

اثر سطوح مختلف اسیدیفایر در آب آشامیدنی روی عملکرد رشد، برخی فراسنجه‌های خونی و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف اسیدیفایر در آب آشامیدنی بر عملکرد رشد، برخی فراسنجه‌های خونی و جمعیت میکروبی سکوم در جوجه‌های گوشتی انجام شد. در این آزمایش از ۲۴۰ قطعه جوجه یکروزه گوشتی (مخلوط هر دو جنس) سویه راس ۳۰۸ به مدت ۴۲ روز استفاده شد. جوجه‌ها به ۴ گروه (تیمار) که هر تیمار دارای ۶ پن و در هر پن ۱۰ پرند بود به‌طور تصادفی بر اساس میانگین وزن یکسان در قالب طرح کاملاً تصادفی تقسیم شدند. جیره‌های آزمایشی شامل، ۱- شاهد (فاقد اسیدیفایر)، ۲- تیمار ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی، ۳- تیمار ۴۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی و ۴- تیمار ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی بودند. نتایج نشان داد که در مصرف خوراک، تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر دارای بالاترین مصرف خوراک در دوره آغازین، پایانی و کل دوره بودند ($p < 0.05$). در افزایش وزن بدن، تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر دارای بالاترین افزایش وزن بدن در دوره آغازین، رشد و کل دوره بودند ($p < 0.05$). در ضریب تبدیل خوراک، تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در دوره رشد دارای پایین‌ترین ضریب تبدیل خوراک بودند ($p < 0.05$). در صفات لاشه، تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر دارای بالاترین درصد لاشه، درصد سینه و درصد ران‌ها بودند ($p < 0.05$). در فراسنجه‌های خونی، تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر نسبت به گروه شاهد دارای بالاترین غلظت گلوکز و HDL و نیز پایین‌ترین غلظت تری‌گلیسرید خون بودند ($p < 0.05$). در جمعیت میکروبی سکوم، تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر نسبت به گروه شاهد دارای پایین‌ترین جمعیت باکتری کلی‌فرم بودند ($p < 0.05$). به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن اسیدیفایر در سطوح ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر در آب آشامیدنی سبب بهبود عملکرد رشد، خصوصیات کمی لاشه و کاهش جمعیت باکتری کلی‌فرم سکوم جوجه‌های گوشتی شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آلی، عملکرد رشد، جمعیت میکروبی سکوم، جوجه گوشتی

۱. مقدمه

مخاطرات استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها شامل مقاومت‌شدن عوامل بیماری‌زا، ایجاد اختلال در تعادل میکروبی و ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی (Haque et al., 2010)، محققین صنعت طیور را بر آن داشت تا به دنبال یافتن جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها برآیند که ضمن تحریک رشد سریع جوجه‌های گوشتی، تهدیدات کمتری برای سلامتی حیوانات پرورشی و مصرف‌کننده نهایی (انسان) داشته باشد. به همین دلیل، از سال ۲۰۰۶ مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره حیوانات به عنوان مواد افزودنی محرک رشد در کشورهای اتحادیه اروپا کاملاً ممنوع شد (Castanon, 2007). امروزه مخلوط‌هایی از انواع اسیدهای آلی که اسیدیفایر خوانده می‌شوند توسط شرکت‌های مختلف به صورت انبوه تولید می‌شود و به‌منظور بهبود عملکرد تولیدی مزارع مرغ گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Stefanello et al., 2020). برخی از شناخته‌شده‌ترین اسیدهای آلی مورد استفاده در ساخت اسیدیفایرها شامل اسید لاکتیک، اسید پروپیونیک، اسید فرمیک، اسید استیک، اسید سیتریک، اسید اکسالیک، اسید فوماریک و اسید اوریک هستند (Khan and Iqbal, 2016). از آنجایی که مکمل‌های اسیدهای آلی می‌توانند شامل یک نوع اسید به تنهایی و یا مخلوطی از چندین نوع اسید باشند و در ضمن فاقد اثرات سوء بر حیوانات و انسان هستند، بنابراین اتحادیه اروپا اجازه استفاده از اسیدهای آلی و نمک‌های آنها را به پرورش دهندگان طیور داده است (Marín-Flamand et al., 2014). در طی سال‌های اخیر، توجه روز افزونی به تأثیر اسیدهای آلی

بر بهبود راندمان مصرف خوراک و عملکرد طیور شده و با منع مصرف محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی، استفاده از آنها امروزه اهمیت بیشتری یافته است (Vlaicu *et al.*, 2021). گزارش‌های متعددی نشان دادند استفاده از اسیدهای آلی در تغذیه جوجه‌های گوشتی در بهبود عملکرد رشد (Hamid *et al.*, 2018; Rahnama Ghaleroudkhani *et al.*, 2022) و افزایش جمعیت میکروب‌های مفید دستگاه گوارش (Khan *et al.*, 2013) موثر هستند. اسیدهای آلی می‌توانند از طریق کاهش pH روده، میکروارگانیسم‌های مضر روده را نیز کاهش داده و سبب افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید شوند (Ma *et al.*, 2021). افزودن مقادیر بسیار کم افزودنی‌ها به خوراک و مخلوط کردن آن به‌طور یکنواخت کار ساده‌ای نیست، در نتیجه احتمال اینکه برخی از پرندگان مقادیر نامناسب افزودنی را دریافت نمایند، زیاد است. همچنین کاهش خوراک مصرفی در شرایط تنش و بیماری موجب دریافت ناکافی افزودنی‌های مورد نظر می‌شود. لذا به‌منظور اطمینان از دریافت مقادیر لازم افزودنی‌ها، پیشنهاد شده است که ترکیباتی مانند اسیدهای آلی در آب آشامیدنی اضافه شوند (Nourmohammadi *et al.*, 2010). علاوه بر این، اسیدی کردن آب آشامیدنی سبب کاهش رشد باکتری‌ها در آب و تشکیل بیوفیلم در لوله‌های آب می‌شود، لذا آلودگی آب آشامیدنی و بروز برخی بیماری‌ها مانند آنتریت باکتریایی را در جوجه‌های گوشتی کاهش می‌دهد (Pandey *et al.*, 2019). لذا هدف از انجام این آزمایش، بررسی اثرات سطوح مختلف اسیدیفایر در آب آشامیدنی بر عملکرد رشد، برخی فراسنجه‌های خونی و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی بود.

