی بر جمعیت باکتریایی دستگاه گوارش داشته باشد به نحوی که با کاهش باکتری‌های بیماری‌زا و به صورت عمده با کنترل کردن جمعیت انواع خاصی از باکتری‌ها که برای مواد مغذی با پرنده رقابت می‌کند منجر به تأثیر مثبت بر عملکرد پرنده می‌شوند (Hajati, 2018).

در رابطه با اثرات متقابل اسیدها و آنزیم نتایج روشنی گزارش نشده است با این وجود به نظر می‌رسد افزودن اسید به جیره جوجه‌های گوشتی منجر به ایجاد شرایط بهینه برای عملکرد فیتاز می‌شود به نحوی که اسیدهای آلی با کاهش سطوح pH از طریق اسیدی کردن جیره و مواد هضمی شرایط بهینه‌ای را برای اثر فیتاز ایجاد نماید. اسید سیتریک به تنهایی و یا همراه با آنزیم فیتاز منجر به افزایش هیدرولیز فیتات می‌شود که منجر به بهبود عملکرد می‌شود (Brenes و همکاران، ۲۰۰۳؛ Woyengo و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین استفاده از اسیدهای آلی منجر به فراهم سازی شرایط مناسب اسیدی در دستگاه گوارش و در نتیجه بهبود فعالیت

فیتاز در افزایش انحلال اسید فیتیک می‌شود این امر منجر به بهبود قابلیت دسترسی مواد مغذی می‌شود (Boling و همکاران، ۲۰۰۰).

در آزمایش حاضر افزودن فیتاز به جیره منجر به افزایش سطح فسفر سرم در ۲۴ و ۴۲ روزگی شد با این حال فعالیت آلکالین فسفاتاز سرم را کاهش داد. افزودن اسید سیتریک منجر به کاهش فعالیت آلکالین فسفاتاز سرم در ۲۴ و ۴۲ روزگی شد. همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، Wang و همکاران (۲۰۱۳؛ ۲۰۱۷) بیان کردند که افزودن آنزیم فیتاز به جیره جوجه‌های گوشتی منجر به افزایش فسفر سرم می‌شود. همچنین Ying و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که با افزایش فیتاز جیره‌ای فسفر خون افزایش می‌یابد، که با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر همسو می‌باشد. استفاده از آنزیم فیتاز در جیره جوجه‌های گوشتی منجر به کاهش فعالیت آلکالین فسفاتاز خون و سرم می‌شود (Brenes و همکاران، ۲۰۰۳). آنزیم‌های مرتبط با فسفات تحت شرایط محدودیت غلظت فسفات سنتز می‌شوند (Yeung و همکاران، ۲۰۰۹). این امر با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر همخوانی دارد. در هنگام کاهش سطوح فسفر جیره افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز مشاهده می‌شود (Yeung و همکاران، ۲۰۰۹). این امر نشان می‌دهد که سطح آلکالین فسفاتاز بدن با سطوح فسفر جیره‌ای مرتبط می‌باشد. اگرچه افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز سرم احتمالاً تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد، با این وجود افزایش سطح فسفر خون احتمالاً ناشی از دریافت مقادیر زیاد فسفر به دلیل استفاده از فیتاز و آزاد شدن فسفر فیتاته می‌باشد. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان بیان نمود که عملکرد و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در هنگام محدودیت سطوح فسفر افزایش پیدا می‌کند. همسو با یافته‌های آزمایش حاضر، Abudabos (۲۰۱۷) گزارش کرد که کلسیم و فسفر تحت تأثیر مکمل کردن جیره با آنزیم فیتاز تغییر می‌کند.

