"Research article" DOI: 10.30495/JVCP.2024.1993235.1425

The effect of dietary bile salts supplementation on growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology of broiler chicken

Mirhoseini, S.M.A.[1], Daneshyar, M.[2*], Farhoomand, P.[3], Mirghelenj, S.A.[4]

1- Ph.D. Student of Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
3- Retired Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
4- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*Corresponding authors email: m.daneshyar@urmia.ac.ir
(Received: 2023/9/3 Accepted: 2024/1/6)

Abstract

Bile acts as a biological steroid solution that emulsifies and dissolves lipids and thus plays an important role in fat digestion and absorption through the intestinal wall. This study aimed to evaluate the effects of bile acids (BAs) on growth performance, digestibility of nutrients, and intestinal morphology in broiler chickens. A total of 300 one-day-old male broiler chicken (Ross 308) were distributed into five treatments in six replications with 10 chicks each in a completely randomized design. Experimental diets included: 1) control diet (CON; based on corn and soybean meal), 2) basal diet containing a commercial emulsifier, 3) basal diet containing 0.05 % BAs, 4) basal diet containing 0.1 % BAs, and 5) basal diet containing 0.2 % BAs. The results showed that the consumption of 0.1% bile acid improved the daily weight gain (22.45) in the starter period compared to the control treatment (17.65) (p<0.05). Broiler chickens fed a diet containing 0.1 % BAs had higher fat and energy digestibility compared to chicks of other treatments (p<0.05). Birds fed 0.1 % BAs had a higher villus height (1298.1) in the jejunum compared to the birds in control group (1082.6) (p<0.05). Dietary BAs supplementation of 0.1% significantly increased the villus height to crypt depth ratio in all three portions of the small intestine compared to the control treatment. In conclusion, dietary BAs supplementation may probably promote performance to some extent by improving the intestinal morphology and utilization of fat and energy in the broiler diet.

Conflict of interest: None declared.

"مقاله پژوهشی" DOI: 10.30495/JVCP.2024.1993235.1425

تأثیر مکمل نمک‌های صفراوی جیره بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی و مورفولوژی روده جوجه‌های گوشتی

سیدمحمدعلی میرحسینی[۱]، محسن دانشیار[۲*]، پرویز فرهومند[۳]، سیدعلی میرقلنج[۴]

۱- دانشجوی دکترای تغذیه طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- استاد بازنشسته گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۴- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
*نویسنده مسئول مکاتبات: m.daneshyar@urmia.ac.ir
(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۶/۱۲ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶)

چکیده

صفرا به عنوان یک محلول استروئیدی بیولوژیکی عمل می‌کند که لیپیدها را امولسیون و حل می‌کند و در نتیجه نقش مهمی در هضم و جذب چربی از طریق دیواره روده ایفا می‌کند. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات اسیدهای صفراوی بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی خوراک و مورفولوژی روده در جوجه‌های گوشتی انجام شد. در مجموع ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه راس ۳۰۸ به ۵ تیمار و ۶ تکرار با ۱۰ پرنده در هر تکرار تقسیم شدند. پنج تیمار آزمایشی شامل: تیمار ۱) جیره شاهد، تیمار ۲) جیره پایه حاوی امولسیفایر، تیمار ۳) جیره پایه حاوی ۰/۰۵ درصد اسید صفراوی، تیمار ۴) جیره پایه حاوی ۰/۱ درصد اسیدصفراوی و تیمار ۵) جیره پایه حاوی ۰/۲ درصد اسید صفراوی بودند. نتایج نشان داد که مصرف سطح ۰/۱ درصد اسیدصفراوی باعث بهبود افزایش وزن روزانه (۲۲/۴۵ گرم) در دوره آغازین نسبت به تیمار شاهد (۱۷/۶۵ گرم) شد ($p<0/05$). جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۱ درصد اسیدصفراوی قابلیت هضم چربی و انرژی بالاتری نسبت به پرندگان سایر تیمارهای آزمایشی داشتند ($p<0/05$). جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۱ درصد اسیدصفراوی ارتفاع پرز بالاتری (۱۲۹۸/۱) در ژژنوم نسبت به پرندگان تیمار شاهد (۱۰۸۲/۶) داشتند. همچنین ۰/۱ درصد اسیدهای صفراوی به طور معنی‌دار نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت را در هر سه بخش روده کوچک در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد ($p<0/05$). به طور کلی افزودن اسیدهای صفراوی احتمالا بتواند عملکرد تا حدی از طریق بهبود استفاده از چربی و انرژی در جیره جوجه‌های گوشتی ارتقا دهد.