۲. پیشینه پژوهش

نتایج یک مطالعه نشان داد که استفاده از مکمل اسید آلی در آب آشامیدنی (مخلوط اسید استیک و اسید فرمیک) در سطح ۱/۵ لیتر در هر لیتر و در خوراک (مخلوط بوتیرات کپسوله شده، اسید سوربیک و ترکیبات فنولیک) در سطوح ۰/۱۵ و ۰/۱ درصد نسبت به گروه شاهد در طول دوره آغازین، رشد و کل دوره، میانگین وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشید. همچنین این محققین نشان دادند که خصوصیات ریخت‌شناسی ژژنوم نیز با مصرف مکمل اسید آلی در آب و خوراک نسبت به گروه شاهد بهبود یافت (Mustafa *et al.*, 2021). در یک تحقیق استفاده از مکمل اسید آلی در آب آشامیدنی سبب کاهش جمعیت باکتری ای‌کولای ایلئوم جوجه‌های گوشتی شد (Rahnama Ghaleroudkhani *et al.*, 2022). در یک پژوهش، مکمل اسید آلی (مخلوطی از ۳۲ درصد اسید فرمیک، ۷ درصد اسید استیک و ۲۰ درصد آمونوم فرمات) محلول در آب روی عملکرد رشد و جمعیت میکروبی سکوم اثری نداشت ولی کاهش سطح تری‌گلیسرید سرم خون در تیمار حاوی اسید آلی مشاهده شد (Han *et al.*, 2023). نتیجه یک تحقیق نشان داد که مصرف مکمل اسیدهای آلی حاوی اسید گلوکونیک و اسید سیتریک در سطوح ۱، ۲ و ۳ درصد در جیره نسبت به گروه شاهد، سبب کاهش وزن بدن جوجه‌های گوشتی در دوره رشد شد. همچنین این محققین نشان دادند که سطح ۳ درصد اسیدهای آلی نسبت به گروه شاهد سبب افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس سکوم شد (Biggs and Parsons, 2008). گزارش شده است که افزودن مکمل اسیدهای آلی در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد در آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد سبب بهبود مصرف خوراک و وزن بدن در دوره‌های رشد و پایانی جوجه‌های گوشتی شد (Fik *et al.*, 2021). استفاده از مکمل اسید آلی حاوی اسید فرمیک و اسید پروپیونیک در سطح ۰/۲ درصد در خوراک جوجه‌های گوشتی باعث بهبود در افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک و درصد سینه و ران در مقایسه با تیمار شاهد شد (Denli, 2003). افزودن ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اسید استیک (Ghazalah *et al.*, 2011) و یک درصد اسید استیک در مخلوط اسیدهای آلی (Vieira *et al.*, 2008) در جیره غذایی سبب بهبود افزایش وزن روزانه در جوجه‌های گوشتی شد. نشان داده شد که افزودن ۰/۵ درصد مکمل اسید آلی حاوی اسید لاکتیک، اسید فرمیک و اسید پروپیونیک به آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی به‌طور موثری جمعیت اشریشیاکلی و کلی فرم روده را کاهش داد (Byrd *et al.*, 2001).

۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در سالن مرغداری خصوصی واقع در استان مازندران، حومه شهرستان قائمشهر از ۱۰ مهر تا ۲۲ آبان ماه ۱۴۰۳ بود. پرورش در سالنی به ابعاد ۳×۱۴×۳۵ متر و با استفاده از ۲۴۰ قطعه جوجه یکروزه گوشتی (مخلوط هر دو جنس) سویه راس ۳۰۸، در

قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار و در هر پن (به طول ۱/۶، عرض ۰/۸ و ارتفاع ۱ متر) ۱۰ قطعه جوجه گوشتی با میانگین وزن یکسان (۴۵±۲ گرم) در هر واحد آزمایشی انجام شد. در تمام طول دوره پرورش آب و خوراک به صورت آزاد در اختیار پرندها قرار داشت. جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم افزار UFFDA بر اساس راهنمای احتیاجات غذایی جوجه‌های گوشتی سوبه راس (۲۰۱۸) و با توجه به یکسانی انرژی متابولیسم و پروتئین خام برای تمام سطوح در هر دوره تهیه و تنظیم شد. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) شاهد (فاقد اسیدیفایر)، (۲) تیمار ۲۰۰ میلی لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی، (۳) تیمار ۴۰۰ میلی لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی و (۴) تیمار ۶۰۰ میلی لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی بودند. اسیدیفایر تجاری مورد استفاده در این تحقیق ترکیبی از اسیدهای آلی فرمیک (۵۰ درصد)، پروپیونیک (۱۵/۳ درصد)، لاکتیک (۵ درصد)، سیتریک (۱/۷ درصد) و سوربیک (۰/۹ درصد) بود. طبق توصیه شرکت سازنده مقدار مصرف این اسید آلی، یک لیتر در هر ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی پرند بود که نسبت‌های مورد استفاده این محصول در تحقیق حاضر با توجه به این توصیه در نظر گرفته شد.

جدول ۱. ترکیب و اجزای تشکیل دهنده جیره‌های غذایی پایه مورد استفاده در دوره آغازین، رشد و پایانی

پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)	رشد (۲۴-۱۱ روزگی)	آغازین (۱۰-۱ روزگی)	اقلام خوراکی
۵۸/۳۲	۵۵/۱۰	۵۰/۱۵	دانه ذرت
۳۳/۴۵	۳۶/۱۹	۴۱/۰۳	کنجاله سویا
۴/۳۴	۴/۵۱	۴/۱۲	روغن سویا
۱/۴۷	۱/۵۸	۱/۵۶	دی کلسیم فسفات
۱/۱۳	۱/۱۶	۱/۵۱	کرینات کلسیم
۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	نمک
۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	مکمل معدنی- ویتامینی*
۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۴۱	دی-ال متیونین
۰/۱۴	۰/۲۴	۰/۳۳	ال- لیزین هیدروکلراید
			ترکیبات شیمیایی محاسبه شده
۳۱۰۰	۳۰۵۰	۲۹۵۱	AMEn (کیلوکالری در کیلوگرم)
۱۹/۶۷	۲۱/۳۹	۲۲/۸۸	پروتئین خام (درصد)
۱/۱۳	۱/۲۵	۱/۴۲	لیزین (درصد)
۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۶۳	متیونین (درصد)
۰/۸۸	۰/۹۷	۱/۰۸	متیونین+سیستین (درصد)
۱/۴۱	۱/۵۲	۱/۶۲	آرژنین (درصد)
۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹۴	ترئونین (درصد)
۰/۸۶	۰/۹۱	۱/۰۴	کلسیم (درصد)
۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۶	فسفر قابل دسترس (درصد)
۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	سدیم (درصد)

* مکمل ویتامینی در هر کیلوگرم جیره تأمین کننده: ویتامین A ۱۰/۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D₃ ۳۵۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E ۶۰ میلی گرم، ویتامین K₃ میلی گرم، ویتامین B₁₂ ۰/۰۱ میلی گرم و نیاسین ۴۵ میلی گرم، اسید پنتوتینیک ۱۱ میلی گرم، اسید فولیک یک میلی گرم، بیوتین ۰/۱۵ میلی گرم، و مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره تأمین کننده: آهن ۵۰ میلی گرم، منگنز ۱۰۰ میلی گرم، روی ۸۵ میلی گرم، مس ۱۰ میلی گرم، ید ۱ میلی گرم و سلنیوم ۰/۲ میلی گرم بود.