مواد مغذی و افزودنی‌های خوراک می‌تواند بر ریخت شناسی روده کوچک تأثیرگذار باشند. ضخامت پرزهای روده می‌تواند به عنوان یک شاخص مناسب برای ظرفیت جذب مواد مغذی در نظر گرفته شود. به نحوی که طول و عمق پرز بلندتر باعث افزایش سطح و ظرفیت جذب مواد مغذی می‌شود (Sen و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش عمق پرز با افزایش فعالیت تکثیری سلول‌ها منجر به بهبود هضم وظرفیت جذب روده می‌شود (کریمی ترشیزی و همکاران، ۲۰۰۵). بین وزن بدن و ارتفاع پرزهای روده ارتباط مثبتی وجود دارد. به نحوی که با افزایش ارتفاع پرزهای روده کوچک سطح تماس با خوراک افزایش و در نهایت منجر به افزایش سطح جذب مواد مغذی می‌شود (Haghighi Khoshkhoo و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین سلامت دستگاه به عنوان یک عامل مهم برای به دست آوردن عملکرد مناسب رشد، نرخ رشد بالا و راندمان خوراک مطرح می‌باشد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که استفاده از مکمل اسید سیتریک به صورت معنی‌داری نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت را افزایش داد. همچنین اسید سیتریک به صورت عددی ارتفاع پرز و عمق کریپت جوجه‌های گوشتی را افزایش داد. این نتایج با یافته‌های کریمی ترشیزی و همکاران (۲۰۰۵) همسو می باشد. تهامی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر اسیدهای آلی بر خصوصیات ریخت‌شناسی روده باریک بیان کردند که مکمل اسید آلی به صورت معنی‌داری طول و عمق کریپت را افزایش می‌دهد. Garcia و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی اسیدهای آلی منجر به افزایش ارتفاع پرزهای روده می‌شود. همچنین قدیانلو و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که استفاده از اسیدهای آلی بر افزایش ارتفاع، عمق و سطح تماس پرزها در ایلئوم تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین در یک آزمایش مشابه Panda و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که صرف نظر از غلظت‌های استفاده شده، استفاده از اسیدهای آلی در جیره جوجه‌های گوشتی منجر به بهبود ارتفاع و عمق پرز در دئودنوم می‌شود که با یافته های آزمایش حاضر همسو می‌باشد.

همسو با یافته‌های آزمایش حاضر Adil و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ارتفاع پرزهای روده در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با اسیدهای آلی تحت تأثیر قرار نگرفت. کاهش

ضخامت ماهیچه برای بهبود هضم و جذب مواد مغذی مفید می باشد و ضخیم شدن لایه موکوس روده منجر به کاهش راندمان هضم و جذب مواد مغذی می‌شود (Teirlynck و همکاران، ۲۰۰۹). ارتفاع و عرض پرز را می‌توان به عنوان شاخص‌هایی برای عملکرد فعال روده در نظر گرفت. افزایش ارتفاع پرز، سطح بیشتری برای جذب مواد مغذی و در نتیجه عملکرد بالاتر فراهم می‌کند، در حالی که کاهش ارتفاع باعث کاهش جذب مواد مغذی به دلیل کاهش سطح روده برای جذب شود (Sen و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین، کاهش جذب مواد مغذی، مقاومت در برابر بیماری‌ها و عملکرد رشد را کاهش می‌دهد. افزایش ترشحات دستگاه گوارش نتیجه منفی کریپت‌های عمیق تر و پرزهای کوتاه‌تر است (Xu و همکاران، ۲۰۱۵). در آزمایشی Pelicano و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که عمق پرزها در دئودنوم و ژژنوم با بسیاری از اسیدی کننده‌های آلی افزایش می‌یابد. اسیدهای آلی رشد بسیاری از باکتری‌های روده‌ای بیماری زا یا غیر بیماری‌زا را کاهش می‌دهد، باعث کاهش کلونیزاسیون روده و فرآیندهای عفونی می‌شود، در نتیجه منجر به کاهش واکنش‌های التهابی در روده می‌شود. درحالیکه اسیدهای آلی با افزایش عمق پرز و عملکرد ترشحی روده، هضم و جذب مواد مغذی توسط مخاط را افزایش می‌دهد (Pelicano و همکاران، ۲۰۰۵). با این وجود عوامل مختلفی در پاسخ پرندگان به اسیدهای آلی تأثیرگذارند که از این بین می‌توان به شرایط محیطی، شرایط پرورش مزرعه‌ای، شیوه‌های مختلف مدیریت، تغذیه، نوع و غلظت اسیدهای آلی، ترکیبات جیره و خصوصیات پرنده (سن، گونه، مرحله تولید) اشاره کرد (Dibner and Buttin, 2002؛ Yang و همکاران، ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد علاوه بر کاهش رشد باکتری‌های بیماری‌زا و کاهش کلنیزاسیون و فرآیند عفونی شدن روده اسیدهای آلی منجر به بهبود ارتفاع پرز و عملکرد ترشح، هضم و جذب مواد مغذی می‌شود (Iji and Tivey, 1998).