کلیدواژه‌ها: اسیدهای صفراوی، عملکرد، قابلیت هضم، جوجه‌های گوشتی، امولسیفایر.

مقدمه

لیپیدها (چربی و روغن)، غلیظ‌ترین منابع انرژی برای حیوانات هستند که معمولاً به جیره طیور اضافه می‌شوند تا نیاز انرژی برای عملکرد بهتر را برآورده کنند (Abudabos, 2014). با این حال، مشکلاتی در رابطه با سطوح لیپید جیره و قابلیت هضم در طیور به ویژه در پرندگان جوان به دلیل ترشح پایین صفرا وجود دارد (Ravindran *et al.*, 2016). این محدودیت فیزیولوژیکی دستگاه گوارش طیور را می‌توان با استفاده از امولسیفایرهای برون‌زا برطرف کرد. امولسیفایر می‌تواند به افزایش سطح فعال لیپیدها، تحریک تشکیل میسل‌ها و سپس افزایش قابلیت هضم لیپیدهای جیره و سایر مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی کمک کند (Siyal *et al.*, 2017). اوپادایا و همکاران در سال ۲۰۱۷ نشان دادند که ۱، ۳-دی آسیل گلیسرول به عنوان یک امولسیفایر برون‌زا می‌تواند عملکرد رشد را بهبود بخشد و قابلیت هضم مواد مغذی را در جوجه‌های گوشتی افزایش دهد (Upadhaya *et al.*, 2017). محمد و همکاران در سال ۲۰۱۶ همچنین گزارش دادند که مکمل امولسیفایر در جیره جوجه‌های گوشتی می‌تواند قابلیت هضم ماده خشک و چربی خام را افزایش دهد (Muhammad *et al.*, 2016). به‌علاوه، مطالعات دیگری نشان داده‌اند که امولسیفایر برون‌زا می‌تواند کیفیت گوشت را بهبود بخشد و متابولیسم چربی جوجه‌های گوشتی را تنظیم کند (Zhao and Kim, 2017). هوانگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که امولسیفایر بر بیان ژن‌های کبدی تأثیر می‌گذارد و در نتیجه متابولیسم لیپید در جوجه‌های گوشتی را تنظیم می‌کند (Huang *et al.*, 2008). اسیدهای صفراوی در کبد از کلسترول سنتز شده و به تسهیل جذب و انتقال لیپیدها و ویتامین‌های محلول در چربی کمک می‌کنند (Xu, 2016). علاوه بر نقش در مدیریت مواد مغذی، اسیدهای صفراوی همچنین می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌های سیگنالی عمل کنند که در تنظیم متابولیسم چربی و قند شرکت می‌کنند (Russell, 2009).

اسیدهای صفراوی مسیر اصلی کاتابولیسم کلسترول در پستانداران هستند. کلسترول با تغییر در ساختار حلقه، اکسیداسیون و کوتاه شدن زنجیره جانبی به اسیدهای صفراوی تبدیل می‌شود. قبل از اینکه اسیدهای صفراوی به مجرای کانال صفراوی ترشح شوند، با گلیسین یا تائورین کونژوگه می‌شوند. این فرآیند ترکیبی ماهیت دوقطبی اسیدهای صفراوی را افزایش می‌دهد و آنها را آبدوست‌تر کرده و سمیت سلولی را کاهش می‌دهد (Li and Chiang, 2014). شیمی اسیدهای صفراوی به دلیل تنوع زیادی از ساختارهای شیمیایی در ترکیبات طبیعی مانند اسید کولیک، کنودوکسی اسید کولیک، اسید دئوکسی کولیک و اسید لیتوکولیک پیچیده است. اسیدهای صفراوی معمولاً از مخلوطی از اسیدهای صفراوی منفرد تشکیل شده‌اند. اسیدهای صفراوی پرندگان عمدتاً از اسید کنودوکسی کولیک و اسید کولیک تشکیل شده‌اند (Hofmann, 2008).