توزین جوجه‌ها و نیز اندازه‌گیری مقادیر خوراک مصرفی (به صورت آردی) برای تمام واحدهای آزمایشی در دوره‌های ۱ تا ۱۰ روزگی، ۱۱ تا ۲۴ روزگی و ۲۵ تا ۴۲ روزگی انجام شد. به منظور افزایش دقت در اندازه‌گیری افزایش وزن بدن، دانخوری‌ها دو ساعت قبل از توزین از دسترس جوجه‌ها خارج می‌شد و برای جوجه‌های تلف شده نیز تصحیح انجام می‌گرفت. مقدار خوراک مصرفی برای هر جوجه به صورت روزانه با استفاده از فرمول روز مرغ به دست آمد و ضریب تبدیل خوراک برای هر واحد آزمایشی از تقسیم مقدار خوراک مصرفی بر افزایش وزن بدن در هر دوره پرورش محاسبه شد. جهت بررسی ویژگی‌های قطعات لاشه و نیز جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی، در پایان آزمایش (۴۲ روزگی) یک قطعه جوجه نر و یک قطعه جوجه ماده از هر تکرار با

وزن بدن نزدیک به میانگین وزن تکرار انتخاب و پس از ۴ تا ۵ ساعت گرسنگی (به منظور حداقل کردن اثر وزن محتویات دستگاه گوارش و خالی ماندن)، دوباره وزن کشی و به روش بریدن حلال گردن کشتار شدند (Hussein et al., 2020). ویژگی‌های لاشه شامل وزن لاشه، سینه، ران‌ها، بال و پشت گردن، کبد، سنگدان و چربی بطنی اندازه‌گیری سپس درصد آنها نسبت به وزن لاشه محاسبه شد. در روز ۴۲ آزمایش برای بررسی جمعیت میکروبی سکوم، پس از باز کردن حفره شکمی، ناحیه سکوم‌ها با قیچی استریل جدا و محتویات نیمه انتهایی آنها به داخل قوطی‌های استریل تخلیه و برای بررسی جمعیت کل میکروبی (توتال کانت)، کلی فرم و لاکتوباسیل استفاده شد. برای رقیق کردن نمونه‌ها از روش پی در پی (به نسبت ۱ به ۱۰) در محلول استریل یک در هزار نمک طعام استفاده شد. برای شمارش باکتری‌های کلی فرم از محیط کشت Eosin Methylene-blue agar, EM، لاکتوباسیل از محیط کشت MRS Agar و تعداد کل باکتری‌ها از محیط کشت Total Aerobic Counts, TAC استفاده شد (Smith, 1995). در سن ۴۲ روزگی دو پرنده از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و پس از خون‌گیری از ورید بال آنها به منظور اندازه‌گیری فراسنج‌های خونی (گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با دانسیته بالا^۱، لیپوپروتئین با دانسیته پایین^۲ و پروتئین کل) توسط کیت‌های تجاری (پارس آزمون) و دستگاه اتوآنالایزر مدل (RA1000) مورد آزمایش قرار گرفت.

داده‌های به دست آمده ابتدا برای توزیع نرمال آزمون شدند، در مواردی که توزیع داده‌ها نرمال نبود داده‌ها تبدیل شدند و در نهایت تمامی داده‌هایی که توزیع نرمال داشتند با استفاده از رویه GLM نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از ۲۴۰ قطعه جوجه یکروزه گوشتی سویه راس ۳۰۸ با ۴ گروه (تیمار) که هر تیمار دارای ۶ پن و در هر پن ۱۰ پرنده بود بر اساس میانگین وزن یکسان انجام شد. مدل ریاضی طرح آماری مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه Y_{ij} مقدار هر مشاهده، میانگین جامعه، T_i اثر تیمار و E_{ij} خطای آزمایش است. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند.

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. عملکرد

نتایج به دست آمده در جدول ۲ نشان داد که در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($p < 0/05$). در مصرف خوراک، تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی دارای بالاترین مصرف خوراک در دوره آغازین، پایانی و کل دوره بودند. در افزایش وزن بدن، تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی دارای بالاترین افزایش وزن بدن در دوره آغازین، رشد و کل دوره بودند. نتایج ضریب تبدیل خوراک نشان داد که در دوره رشد تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($p < 0/05$). تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی دارای پایین‌ترین ضریب تبدیل خوراک بودند.

1- HDL

2- LDL

جدول ۲. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف آزمایش

سطح اسیدیفایر مصرفی*	مصرف خوراک (گرم)			افزایش وزن بدن (گرم)			ضریب تبدیل خوراک		
	آغازین (۱-۱۰ روزگی)	رشد (۱۱-۲۴ روزگی)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی)	آغازین (۱-۱۰ روزگی)	رشد (۱۱-۲۴ روزگی)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی)	پایانی (۱-۱۰ روزگی)	رشد (۱۱-۲۴ روزگی)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی)
گروه شاهد (صفر)	۲۱۵ ^b	۱۱۳۴	۳۵۵۸ ^b	۱۹۰ ^b	۷۹۵ ^b	۱۲۱۰	۱/۱۲	۱/۴۴ ^a	۱/۸۵
۲۰۰	۲۲۰ ^b	۱۱۵۱	۳۶۰۶ ^b	۱۹۵ ^b	۸۱۵ ^b	۱۲۲۱	۱/۱۲	۱/۴۳ ^a	۱/۸۶
۴۰۰	۲۳۵ ^a	۱۱۶۰	۳۷۰۵ ^a	۲۱۴ ^a	۸۶۱ ^a	۱۲۵۸	۱/۰۹	۱/۳۳ ^b	۱/۸۷
۶۰۰	۲۴۴ ^a	۱۱۶۵	۳۷۳۶ ^a	۲۲۲ ^a	۸۸۴ ^a	۱۲۷۹	۱/۱۰	۱/۳۲ ^b	۱/۸۴
خطای استاندارد میانگین سطح	۴/۷۸	۱۵/۴۴	۲۲/۲۳	۴/۷۸	۱۲/۲۵	۳۴/۶۱	۳۱/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۴
معنی‌داری	۰/۰۲۰	۰/۱۲۹	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۹۷	۰/۰۳۱	۰/۰۱۵	۰/۳۷۸

* مقادیر مصرف اسیدیفایر در هر ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی بود.

میانگین‌های هر ستون حداقل با یک حرف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال اشتباه ۰/۰۵ نمی‌باشند.

۲.۴. صفات لاشه

نتایج اجزای لاشه و اندام‌های داخلی جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ نشان داد که در درصد لاشه، درصد سینه و درصد ران‌ها تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($p < 0.05$). تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی دارای بالاترین درصد لاشه، درصد سینه و درصد ران‌ها بودند. در صفات اندام‌های داخلی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت.

جدول ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد اجزای لاشه و اندام‌های داخلی جوجه‌های گوشتی در پایان آزمایش

سطح اسیدیفایر مصرفی*	صفات					
	لاشه (درصد)	سینه (درصد)	ران‌ها (درصد)	بال+پشت‌گردن (درصد)	کبد (درصد)	سنگدان (درصد)
گروه شاهد (صفر)	۶۳/۷ ^b	۲۱/۲ ^b	۱۸/۸ ^b	۱۴/۴	۲/۲۸	۱/۵۹
۲۰۰	۶۵/۵ ^b	۲۲/۴ ^b	۱۹/۳ ^a	۱۴/۵	۲/۲۱	۱/۵۴
۴۰۰	۶۸/۱ ^a	۲۴/۶ ^a	۲۰/۰ ^a	۱۴/۶	۲/۲۶	۱/۶۰
۶۰۰	۶۹/۸ ^a	۲۴/۹ ^a	۲۰/۵ ^a	۱۵/۱	۲/۱۳	۱/۵۷
خطای استاندارد میانگین سطح	۰/۷۴	۰/۴۸	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۰۹	۰/۰۴
معنی‌داری	۰/۰۰۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۱	۰/۵۶۳	۰/۷۱۹	۰/۴۲۵

* مقادیر مصرف اسیدیفایر در هر ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی بود.

میانگین‌های هر ستون حداقل با یک حرف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال اشتباه ۰/۰۵ نمی‌باشند.