به طور کلی نتایج پژوهش نشان داد که افزودن فیتاز به جیره منجر به افزایش عددی عرض و ارتفاع پرزها و نیز افزایش عمق کریپت شد همچنین به صورت معنی‌داری نسبت طول پرز به عمق کریپت کاهش یافت. با این وجود زمانی که از فیتاز، اسید و یا هر دو آنها استفاده شد نتایج نشان داد که تیمار اسید×فیتاز منجر به افزایش عرض و عمق کریپت شد. همسو با نتایج ما محمدباقری و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که استفاده از جیره‌های فیتاز×اسید سیتریک منجر به افزایش عرض و نسبت طول به عمق کریپت شد. با این وجود سطح پرزها تحت تأثیر اسیدی کننده‌های جیره قرار نگرفت. در آزمایشی Wang و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که باکتری‌های گرم منفی دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با اسیدها کاهش و شمار لاکتوباسیلوس‌ها افزایش یافت. همچنین افزایش شمار باکتری‌های لاکتوباسیلوس با سلامت روده مرتبط می‌باشد (Baurhoo و همکاران، ۲۰۰۷).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق حاضر، استفاده از اسید سیتریک منجر به افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن شد. همچنین افزودن فیتاز به تنهایی منجر به افزایش مصرف خوراک شد. افزودن اسید ستریک به جیره‌های با آنزیم فیتاز منجر به افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن شد. افزودن اسید به صورت معنی-داری باعث افزایش عمق کریپت و نسبت طول به عمق کریپت شد. این اثر با افزودن آنزیم فیتاز بیشتر شد. به نظر می‌رسد افزودن همزمان اسیدهای آلی و آنزیم فیتاز منجر به بهبود عملکرد دستگاه گوارش با افزایش عملکرد ترشح، هضم و جذب مواد مغذی و در نهایت عملکرد جوجه‌های گوشتی می‌شود.

منابع

اکبری، م.، کرمانشاهی، ح. و کلیدری غ. (۱۳۸۳). بررسی اثر افزودن اسید استیک در آب آشامیدنی بر عملکرد، شاخص‌های رشد و جمعیت میکروبی ایلئوم جوجه‌های گوشتی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۳ (۸) ص. ۱۴۷-۱۳۹.

پوستی، ا. و ادیب مرادی، م. (۱۳۸۵). روش‌های آزمایشگاهی بافت شناسی. انتشارات دانشگاه تهران.

تهامی، ز.، حسینی، م. و باشتنی، م. (۱۳۹۳). اثر مکمل اسیدهای آلی بر برخی خصوصیات دستگاه گوارش و مورفولوژی روده باریک جوجه‌های گوشتی. تحقیقات تولیدات دامی. شماره ۳، ص. ۱۰-۱.

حقیقی خوشخو، پ.، اکبری آزاد، گ.، معیر، ف. و پژوهنده، ا. (۱۳۸۹). تأثیر افزودنی خوراکی بوتیرات بر راندمان پرورشی و مورفولوژی روده باریک در جوجه گوشتی. مجله پژوهش‌های بالینی دامپزشکی. شماره ۴، ص. ۲۴۲-۲۳۵.

کریمی ترشیزی، م. (۱۳۸۵). جداسازی، شناسایی و انتخاب لاکتیک اسید مناسب برای تولید پروبیوتیک‌ها در تغذیه جوجه-های گوشتی. رساله دکترا. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.

محمدباقری، ن. و نجفی، ر. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر استفاده از سرکه و آنزیم فیتاز بر عملکرد و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی. مجله علوم دامی (پژوهش و سازندگی). شماره ۱۰۶، ص. ۲۳۰-۲۱۹.

منصوری، ب.، رستگار فاطمی، ب.، مدیرصانعی، م. و هنرزاد، ژ. (۱۳۹۱). تأثیر فیتاز بر خصوصیات استخوان درشت‌نی جوجه‌های بلدرچین تغذیه شده با جیره‌های ذرت - کنجاله سویا. مجله داروهای گیاهی ایرانیان، شماره ۳، ص. ۱۵۴-۱۴۹.

Abudabos, A. M., Al-Atiyat, R. M., Albatshan, H. A., Aljassim, R., Aljumaah, M. R., Alkhulaifi, M. M. and Stanley, D. M. (2017). Effects of concentration of corn distillers dried grains with solubles and enzyme supplementation on cecal microbiota and performance in broiler chickens. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 101(18): 7017-7026.

Adil, S., Banday, T., Bhat, G. A., Mir, M. S. and Rehman, M. (2010). Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Veterinary Medicine International*. 1-7.

Agboola, A. F., Omidiwura, B. R. O., Odu, O., Popoola, I. O. and Iyayi, E. A. (2015). Effects of organic acid and probiotic on performance and gut morphology in broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*. *45*(5), 494-501.

Aviagen. (2019). Ross 308 Broiler Nutrition Specifications. Aviagen Ltd., Newbridge, UK.

Baurhoo, B., Phillip, L. and Ruiz-Feria, C. A. (2007). Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. *Poultry Science*. 86(6): 1070-1078.