صفرا به عنوان یک محلول استروئیدی بیولوژیکی عمل می‌کند که لیپیدها را امولسیون و حل می‌کند و در نتیجه نقش مهمی در هضم و جذب چربی از طریق دیواره روده ایفا می‌کند (Begley *et al.*, 2005). نشان داده شده است که مکمل نمک صفراوی در شرایط آزمایشگاهی، تائورودئوکسی کولیک اسید، تکثیر سلولی

روده را تحریک کرده و از آپوپتوز روده جلوگیری می‌کند. همچنین آسیب مخاطی را کاهش می‌دهد و بقا را پس از آسیب روده ناشی از لیپوپلی ساکارید بهبود می‌بخشد. بنابراین، مکمل اسید صفراوی ممکن است به طور بالقوه روده را از آسیب یا عفونت محافظت کند (Perrone *et al.*, 2010). در طیور، هضم چربی تحت تأثیر عوامل متعددی مانند ترشح صفرا و منابع چربی در جیره غذایی قرار می‌گیرد (Mossab *et al.*, 2000). مشخص شده است که ترشح نمک‌های صفراوی مورد نیاز برای امولسیون و تشکیل میسل در روده، تحت تأثیر کمیت و کیفیت لیپیدهای جیره غذایی و سایر امولسیفایرها قرار دارد. چندین مطالعه نشان داده است که ترشح نمک صفراوی و فعالیت لیپاز پانکراس در جوجه‌های جوان کاهش می‌یابد که در آن‌ها ترشح نمک صفراوی اولین عامل محدودکننده هضم چربی در چند هفته اول پس از هچ به نظر می‌رسد. آته و لیسون در سال ۱۹۸۵ به این نتیجه رسیدند که مکمل اسید کولیک باعث عملکرد بهتر در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی اسیدهای پالمیتیک و اولئیک از طریق بهبود انرژی قابل متابولیسم جیره می‌شود (Atteh and Leeson, 1985). مطالعات نشان داده‌اند که مکمل اسیدهای صفراوی در جیره حیوانات می‌توانند قابلیت هضم مواد مغذی (Maisonnier *et al.*, 2003; Alzawqari *et al.*, 2011) عملکرد رشد (Maisonnier *et al.*, 2003) و کاهش رسوب چربی شکمی (Ge *et al.*, 2019) را بهبود بخشند. محققین گزارش کردند که ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدهای صفراوی خوک می‌تواند فعالیت لیپاز روده را افزایش داده و بیان ژن‌های لیپوژنیک کبدی را در جوجه‌های گوشتی تنظیم کند (Lai *et al.*, 2018). با این حال، مکانیسم اساسی بهبود عملکرد هنوز نامشخص است. بنابراین، با توجه به این‌که تاکنون تاثیر اسیدهای صفراوی با منشأ طیور در جوجه‌های گوشتی بررسی نشده است، هدف از این مطالعه بررسی اثرات اسیدهای صفراوی از منشأ طیور به عنوان یک امولسیفایر برون‌زا بر عملکرد، قابلیت هضم و مورفولوژی روده در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف اسیدهای صفراوی می‌باشد.

مواد و روش‌کار

مطالعه حاضر در مرغداری گوشتی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در اسفند و بهمن ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد. بدین منظور از ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر و ماده سویه راس ۳۰۸ یک روزه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۶ تکرار و ۱۰ قطعه جوجه به ازای هر تکرار استفاده شد. ۵ گروه تیمار آزمایشی شامل: تیمار ۱) جیره شاهد بر پایه ذرت و کنجاله سویا، تیمار ۲) جیره پایه حاوی امولسیفایر، تیمار ۳) جیره پایه حاوی ۰/۰۵ درصد اسید صفراوی، تیمار ۴) جیره پایه حاوی ۰/۱ درصد اسید صفراوی و تیمار ۵) جیره پایه حاوی ۰/۲ درصد اسید صفراوی بودند. امولسیفایر مورد استفاده با نام تجاری ال.پی.ال حاوی لیزوفسفولیپید، انواع منو و دی‌گلیسرید، چند نوع بیوسورفکتانت و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و صنعتی بود. مخلوط نمک‌های صفراوی طیوری از شرکت دانش پژوهان نوین خوراک تهیه شد. جیره‌ها متناسب با دستورالعمل تغذیه‌ای سویه راس-۳۰۸ (۲۰۱۹) تنظیم شدند (جدول ۱). طول دوره آزمایش ۴۲ روز بود. دوره