۳.۴. فراسنجه‌های خونی

نتایج برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ نشان داد که در غلظت گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید و HDL تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($p < 0.05$). تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد دارای بالاترین غلظت گلوکز خون بودند. تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد و تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی دارای پایین‌ترین غلظت کلسترول خون بودند. تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد دارای پایین‌ترین غلظت تری‌گلیسرید خون بودند. تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد دارای بالاترین غلظت HDL خون بودند.

جدول ۴. اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در پایان آزمایش

سطح اسیدیفایر مصرفی* / فراسنجه‌ها	گلوکز (میلی‌گرم در دسی لیتر)	کلسترول (میلی‌گرم در دسی لیتر)	تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در دسی لیتر)	HDL ^۱ (میلی‌گرم در دسی لیتر)	LDL ^۲ (میلی‌گرم در دسی لیتر)	پروتئین کل (گرم در دسی لیتر)
گروه شاهد (صفر)	۲۱۹/۵ ^b	۱۲۱/۳ ^a	۵۱/۴ ^a	۲۴/۷ ^b	۶۶/۳	۲/۴۴
۲۰۰	۲۴۶/۷ ^a	۱۱۹/۵ ^a	۴۳/۶ ^b	۳۲/۰ ^a	۶۴/۶	۲/۲۵
۴۰۰	۲۵۰/۴ ^a	۱۰۲/۴ ^b	۴۱/۳ ^b	۳۴/۳ ^a	۶۰/۳	۲/۳۴
۶۰۰	۲۵۲/۰ ^a	۱۰۸/۶ ^b	۴۰/۰ ^b	۳۸/۶ ^a	۵۷/۱	۲/۲۱
خطای استاندارد میانگین	۸/۴۷	۴/۱۰	۲/۶۵	۴/۱۴	۳/۲۶	۰/۰۷
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۲	۰/۰۴۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۲	۰/۴۲۶	۰/۵۲۳

* مقادیر مصرف اسیدیفایر در هر ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی بود.

میانگین‌های هر ستون حداقل با یک حرف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال اشتباه ۰/۰۵ نمی‌باشند.

^۱HDL: لیوپروتئین بادانسیته بالا و ^۲LDL: لیوپروتئین بادانسیته پایین

۴.۴. جمعیت میکروبی سکوم

نتایج جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در جدول ۵ نشان داد که در جمعیت باکتری کلی‌فرم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($p < 0.05$). نتایج نشان داد که تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد دارای پایین‌ترین جمعیت باکتری کلی‌فرم بودند.

جدول ۵. اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در پایان آزمایش (log cfu/g)

لاکتوباسیل	کلی فرم	باکتری کل	سطح اسیدیفایر مصرفی* /نوع باکتری‌ها
۵/۸۸	۵/۷۸ ^a	۶/۵۵	گروه شاهد (صفر)
۶/۱۴	۵/۳۳ ^b	۶/۳۸	۲۰۰
۶/۲۵	۵/۰۱ ^b	۶/۶۰	۴۰۰
۶/۳۳	۴/۷۸ ^b	۶/۴۵	۶۰۰
۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۳	خطای استاندارد میانگین
۰/۰۶۹	۰/۰۰۲	۰/۷۴۲	سطح معنی‌داری

مقادیر مصرف اسیدیفایر در هر ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی بود.

میانگین‌های هر ستون حداقل با یک حرف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال اشتباه ۰/۰۵ نمی‌باشند.

۵. بحث

یافته‌های این پژوهش در بخش عملکرد نشان داد که در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره استفاده از سطوح ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به سایر تیمارها سبب افزایش مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی شد. همسو با این نتایج، گزارش شده است که افزودن مکمل اسیدهای آلی در سطح ۱/۵ درصد نسبت به گروه شاهد و سطوح ۰/۵ و ۱ درصد در آب آشامیدنی سبب بهبود مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی شد (Fik et al., 2021). نتایج تحقیق حاضر و سایر محققین نشان داد که افزایش سطح اسیدیفایر در خوراک (Mantzios et al., 2023؛ Guo et al., 2022) و آب آشامیدنی (Mustafa et al., 2021) می‌تواند در افزایش مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی مؤثر باشد. در تحقیق حاضر یکی از دلایل احتمالی افزایش میزان خوراک مصرفی در تیمارهای حاوی سطوح بالاتر اسیدیفایر (۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر در آب آشامیدنی) می‌تواند به خاطر وجود اسید پروپیونیک در ترکیب اسید آلی مورد استفاده باشد، چرا که اسید پروپیونیک بر میزان اشتها و خوشخوراکی جیره اثر مثبت دارد (Haque et al., 2009). در اثبات این موضوع گزارش شد که افزودن ۰/۵ درصد مکمل اسید آلی حاوی اسید فرمیک و اسید پروپیونیک به آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی به‌طور مؤثری با کاهش جمعیت اشریشیاکلی و کلی‌فرم سکوم در بهبود عملکرد پرنده مؤثر بود (Byrd et al., 2001). افزایش زیست‌فراهمی و جذب بهتر مواد مغذی (Vale et al., 2004) و کاهش جمعیت باکتری‌های مضر ناحیه سکوم (Khan et al., 2013) می‌تواند از دلایل دیگر بهبود مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی مصرف‌کننده اسیدیفایر محلول در آب آشامیدنی باشد. به‌طور کلی، نتایج ضد و نقیضی در ارتباط با اثر اسیدهای آلی بر عملکرد طیور وجود دارد. این اثرات وابسته به شکل شیمیایی اسید، گونه‌های باکتریایی دستگاه گوارش، گونه حیوان مورد مطالعه، و روش مصرف اسیدهای آلی می‌باشد (Hernandez et al., 2006). در این راستا، نتایج یک مطالعه نشان داد که اسیدیفایر محلول در آب آشامیدنی (مخلوط اسید استیک و اسید فرمیک) و مخلوط در خوراک (مخلوط بوتیرات کپسوله شده، اسید سوربیک و ترکیبات فنولیک) نسبت به گروه شاهد در طول دوره رشد و کل دوره در بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی مؤثر بود (Mustafa et al., 2021). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزایش سطح اسیدیفایر در آب آشامیدنی برخلاف اسیدهای آلی مخلوط در خوراک نه تنها باعث کاهش مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی نشد، بلکه در بهبود مصرف خوراک نیز مؤثر بود. در تأیید این نتایج، بیان شد که مصرف مکمل اسیدهای آلی حاوی اسید گلوکونیک و اسید سیتریک در سطوح بالاتر (۲ و ۳ درصد) در جیره نسبت به گروه شاهد، به دلیل کاهش خوشخوراکی جیره، سبب کاهش مصرف خوراک و در ادامه کاهش وزن بدن جوجه‌های گوشتی در دوره رشد شد (Biggs and Parsons, 2008).