Boling-Frankenbach, S.D., Snow, J.L., Parsons, C.M. and Baker, D.H. (2001). The effect of citric acid on the calcium and phosphorus requirements of chicks fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*. 80(6): 783-788.

Bradley, G. L., Savage, T. F. and Timm, K. I. (1994). The effects of supplementing diets with Saccharomyces cerevisiae var. boulardii on male poultry performance and ileal morphology. *Poultry Science*. 73(11): 1766-1770.

Brenes, A., Viveros, A., Arija, I., Centeno, C., Pizarro, M. and Bravo, C. (2003). The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*. 110(1-4): 201-219.

Cowieson, A. J., Wilcock, P. and Bedford, M. R. (2011). Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *World's Poultry Science Journal*. 67(2): 225-236.

Delezie, E., Maertens, L. and Huyghebaert, G. (2012). Consequences of phosphorus interactions with calcium, phytase, and cholecalciferol on zootechnical performance and mineral retention in broiler chickens. *Poultry Science*. 91: 2523–2531.

Delvasto, P., Ballester, A., Muñoz, J. A., González, F., Blázquez, M. L. and García, C. (2005). Exploring the possibilities of biological beneficiation of iron-ores: The phosphorus problem. In Proceedings of the 15th Steelmaking Conference, 5th Ironmaking Conference and 1st Environment and Recycling Symposium IAS, pp. 7-10.

Dibner, J. J. and Buttin, P. (2002). Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*. 11(4): 453-463.

Garcia, V., Catala-Gregori, P., Hernandez, F., Megias, M. D. and Madrid, J. (2007). Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa morphology, and meat yield of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 16(4): 555-562.

Grasman, K.A. (2010). *In vivo* functional test for assessing immunotoxicity in birds (Ed.), Immunotoxicity testing: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology Humana Press, Product, 387-397

Hajati, H. (2018). Application of organic acids in poultry nutrition. *International Journal of Avian Wildlife Biological*. 3: 324-329.

Iji, P. A. and Tivey, D. R. (1998). Natural and synthetic oligosaccharides in broiler chicken diets. World's Poultry Science Journal, 54(2): 129-143.

Khosravinia, H., Nourmohammadi, R. and Afzali, N. (2015). Productive performance, gut morphometry, and nutrient digestibility of broiler chicken in response to low and high dietary levels of citric acid. Journal of *Applied Poultry Research*. 24(4): 470-480.

Mathlouthi, N., Lallès, J. P., Lepercq, P., Juste, C. and Larbier, M. (2002). Xylanase and β-glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. *Journal of Animal Science*. 80(11): 2773-2779.

Moravej, H., Baghani, M., Allahyarishrasb, M. and Shivazad, M. (2012). Comparing the performance and bone features of broiler chickens fed different levels of vitamin during finisher period. *Iranian Journal of Animal Science Research*. 4(3): 199-208.

Panda, A. K., Rao, S. V., Raju, M. V. L. N. and Sunder, G. S. (2009). Effect of butyric acid on performance, gastrointestinal tract health and carcass characteristics in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 22(7): 1026-1031.

Pelicano, E. R. L., Souza, P. A., Souza, H. B. A., Figueiredo, D. F., Boiago, M. M., Carvalho, S. R. and Bordon, V. F. (2005). Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 7: 221-229.

Pieniazek, J., Smith, K. A., Williams, M. P., Manangi, M. K., Vazquez-Anon, M., Solbak, A. and Lee, J. T. (2017). Evaluation of increasing levels of a microbial phytase in phosphorus deficient broiler diets via live broiler performance, tibia bone ash, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility. *Poultry Science*. 96(2): 370-382.

Pirgozliev, V., Bedford, M. R., Acamovic, T., Mares, P. and Allymehr, M. (2011). The effects of supplementary bacterial phytase on dietary energy and total tract amino acid digestibility when fed to young chickens. *British Poultry Science*. 52(2): 245-254.

Qadyanloo, B., Rahimi, Sh. and Karimi Torshizi, M. (2009). Effect of organic acids and formaldehyde on broiler intestine and salmonella reduction in feed. *Journal of Veterinary Research*. 64: 3:215-220.

Richmond, W. (1973). Enzymatic determination of total serum cholesterol. Clinical Chemistry, 20: 470-475.

Rodríguez-Lecompte, J. C., Yitbarek, A., Brady, J., Sharif, S., Cavanagh, M. D., Crow, G. and Camelo-Jaimes, G. (2012). The effect of microbial-nutrient interaction on the immune system of young chicks after early probiotic and organic acid administration. *Journal of Animal Science*. 90(7): 2246-2254.