آغازین از سن ۱ تا ۱۰ روزگی، دوره رشد از سن ۱۱ تا ۲۴ روزگی و دوره پایانی از سن ۲۵ تا ۴۲ روزگی بود. جوجه‌ها از ۱ تا ۴۲ روزگی روی بستر پوشال پرورش یافتند. ۲۴ ساعت قبل از ورود جوجه‌ها، درجه حرارت ۳۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی تقریباً ۶۰ درصدی در سالن تأمین گردید. تا روز ۱۴ پرورش، دمای سالن به‌صورت روزانه ۰/۴ درجه سلسیوس کاهش یافت. روش کار این تحقیق توسط کمیته اخلاقی حیوانات دانشگاه ارومیه تایید گردید (۴۷۳-۶۸د).

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره* پایه مورد استفاده در مراحل آغازین، رشد و پایانی دوره آزمایش برحسب درصد

دوره آزمایش اجزای جیره (درصد)	آغازین (۱۰-۱ روزگی)	رشد (۲۴-۱۱ روزگی)	پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)
دانه ذرت	۵۵/۹۷	۵۹/۲۷	۶۶/۳۵
کنجاله دانه سویا	۳۷/۵۸	۳۴/۱۶	۲۸/۴۳
روغن سویا	۱/۶۰	۱/۵۷	۱/۵۳
دی کلسیم فسفات	۲/۴۴	۲/۰۳	۱/۶۲
کربنات کلسیم	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۴۶
ال-لیزین	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷
دی-ال متیونین	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۸
ال ترئونین	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۱
سدیم بی‌کربنات	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۵
مکمل ویتامینه-معدنی*	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
کلرید سدیم	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۷
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری در گرم)	۲/۷۹۶	۲/۸۴۳	۲/۹۱۴
پروتئین خام (گرم در کیلوگرم)	۲۱/۶۲	۲۰/۳۷	۱۸/۳۳
چربی خام (گرم در کیلوگرم)	۴/۰۳	۴/۰۸	۴/۱۵
فیبر خام (گرم در کیلوگرم)	۳/۲۹	۳/۲۱	۳/۱۰
اسید لینولئیک (گرم در کیلوگرم)	۲/۲۰	۲/۲۷	۲/۳۵
کلسیم (گرم در کیلوگرم)	۰/۸۹	۰/۷۷	۰/۶۱
فسفر قابل دسترس (گرم در کیلوگرم)	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۳۳
سدیم (گرم در کیلوگرم)	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
متیونین قابل هضم (گرم در کیلوگرم)	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۵۳
متیونین + سیستئین قابل هضم (گرم در کیلوگرم)	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۰
لیزین قابل هضم (گرم در کیلوگرم)	۱/۲۴	۱/۱۴	۱/۰۱
ترئونین قابل هضم (گرم در کیلوگرم)	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۶۷
آرژنین قابل هضم (گرم در کیلوگرم)	۱/۲۳	۱/۱۵	۱/۰۱
والین قابل هضم (گرم در کیلوگرم)	۰/۸۶	۰/۸۰	۰/۷۲
ایزولوسین قابل هضم (گرم در کیلوگرم)	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۶۷