بررسی افزایش وزن بدن در تحقیق حاضر نشان داد مصرف مکمل‌های اسیدیفایر در سطوح ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی سبب بهبود افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی شد. همسو با این نتایج، بیان شد که افزودن اسیدیفایر در سطوح بالا (۱/۵ درصد) نسبت به گروه شاهد و سطوح پایین‌تر (۰/۵ و ۱ درصد) در آب آشامیدنی سبب بهبود وزن بدن جوجه‌های گوشتی در دوره‌های رشد و پایانی شد (Fik et al., 2021). بهبود وزن بدن در دوره رشد در اثر مصرف ۰/۱۵ درصد مکمل اسید آلی در خوراک

(Sadeghian *et al.*, 2023) و نیز در کل دوره در اثر مصرف ۰/۲ درصد مکمل اسیدهای آلی حاوی مخلوط اسید لاکتیک، اسید فرمیک و اسید پروپیونیک (Hesabi Nameghi *et al.*, 2023) در جوجه‌های گوشتی مشاهده شد. همچنین Ali *et al.* (2020) بیان کردند که جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده اسید فرمیک، اسید لاکتیک، اسید پروپیونیک و اسید سیتریک در سطح یک درصد در آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد دارای بالاترین وزن بدن در کل دوره بودند. در یک مطالعه افزودن مکمل اسیدهای آلی حاوی مخلوط اسید پروپیونیک، آمونوم پروپیونات، اسید فرمیک و آمونوم فرمات به آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی سبب افزایش وزن بیشتر در کل دوره پرورش شد (Hamid *et al.*, 2018). گزارش شد که جوجه‌های گوشتی مصرف‌کننده ۵۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر (شامل اسید فرمیک، پروپیونیک، لاکتیک، سیتریک و سوربیک) در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی دارای وزن بدن بالاتری در پایان ۴۲ روزگی بودند (Rahnama Ghaleroudkhani *et al.*, 2022). اثرگذاری بیشتر اسیدهای آلی محلول در آب آشامیدنی روی کاهش جمعیت باکتری‌های مضر دستگاه گوارش نسبت به شکل مخلوط در خوراک (Sultan *et al.*, 2014)، می‌تواند یکی از دلایل احتمالی بهبود مصرف خوراک و در نتیجه افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی در تحقیق حاضر باشد.

نتایج ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در تحقیق حاضر نشان داد که در دوره رشد پرندگان مصرف‌کننده سطوح ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به سایر گروه‌ها دارای پایین‌ترین ضریب تبدیل خوراک بودند. همسو با این نتایج، چندین مطالعه گزارش دادند که مکمل اسیدهای آلی به‌صورت محلول در آب (Namaghi *et al.*, 2013; Ali *et al.*, 2020) و مخلوط در خوراک (صادقیان و همکاران، ۱۴۰۲؛ Vinolya *et al.*, 2021؛ Serrano-Gamboa *et al.*, 2023) سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی شدند. بهبود در مصرف خوراک و نیز بهبود در وزن بدن جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده سطوح بالاتر اسیدیفایر در تحقیق حاضر می‌تواند در کاهش ضریب تبدیل خوراک موثر باشد (Anand *et al.*, 2018). تفاوت در نتایج مشاهده شده می‌تواند به دلیل نوع اسیدهای آلی مصرفی، نسبت اسیدهای آلی مورد استفاده در محصول، اکوسیستم میکروبی دستگاه گوارش پرندگان و یا مقاومت باکتری موردنظر در مقابل خاصیت باکتریوسیدی یا باکتریواستاتیک اسیدهای آلی باشد (Wang *et al.*, 2009). در تحقیقی نشان داده شد که افزودن اسید آلی به آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در کل دوره پرورش شد (Hamid *et al.*, 2018). نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که آب آشامیدنی اسیدی‌شده می‌تواند pH روده را تغییر دهد و با کاهش باکتری‌های مضر روده، تأثیر مثبتی بر تعادل میکرو فلور دستگاه گوارش و عملکرد رشد دارد. تغییرات مورفولوژیکی مخاط روده می‌تواند تا حدی بهبود ضریب تبدیل خوراک توسط آب آشامیدنی اسیدی‌شده را توضیح دهد (Samanta *et al.*, 2010).

نتایج صفات لاشه در تحقیق حاضر نشان داد که تیمارهای حاوی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد و تیمار ۲۰۰ میلی‌لیتر اسیدیفایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی دارای بالاترین درصد لاشه، درصد سینه و درصد ران‌ها بودند. بهبود وزن لاشه با مصرف مکمل اسید آلی (اسید فرمیک) در سطح یک گرم در هر کیلوگرم خوراک در جوجه‌های گوشتی نشان داده شد (Iqbal *et al.*, 2021). استفاده از مکمل اسید آلی حاوی اسید فرمیک و اسید پروپیونیک در سطح ۰/۲ درصد در خوراک جوجه‌های گوشتی باعث بهبود در افزایش وزن بدن و در ادامه افزایش درصد سینه و ران‌ها در مقایسه با گروه شاهد شد (Denli, 2003). افزایش درصد لاشه با مصرف ۰/۵ و ۱ درصد اسید فرمیک و اسید استیک و نیز ۲ و ۳ درصد اسید سیتریک در مقایسه با گروه شاهد (Elnaggar & El-kelawy, 2024) و ۲ درصد اسید سیتریک نسبت به گروه شاهد و یک درصد اسید استیک (Abou-Ashour *et al.*, 2020) در جوجه‌های گوشتی مشاهده شد. هضم بهتر و سرعت انتقال آهسته‌تر از طریق روده به دلیل تغذیه با اسید آلی باعث بهبود جذب مواد مغذی و در ادامه منجر به بهبود صفات کمی لاشه می‌شود (Al-Ghamdi, 2023). علاوه بر این، پروتئولیز و هضم بهتر پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه باعث عضله‌سازی بهتر می‌شود. این ممکن است دلیل دیگری برای بهبود صفات لاشه توسط اسیدهای آلی در تحقیق حاضر باشد (Hossain and Nargis, 2016).

نتایج برخی فراسنجه‌های خونی در تحقیق حاضر نشان داد که بالاترین غلظت گلوکز، بالاترین غلظت HDL و پایین‌ترین غلظت تری‌گلیسرید در تیمار حاوی ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدی‌فایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی و پایین‌ترین غلظت کلسترول در تیمار حاوی ۴۰۰ میلی‌لیتر اسیدی‌فایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی مشاهده شد. همسو با نتایج تحقیق حاضر، گزارش شد که مکمل اسید آلی (مخلوطی از ۳۲ درصد اسید فرمیک، ۷ درصد اسید استیک و ۲۰ درصد آمونیوم فرمات) محلول در آب آشامیدنی سبب کاهش سطح تری‌گلیسرید سرم خون در جوجه‌های گوشتی شد (Han et al., 2023). همچنین در یک مطالعه بیان شد که تیمارهای حاوی مکمل اسیدهای آلی (اسید لاکتیک، اسید فرمیک و اسید پروپیونیک) محلول در آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد دارای پایین‌ترین غلظت تری‌گلیسرید و بالاترین غلظت HDL سرم خون در جوجه‌های گوشتی بودند (Hesabi Nameghi et al., 2023). افزایش سطح گلوکز و کاهش غلظت LDL خون با مصرف مکمل اسید آلی (اسید فرمیک) در سطح یک گرم در هر کیلوگرم خوراک در جوجه‌های گوشتی گزارش شد (Iqbal et al., 2021). اثر مفید اسیدهای آلی در کاهش لیپیدهای خون ممکن است در نتیجه اثر آن بر کاهش pH داخل سلول میکروبه‌های مضر باشد که سلول را مجبور به صرف انرژی جهت بیرون‌راندن پروتون‌های هیدروژنه کرده و در نتیجه سلول برای تأمین انرژی خود از لیپیدهای مواد هضمی استفاده می‌کند (Aziz et al., 2010). در توافق با نتایج آزمایش حاضر، Taherpour et al. (2009) بیان کردند که سطح ۲ و ۳ کیلوگرم مکمل اسید آلی (اسید بوتیریک) در هر تن خوراک نسبت به گروه شاهد دارای بالاترین غلظت HDL و پایین‌ترین سطح LDL سرم خون در جوجه‌های گوشتی بود.