Sen, S., Ingale, S. L., Kim, Y. W., Kim, J. S., Kim, K. H., Lohakare, J. D. and Chae, B. J. (2012). Effect of supplementation of Bacillus subtilis LS 1-2 to broiler diets on growth performance, nutrient retention, caecal microbiology and small intestinal morphology. *Research in Veterinary Science*. 93(1): 264-268.

Sommerfeld, V., Schollenberger, M., Kuhn, I. and Rodehutscord, M. (2018). Interactive effects of phosphorus, calcium, and phytase supplements on products of phytate degradation in the digestive tract of broiler chickens. *Poultry Science*. 97: 1177–1188.

Taheri, H. R. and Abbasi, M. M. (2020). Effect of high-dose phytase and low calcium concentration on performance of broiler chicken given diet severely limited in nonphytate phosphorus. *Journal of Applied Poultry Research*. 29(4): 817-829.

Taheri, H. R. and Mirisakhani, L. (2020). Effect of citric acid, vitamin D3, and high-dose phytase on performance of broiler chicken fed diet severely limited in non-phytate phosphorus. *Livestock Science*. 241: 104223.

Taheri, H.R., Jabbari, Z., Adibnia, S., Shahir, M.H. and Hosseini, S.A. (2015). Effect of highdose phytase and citric acid, alone or in combination, on growth performance of broilers given diets severely limited in available phosphorus. *British Poultry Science*. 56: 708–715.

Teirlynck, E., Bjerrum, L., Eeckhaut, V., Huygebaert, G., Pasmans, F., Haesebrouck, F. and Van Immerseel, F. (2009). The cereal type in feed influences gut wall morphology and intestinal immune cell infiltration in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*. 102(10): 1453-1461.

Vieira, B. S., Silva, F. G., Oliveira, C. F. S., Correa, A. B., Junior, J. C. and Correa, G. S. S. (2017). Does citric acid improve performance and bone mineralization of broilers when combined with phytase? A systematic review and meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 232: 21-30.

Vieria, B. S., Caramori Junior, J. G., Oliveira, C. F. S. and Correa, G. S. S. (2018). Combination of phytase and organic acid for broilers: role in mineral digestibility and phytic acid degradation. *World's Poultry Science Journal*. 74: 711-726.

Walters, H. G., Coelho, M., Coufal, C. D. and Lee, J. T. (2019). Effects of increasing phytase inclusion levels on broiler performance, nutrient digestibility, and bone mineralization in low-phosphorus diets. *Journal of Applied Poultry Research*. 28(4): 1210-1225.

Wang, J. P., Lee, J. H., Yoo, J. S., Cho, J. H., Kim, H. J. and Kim, I. H. (2010). Effects of phenyllactic acid on growth performance, intestinal microbiota, relative organ weight, blood characteristics, and meat quality of broiler chicks. *Poultry Science*. 89(7): 1549-1555.

Wang, X. X., Hoffland, E., Feng, G. and Kuyper, T. W. (2017). Phosphate uptake from phytate due to hyphae-mediated phytase activity by arbuscular mycorrhizal maize. Frontiers in plant science, 8: 1-8.

Wang, Y., Ye, X., Ding, G. and Xu, F. 2013. Overexpression of phyA and appA genes improves soil organic phosphorus utilisation and seed phytase activity in Brassica napus. Plos One, 8(4): 1-9.

Woyengo, T. A., Slominski, B. A. and Jones, R. O. (2010). Growth performance and nutrient utilization of broiler chickens fed diets supplemented with phytase alone or in combination with citric acid and multicarbohydrase. *Poultry science*. 89(10): 2221-2229.

Xu, Y., Stark, C.R., Ferket. P.R., Williams, C.M. and Brake, J. (2015). Effects of feed form and dietary coarse ground corn on broiler live performance, body weight uniformity, relative gizzard weight, excreta nitrogen, and particle size preference behaviors. *Poultry Science*. 94(7): 1549-1556.

Yang, Y., Iji, P. A. and Choct, M. (2009). Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World's Poultry Science Journal*. 65(1): 97-114.

Yeung, S. L., Cheng, C., Lui, T. K., Tsang, J. S., Chan, W. T. and Lim, B. L. (2009). Purple acid phosphatase-like sequences in prokaryotic genomes and the characterization of an atypical purple alkaline phosphatase from Burkholderia cenocepacia J2315. *Gene*. 440(1-2): 1-8.

Ying, P., Wang, W., Duan, W., Blachier, F., Xu-gang, S., Wang, Y. and Pan, J. (2011). Effects of KDN phytase on the performance and Ca and P metabolism of broilers fed low phosphorus diets. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 9: 348-352.