تعادل الکترولیتی (میلی اکی‌والان در ۱۰۰ گرم)	۲۳۱/۷۶	۲۱۷/۶۹	۱۹۹/۳۱

*هر کیلوگرم مکمل ویتامینی شامل ویتامین A (رتینیل استات) ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D3 (کلسیفرول) ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E ۱۱ میلی‌گرم؛ ویتامینK3 (منادیون دی متیل پیریمیدینول) ۲ میلی‌گرم؛ تیامین (تیامین مونونیترات) ۱/۶ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین ۶ میلی‌گرم؛ نیاسین ۳۰ میلی‌گرم؛ پانتوتنات کلسیم ۱۵ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین ۲ میلی‌گرم؛ بیوتین ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ اسید فولیک ۰/۸ میلی‌گرم؛ ویتامین B12 ۰/۰۲۰ میلی‌گرم؛ کولین (کولین کلرید) ۵۰۰ میلی‌گرم می‌باشد. هر کیلوگرم مکمل معدنی شامل منگنز (اکسید منگنز)، ۶۰ میلی‌گرم؛ روی (سولفات روی)، ۶۰ میلی‌گرم؛ آهن (سولفات آهن)، ۵۰ میلی‌گرم؛ مس (سولفات کاپریک)، ۱۰ میلی‌گرم ؛ ید (یدید پتاسیم) ، ۱ میلی‌گرم؛ سلنیوم (سلنیت سدیم) ، ۰/۳۰ میلی‌گرم می‌باشد.

خوراک مصرفی به صورت روزانه پس از توزین در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. برای محاسبه میزان خوراک مصرفی هر واحد آزمایشی مقدار خوراک باقیمانده در پایان هر مرحله پرورشی از کل خوراک داده شده در طول دوره کسر شد. برای محاسبه میزان میانگین خوراک مصرفی در هر مرحله پرورشی از روش روز مرغ استفاده شد تا رشد و مصرف خوراک جوجه-های تلف شده در طی آزمایش منظور شود و از دقت آزمایش کاسته نشود. برای محاسبه افزایش وزن هر واحد در هر دوره زمانی، اختلاف وزن در ابتدا و انتهای دوره‌های پرورش تعیین شد. در روزهای ۱، ۱۰، ۲۴ و ۴۲ نیز کلیه جوجه‌های هر واحد آزمایشی به صورت گروهی وزن‌کشی شدند. قبل از توزین، خوراک پرندگان به مدت ۳ ساعت قطع شد تا از لحاظ وضعیت دستگاه گوارش یکسان باشند. ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های زمانی مختلف از تقسیم میانگین خوراک مصرفی بر میانگین افزایش وزن جوجه‌ها برای هر دوره محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری قابلیت هضم در سن ۱۷ روزگی به جیره‌ها ۵ گرم در کیلوگرم دی اکسید تیتانیوم به عنوان نشانگر غیرقابل هضم جهت تعیین قابلیت هضم مواد مغذی افزوده شد. نمونه‌گیری از فضولات به مدت چهار روز و روزانه چهار بار تا سن ۲۱ روزگی انجام شد. آلاینده‌هایی مانند پرها و فلس‌ها با دقت جدا شدند. فضولات در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک و سپس باهم مخلوط شدند (۱۰۰ گرم برای هر تکرار). نمونه‌ها بلافاصله به فریزر منتقل و در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگه‌داری شدند. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون خشک (۱۰۵ درجه سلسیوس) قرار داده شدند تا میزان ماده خشک تعیین شود. پروتئین خام با تبدیل نیتروژن به پروتئین خام با فاکتور ۶/۲۵ محاسبه شد که با روش کلدال تعیین شد. عصاره اتری با روش استخراج Soxtec (Method 920.39) تعیین شد (AOAC, 2000). انرژی خام با استفاده از بمب کالری‌سنج آدیاباتیک (Parr 6200 bomb calorimeter; Parr Instruments Co., Moline, IL.) استانداردشده با اسید بنزوئیک تعیین شد. غلظت دی‌اکسید تیتانیوم در جیره و فضولات مطابق با روش‌های توصیف شده توسط شورت و همکاران در سال ۱۹۹۶ تعیین شد (Short *et al.*, 1996).