نتایج جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در تحقیق حاضر نشان داد که تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر اسیدی‌فایر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد دارای پایین‌ترین جمعیت باکتری کلی‌فرم بودند. در یک پژوهش تیمارهای حاوی ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر مکمل تجاری اسید آلی در آب آشامیدنی نسبت به گروه شاهد سبب کاهش جمعیت باکتری ای‌کولای ایلئوم جوجه‌های گوشتی شد (Rahnama Ghalehroudkhani et al., 2022). اسیدهای آلی سبب اسیدی‌شدن یکنواخت دستگاه گوارش می‌شوند و در نتیجه با کاهش pH دستگاه گوارش طیور، میکروبه‌های مضر را از محیط حذف می‌کنند (Ma et al., 2021). اسیدهای آلی بیشترین اثر باکتری‌کشی را بر باکتری‌های گرم منفی دارند. این باکتری‌ها در مقایسه با باکتری لاکتوباسیلوس مقاومت کمتری به محیط اسیدی دارند (Kovanda et al., 2019). در یک مطالعه آثار ترکیب اسید آلی در سطوح ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌لیتر، نشان داده شد که سطح ۲ میلی‌لیتر اسید آلی در لیتر آب آشامیدنی از این اسید آلی سبب کاهش جمعیت سالمونلا و اشریشیاکلی روده جوجه‌های گوشتی شد (Khan et al., 2013). در مطالعه دیگری گزارش شد که استفاده از سطح ۰/۲ درصد اسید پروپیونیک و فرمیک در جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش تعداد باکتری‌های گرم منفی ناحیه ایلئوم و سکوم در ۴۲ روزگی شد (Gunal et al., 2006). نتایج یک تحقیق اخیر نشان داد که جمعیت باکتری‌های اشریشیاکلی و سالمونلا ایلئوم جوجه‌های گوشتی با مصرف مکمل اسیدهای آلی (۲۰/۷ درصد اسید فرمیک و ۱۲/۸ درصد اسید پروپیونیک) در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خوراک کاهش یافت (Islam et al., 2024). در یک مطالعه بیان شد که افزودن ۰/۲ گرم در هر کیلوگرم اسید فسفریک به جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش جمعیت سالمونلا و اشریشیاکلی سکوم شد، ولی روی جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها اثری نداشت (Gao et al., 2021). توانایی اسیدهای آلی در مهار رشد و تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا دستگاه گوارش پرندگان در تحقیقات مختلف به اثبات رسیده است (Pham et al., 2022).

۶. نتیجه‌گیری

نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد که افزودن اسیدی‌فایر در آب آشامیدنی سبب بهبود مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، بهبود ضریب تبدیل خوراک، بهبود قطعات لاشه و نیز کاهش جمعیت باکتری کلی‌فرم سکوم شد. بنابراین استفاده از آن در سطوح ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی در کل دوره پرورش قابل توصیه است.

۷. تعارض منافع

۸. منابع

- Abou-Ashour, A. M. H., El-Naga, A., Manal, K., & Hussein, E. A. (2020). Effect of dietary supplementation with some organic acids on the performance of broiler chickens. *Menoufia Journal of Animal Poultry and Fish Production*, 4(6), 131-132. <https://doi.org/10.21608/mjapfp.2020.171549>.
- Ali, A. M., Elagrb, H. M., Hamoud, M. M., Gamal, A. M., Mousa, M. R., Nasr, S. A. E., & Ali, M. M. (2020). Effect of acidified drinking water by organic acids on broiler performance and gut health. *Adv. Animal Veterinary Science*, 8(12), 1301-1309. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.12.1301.1309>.
- Al-Ghamdi, E. S. (2023). Growth performance, carcass characteristics, and blood biochemical indices of broilers affected by dietary organic acids blend's supplementation. *Animal Biotechnology*, 34(7), 2059-2064. <https://doi.org/10.1080/10495398.2022.2068025>.
- Anand, N., Savaliya, F. P., Patel, A. B., & Bhagora, U. (2018). Effects of dietary supplementation of acidifier as an alternative to antibiotic growth promoter on feed consumption, feed conversion ratio and economics of broilers chickens. *Indian Journal of Poultry Science*, 53(3), 296-308. <https://doi.org/10.5958/0974-8180.2018.00063.6>.
- Aziz, A. A. (2010). Effect of organic acids on body weight, serum total protein, total cholesterol, glucose and cecal colonization of *Salmonella* spp. of broilers. *AL-Qadisiya Journal of Veterinary and Medical Science*, 5, 69-77.
- Aziz, A. A. A., Aziz, E. S. A. A., Khairy, M. H., Fadel, C., Giorgi, M., & Abdelaziz, A. S. (2024). The effect of butyric acid and nucleotides supplementation on broiler (*Gallus gallus domesticus*) growth performance, immune status, intestinal histology, and serum parameters. *Open Veterinary Journal*, 14(1), 324. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i1.29>.
- Brzoska, F., Śliwiński, B., & Michalik-Rutkowska, O. (2013). Effect of dietary acidifier on growth, mortality, post-slaughter parameters and meat composition of broiler chickens. *Animals of Animal Science*, 13(1), 85-96. <https://doi.org/10.2478/v10220-012-0061-z>.
- Biggs, P., & Parsons, C. M. (2008). The effects of several organic acids on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. *Poultry Science*, 87(12), 2581-2589. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00080>.
- Byrd, J. A., Hargis, B. M., Caldwell, D. J., Bailey, R. H., Herron, K. L., McReynolds, J. L., & Kubena, L. F. (2001). Effect of lactic acid administration in the drinking water during preslaughter feed withdrawal on *Salmonella* and *Campylobacter* contamination of broilers. *Poultry Science*, 80(3), 278-283. <https://doi.org/10.1093/ps/80.3.278>.
- Castanon, J. I. R. (2007). History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. *Poultry Science*, 86(11), 2466-2471. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00249>.
- Denli, M. (2003). Effect of dietary probiotic, organic acid and antibiotic supplementations to diets on broiler performance and carcass yield. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 96-98. <https://doi.org/10.3923/pjn.2003.89.91>.
- Elnaggar, A. S., & El-kelawy, M. (2024). Growth performance, nutrient digestibility, and blood parameters of broiler chickens fed a diet supplemented with organic acids. *Egyptian Poultry Science Journal*, 44(1), 87-110. <https://doi.org/10.21608/epsj.2024.348121>.
- Fik, M., Hrnčár, C., Hejniš, D., Hanusová, E., Arpášová, H., & Bujko, J. (2021). The effect of citric acid on performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 54(1), 187-187.

- Fascina, V. B., Sartori, J. R., Gonzales, E., Carvalho, F. B. D., Souza, I. M. G. P. D., Polycarpo, G. D. V., & Pelícia, V. C. (2012). Phytogetic additives and organic acids in broiler chicken diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 2189-2197. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001000008>.
- Gao, C. Q., Shi, H. Q., Xie, W. Y., Zhao, L. H., Zhang, J. Y., Ji, C., & Ma, Q. G. (2021). Dietary supplementation with acidifiers improves the growth performance, meat quality and intestinal health of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 7(3), 762-769. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.01.005>.
- Ghazalah, A. A., Atta, A. M., Elkloub, K., Moustafa, M. E. L., & Riry, F. S. (2011). Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, nutrients digestibility and health of broiler chicks. *Journal of Poultry Science*, 10(3), 176-184. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.176.184>.
- Guo, Y. J., Wang, Z. Y., Wang, Y. S., Chen, B., Huang, Y. Q., Li, P., & Chen, W. (2022). Impact of drinking water supplemented 2-hydroxy-4-methylthiobutyric acid in combination with acidifier on performance, intestinal development, and microflora in broilers. *Poultry Science*, 101(3), 101661. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101661>.
- Gunal, M., Yayli, G., Kaya, O., Karahan, N., & Sulak, O. (2006). The effects of antibiotic growth promoter, probiotic or organic acid supplementation on performance, intestinal microflora and tissue of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 5(2), 149-155. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.149.155>.
- Hamid, H., Shi, H. Q., Ma, G. Y., Fan, Y., Li, W. X., Zhao, L. H., ... & Ma, Q. G. (2018). Influence of acidified drinking water on growth performance and gastrointestinal function of broilers. *Poultry Science*, 97(10), 3601-3609. <https://doi.org/10.3382/ps/pey212>.
- Han, M., Chen, B., Dong, Y., Miao, Z., Su, Y., Liu, C., & Li, J. (2023). Evaluation of liquid organic acids on the performance, Chyme pH, nutrient utilization, and gut microbiota in broilers under high stocking density. *Animals*, 13(2), 257. <https://doi.org/10.3390/ani13020257>.
- Haque, M. N., Chowdhury, R., Islam, K. M. S., & Akbar, M. A. (2009). Propionic acid is an alternative to antibiotics in poultry diet. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 38(1-2), 115-122. <https://doi.org/10.3329/bjas.v38i1-2.9920>.
- Haque, M. N., Islam, K. M., Akbar, M. A., Chowdhury, R., Khatun, M., Karim, M. R., & Kempainen, B. W. (2010). Effect of dietary citric acid, flavomycin and their combination on the performance, tibia ash and immune status of broiler. *Canadian Journal of Animal Science*, 90(1), 57-63. <https://doi.org/10.4141/CJAS09048>.
- Hernandez, F., Garcia, V., Madrid, J., Orengo, J., Catalá, P., & Megias, M. D. (2006). Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma metabolite levels of broiler chickens. *British Poultry Science*, 47(1), 50-56. <https://doi.org/10.1080/00071660500475574>.
- Hesabi Nameghi, A., Nasari Nejad, A., & Afkhami, M. (2023). Comparison of manufactured acidifier based citric acid with commercial sample in drinking water on performance, serum biochemical parameters, pH and intestinal morphology of broiler chickens. *Research on Animal Production*, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.61186/rap.14.39.1>. (In Persian).
- Hossain, M. E., & Nargis, F. (2016). Supplementation of organic acid blends in water improves growth, meat yield, dressing parameters and bone development of broilers. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 45(1): 7-18. <https://doi.org/10.3329/bjas.v45i1.27482>.
- Hussein, E. O. S., Suliman, G. M., Alowaimer, A. N., Ahmed, S. H., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., & Swelum, A. A. (2020). Growth, carcass characteristics, and meat quality of broilers fed a low-energy diet supplemented with a multienzyme preparation. *Poultry Science*, 99(4), 1988-1994. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.09.007>.
- Islam, Z., Sultan, A., Khan, S., Khan, K., Jan, A. U., Aziz, T., & Alasmari, A. F. (2024). Effects of an organic acids blend and coated essential oils on broiler growth performance, blood biochemical profile, gut health, and nutrient digestibility. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 152-163. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2297562>.

- Iqbal, H., Rahman, A., Khanum, S., Arshad, M., Badar, I. H., Asif, A. R., & Iqbal, M. A. (2021). Effect of essential oil and organic acid on performance, gut health, bacterial count and serological parameters in broiler. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 23(03), eRBCA-2021. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2021-1443>.
- Jia, G., Yan, J. Y., Cai, J. Y. & Wang, K. N. (2010). Effects of encapsulated and non-encapsulated compound acidifiers on gastrointestinal pH and intestinal morphology and function in weaning piglets. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 19(1), 81-92. <https://doi.org/10.22358/jafs/66272/2010>.
- Khan, S., Sultan, A., Muhammad, A., Imtiaz, N., Mobashar, M., Khan, H., & Inam, M. (2013). Lower ileal microflora and growth performance of broilers supplemented with organic acid blend (Aciflex®) during starter phase. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3(12), 794-800. <https://doi.org/10.15580/GJAS.2013.3.102913935>.
- Khan, S. H., & Iqbal, J. (2016). Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 359-369. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1079527>.
- Kovanda, L., Zhang, W., Wei, X., Luo, J., Wu, X., Atwill, E. R., & Liu, Y. (2019). In vitro antimicrobial activities of organic acids and their derivatives on several species of gram-negative and gram-positive bacteria. *Molecules*, 24(20), 3770. <https://doi.org/10.3390/molecules24203770>.
- Mantzios, T., Tsiouris, V., Papadopoulos, G. A., Economou, V., Petridou, E., Brellou, G. D., & Fortomaris, P. (2023). Investigation of the effect of three commercial water acidifiers on the performance, gut health, and campylobacter jejuni colonization in experimentally challenged broiler chicks. *Animals*, 13(12), 2037. <https://doi.org/10.3390/ani13122037>.
- Marín-Flamand, E., Vázquez-Durán, A., & Méndez-Albores, A. (2014). Effect of organic acid blends in drinking water on growth performance, blood constituents and immune response of broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 51(2), 144-150. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0120179>.
- Ma, J., Wang, J., Mahfuz, S., Long, S., Wu, D., Gao, J., & Piao, X. (2021). Supplementation of mixed organic acids improves growth performance, meat quality, gut morphology and volatile fatty acids of broiler chicken. *Animals*, 11(11), 3020. <https://doi.org/10.3390/ani11113020>.
- Mustafa, A., Bai, S., Zeng, Q., Ding, X., Wang, J., Xuan, Y., & Zhang, K. (2021). Effect of organic acids on growth performance, intestinal morphology, and immunity of broiler chickens with and without coccidial challenge. *AMB Express*, 11, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01299-1>.
- Nourmohammadi, R., Hosseini, S. M., & Farhangfar, H. (2010). Effect of dietary acidification on some blood parameters and weekly performance of broiler chickens. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9(24), 3092-3097. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.3092.3097>.
- Palamidi, I., & Mountzouris, K. C. (2018). Diet supplementation with an organic acids-based formulation affects gut microbiota and expression of gut barrier genes in broilers. *Animal Nutrition*, 4(4), 367-377. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.007>.
- Pandey, A. K., Kumar, P., & Saxena, M. J. (2019). Feed additives in animal health. *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*, 345-362. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_23.
- Pham, V. H., Abbas, W., Huang, J., He, Q., Zhen, W., Guo, Y., & Wang, Z. (2022). Effect of blending encapsulated essential oils and organic acids as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance and intestinal health in broilers with necrotic enteritis. *Poultry Science*, 101(1), 101563. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101563>.
- Rahnama Ghaleroudkhani, M., Mohiti Asli, M., & Khalilvandi Behruzyar, H. (2022). Effect of administrating an encapsulated blend of organic acids in drinking water on growth performance and small intestine microflora of broiler chickens. *Animal Production Research*, 11(1), 15-25. <https://doi.org/10.22124/AR.2022.18596.1587>. (In Persian).
- Sadeghian, Z., Kazemi Fard, M., Rezaei, M., & Jafarpour, S. A. (2023). Effect of encapsulated organic acids on intestinal microbial population, blood parameters, digestibility of nutrients, carcass characteristics and performance