در پایان آزمایش (۴۲ روزگی)، ۲ پرنده نر در هر تکرار برای ارزیابی موفولوژی روده انتخاب شدند. برای هیستومورفومتری، نمونه‌های روده (به طول تقریبی ۲ سانتی‌متر) از دئودنوم، ژژونوم و ایلئوم برداشته شد و با ۰/۹ درصد نمک شستشو داده شد تا محتویات جدا شوند. تمام نمونه‌ها در فرمالین بافر ۱۰ درصد برای ارزیابی بافت‌شناسی تثبیت شدند. پس از تثبیت، نمونه‌ها برش، پاکسازی، آبگیری شدند و در پارافین قالب‌زنی شدند. مقاطع در ۷ میکرومتر با استفاده از میکروتوم (Microm, HM 335) برش داده شده و بر

روی اسلایدهای شیشه‌ای قرار گرفتند. پس از پارافین‌زدایی در گزیلل، مقاطع در محلول‌های اتانول درجه‌بندی‌شده هیدراته شدند، با هماتوکسیلین و ائوزین رنگ‌آمیزی شدند و در زیر میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند. ۳ مقطع در هر نمونه (۴۵ مقطع برای هر تیمار) و ۱۰ اندازه‌گیری در هر مقطع (۴۵۰ اندازه‌گیری در هر تیمار) وجود داشت. اندازه‌گیری مورفولوژیک روده شامل دو شاخص ارتفاع پرز و عمق کریپت در هر بخش بود: ارتفاع پرز از نوک پرز تا بالای لامینا پروپریا و عمق کریپت از محور پرز-کریپت تا نوک مخاط عضلانی اندازه‌گیری شد. سپس، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت با تقسیم ارتفاع پرز بر عمق کریپت برآورد شد.

- **تحلیل آماری داده‌ها:** داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و رویه GLM در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۶ تکرار برای هر تیمار آنالیز آماری شدند. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح پنج درصد استفاده شد. مدل آماری پژوهش حاضر به شکل زیر بود:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

در این فرمول y_{ij} مقدار هر مشاهده، μ میانگین کل جامعه، T_i اثر تیمار و e_{ij} خطای آزمایشی بود.

یافته‌ها

نتایج مربوط به اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر مصرف خوراک، میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ نشان داده شده است. عدم تاثیر سطوح مختلف اسیدهای صفراوی بر مصرف خوراک در دوره‌های آغازین، رشد، پایانی و کل دوره مشخص شد ($p>۰/۰۵$). میانگین افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین تحت تاثیر سطوح مختلف اسیدهای صفراوی قرار گرفت و جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۱ درصد اسید صفراوی میانگین افزایش وزن روزانه بالاتری نسبت به پرندگان تیمارهای شاهد، امولسیفایر تجاری و ۰/۲ درصد اسید صفراوی داشتند ($p<۰/۰۵$). در دوره رشد، پایانی و کل، تفاوتی بین افزایش وزن پرندگان تیمارهای مختلف آزمایشی وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). ضریب تبدیل خوراک دوره آغازین در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد اسید صفراوی به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی بود ($p<۰/۰۵$). اما در دوره‌های رشد، پایانی و کل تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی برای ضریب تبدیل خوراک مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

جدول ۲- اثر تیمارهای مختلف بر میانگین عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف آزمایشی (گرم/پرنده/روز)

دوره آزمایش	آغازین (۱۰-۰ روزگی) فاکتور عملکردی مورد نظر			رشد (۲۴-۱۱ روزگی) فاکتور عملکردی مورد نظر			پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) فاکتور عملکردی مورد نظر			کل دوره (۴۲-۰ روزگی) فاکتور عملکردی مورد نظر		
گروه تیمار	مصرف خوراک	افزایش وزن بدن	ضریب تبدیل غذایی	مصرف خوراک	افزایش وزن بدن	ضریب تبدیل غذایی	مصرف خوراک	افزایش وزن بدن	ضریب تبدیل غذایی	مصرف خوراک	افزایش وزن بدن	ضریب تبدیل غذایی
شاهد	۲۴/۱۰	۱۷/۶۵^{b}	۱/۳۸^{a}	۷۵/۹۵	۴۸/۱۵	۱/۵۷	۱۶۷/۰۳	۶۴/۷۱	۲/۵۹	۱۰۲/۶۶	۴۷/۹۹	۲/۱۴
امولسیفایر	۲۴/۰۶	۱۸/۹۳^{b}	۱/۲۸^{ab}	۷۹/۸۵	۴۸/۱۳	۱/۶۶	۱۶۱/۵۰	۶۴/۵۱	۲/۵۶	۱۰۱/۵۶	۴۸/۲۰	۲/۱۱