- of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(1), 77-92. <https://doi.org/10.22067/IJASR.2022.75043.1065>. (In Persian).
- Samanta, S., Haldar, S., & Ghosh, T. K. (2010). Comparative efficacy of an organic acid blend and bacitracin methylene disalicylate as growth promoters in broiler chickens: effects on performance, gut histology, and small intestinal milieu. *Veterinary Medicine International*, (1), 645150. <https://doi.org/10.4061/2010/645150>.
- Serrano-Gamboa, M. Y., Arce-Menocal, J., Ávila-González, E., López-Coello, C., Garibay-Torres, L., & Herrera-Camacho, J. (2023). Organic acids for broilers: Effects on intestinal morphology and growth performance. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 36(2), 55-65. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v36n2a1>.
- Smith, J. E. (1995). *Clinical Veterinary Microbiology*, PJ Quinn, ME Carter, BK Markey, GR Carter (Eds.), Wolfe Publishing, London (1994), ISBN: 0-7234-1711-3.
- Stefanello, C., Rosa, D. P., Dalmoro, Y. K., Segatto, A. L., Vieira, M. S., Moraes, M. L., & Santin, E. (2020). Protected blend of organic acids and essential oils improves growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health of broiler chickens undergoing an intestinal challenge. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 491. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00491>.
- Sultan, A., Ullah, I., Khan, S., Khan, R. U., & ul Hassan, Z. (2014). Impact of chlorine dioxide as water acidifying agent on the performance, ileal microflora and intestinal histology in quails. *Archives Animal Breeding*, 57(1), 31. <https://doi.org/10.7482/0003-9438-57-031>.
- Taherpour, K., Moravej, H., Shivazad, M., Adibmoradi, M., & Yakhchali, B. (2009). Effects of dietary probiotic, prebiotic and butyric acid glycerides on performance and serum composition in broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 8(10), 2329-2334. <https://doi.org/10.4314/AJB.V8I10.60590>.
- Vieira, S. L., Berres, J., Reis, R. N., Oyarzabal, O. A., Coneglian, J. L. B., Freitas, D. M. D., & Torres, C. A. (2008). Studies with sanguinarine like alkaloids as feed additive in broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10, 67-71. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2008000100010>.
- Vlaicu, P. A., Panaite, T. D., Untea, A. E., Idriceanu, L., & Cornescu, G. M. (2021). Herbal plants as feed additives in broiler chicken diets. *Archiva Zootechnica*, 24(2), 76-95. <https://doi.org/10.2478/azibna-2021-0015>.
- Vale, M. M. D., Menten, J. F. M., Morais, S. C. D. D., & Brainer, M. M. D. A. (2004). Mixture of formic and propionic acid as additives in broiler feeds. *Scientia Agricola*, 61, 371-375. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000400004>.
- Vinolya, R. E., Balakrishnan, U., Yasir, B., & Chandrasekar, S. (2021). Effect of dietary supplementation of acidifiers and essential oils on growth performance and intestinal health of broiler. *Journal of Applied Poultry Research*, 30(3), 100179. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100179>.
- Wang, J. P., Yoo, J. S., Lee, J. H., Zhou, T. X., Jang, H. D., Kim, H. J., & Kim, I. H. (2009). Effects of phenyllactic acid on production performance, egg quality parameters, and blood characteristics in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(2), 203-209. <https://doi.org/10.3382/japr.2008-00071>.

The effect of different levels of acidifier in drinking water on growth performance, certain blood parameters, and cecal microbial population in broiler chickens

Extended Abstract

Introduction

The risks associated with antibiotics have prompted researchers and poultry industry stakeholders to seek a suitable alternative to antibiotics that can stimulate rapid growth in broiler chickens while posing fewer threats to the health of farm animals and, consequently, the well-being of the final consumer (humans). The disruption of the microbial balance in the digestive system of animals consuming antibiotics and their feed eliminates the benefits of antibiotics for the host animals. When antibiotics are used in poultry diets, there is a possibility of transferring antibiotic-resistant bacterial strains to humans, which can result in humans becoming resistant to certain types of therapeutic antibiotics. Another disadvantage of using antibiotics in poultry diets is that they increase the pH of the gastrointestinal contents, thus hindering the digestion and absorption of better-processed nutrients in an acidic environment.

Materials and methods

To investigate the effects of different levels of acidifier in drinking water on growth performance, specific blood parameters, and cecal microbial population in broiler chickens, 240 one-day-old (mixed-sex) broiler chickens (Ross 308 strain) were randomly assigned to 4 treatments with six replicates each, and 10 birds per cage for a 42-day rearing period. The experimental diets included: 1) control (no acidifier), 2) 200 ml acidifier in 1000 liters of drinking water, 3) 400 ml acidifier in 1000 liters of drinking water, and 4) 600 ml acidifier in 1000 liters of drinking water. Weighing of chicks and also measuring the amounts of feed consumed (in mesh form) was done for all experimental units during the periods of 1 to 10 days, 11 to 24 days, and 25 to 42 days. These data were used to calculate daily weight gain (BWG), daily feed consumption, and feed conversion ratio (FCR) for the specified periods. To investigate the characteristics of carcass parts and the microbial population of the cecum of broiler chickens, at the end of the experiment (42 days of age), one male and one female chicken were selected from each replicate with a body weight close to the average weight of the replicate. After 4 to 5 hours of starvation (to minimize the effect of the weight of the digestive tract contents and emptying), they were weighed again and slaughtered by the neck-splitting method.

Results and Discussion

The results showed that in feed consumption, the treatments containing 400 and 600 ml of acidifier had the highest feed consumption during the starter, finisher, and total periods compared to the control group and the treatment with 200 ml of acidifier ($p < 0.05$). In body weight gain, the treatments containing 400 and 600 ml of acidifier had the highest body weight gain during the starter, grower, and total periods compared to the control group and the treatment with 200 ml of acidifier ($p < 0.05$). In feed conversion ratio, the treatments containing 400 and 600 ml of acidifier had the lowest feed conversion ratio during the grower period compared to the control group and the treatment with 200 ml of acidifier ($p < 0.05$). In carcass traits, the treatments containing 400 and 600 ml of acidifier had the highest carcass percentage, breast percentage, and thigh percentage compared to the control group and the treatment with 200 milliliters of acidifier ($p < 0.05$). In blood parameters, the treatments containing 200, 400, and 600 ml of acidifier had the highest glucose and HDL concentrations, as well as the lowest blood triglyceride concentration compared to the control group ($p < 0.05$). In the cecal microbiota population, the treatments containing 200, 400, and 600 ml of acidifier had the lowest coliform bacteria populations compared to the control group ($p < 0.05$).

Conclusion:

Overall, the results of this study indicated that adding an acidifier at levels of 400 and 600 ml in drinking water improved growth performance, carcass quantitative traits, and reduced coliform bacteria populations in the ceca of broiler chicks.

Keywords: Organic acids, Growth performance, Cecal microbial population, Broiler chicken