۰/۰۵ صفرا	۲۳/۵۸	۲۰/۵۰^{ab}	۱/۱۵^{bc}	۷۸/۹۵	۴۶/۷۰	۱/۶۹	۱۶۵/۱۵	۶۹/۵۶	۲/۳۹	۱۰۲/۷۱	۵۰/۲۶	۲/۰۴
۰/۱ صفرا	۲۳/۳۶	۲۲/۴۵^{a}	۱/۰۴^{c}	۷۵/۹۰	۴۹/۲۸	۱/۵۶	۱۵۸/۳۹	۶۹/۸۰	۲/۲۸	۹۸/۷۴	۵۱/۶۹	۲/۹۱
۰/۲ صفرا	۲۳/۷۱	۱۸/۸۵^{b}	۱/۲۶^{ab}	۷۹/۲۰	۴۸/۳۴	۱/۶۳	۱۶۰/۲۵	۶۴/۵۱	۲/۴۰	۱۰۰/۷۲	۴۹/۲۹	۲/۰۴
خطای استاندارد	۰/۹۷	۱/۶۹	۰/۱۰	۴/۸۴	۱/۹۵	۰/۱۲	۱۰/۳۸	۶/۶۹	۰/۳۰	۵/۴۶	۲/۶۶	۰/۱۵
سطح معنی‌داری	۰/۵۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۴۶	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۵۹	۰/۵۰	۰/۴۱	۰/۷۰	۰/۱۲	۰/۱۳

a,b: میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

در جدول ۳ نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم مواد مغذی خوراک آورده شده است. نتایج نشان داد که قابلیت هضم چربی خام و انرژی خام خوراک در جوجه‌های گوشتی تحت تاثیر سطوح مختلف اسیدهای صفراوی قرار گرفت و جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۱ درصد اسید صفراوی قابلیت هضم چربی و انرژی بالاتری نسبت به پرندگان سایر تیمارهای آزمایشی داشتند (p<۰/۰۵). تفاوتی بین قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر خوراک در تیمارهای مختلف آزمایشی وجود نداشت (p>۰/۰۵).

جدول ۳- اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر قابلیت هضم مواد مغذی خوراک در جوجه‌های گوشتی

نوع ماده مغذی / گروه تیمار	ماده خشک (درصد)	پروتئین خام (درصد)	چربی خام (درصد)	خاکستر خام (درصد)	انرژی خام (درصد)
شاهد	۵۴/۳۷	۴۹/۰۱	۵۱/۷۴^{b}	۵۴/۶۹	۴۹/۵۱^{b}
امولسیفایر تجاری	۵۵/۱۸	۴۷/۴۹	۵۲/۱۳^{b}	۵۷/۷۷	۵۱/۰۲^{b}
۰/۰۵ صفرا	۵۳/۳۵	۴۸/۲۳	۵۵/۸۵^{ab}	۵۵/۹۱	۴۹/۶۷^{b}
۰/۱ صفرا	۵۶/۶۴	۵۰/۱۵	۵۸/۳۱^{a}	۵۵/۹۹	۵۵/۱۷^{a}
۰/۲ صفرا	۵۵/۰۷	۴۹/۰۶	۵۵/۵۹^{ab}	۵۱/۵۷	۵۱/۵۶^{b}
خطای استاندارد	۳/۴۵	۲/۲۳	۳/۷۱	۷/۳۶	۱/۶۶
سطح معنی‌داری	۰/۴۱	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۶۷	<۰/۰۰۱

a,b: میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

جدول ۴ اثر سطوح مختلف اسیدهای صفراوی بر پارامترهای مورفومتریک بخش‌های مختلف روده باریک را نشان می‌دهد. ارزیابی ارتفاع پرز ژژنوم نشان داد که افزودن ۰/۱ درصد مکمل اسیدهای صفراوی به جیره منجر به مقادیر بالاتر (p<۰/۰۱) در مقایسه با گروه شاهد شد. علاوه بر این، تیمارهایی که جیره‌های حاوی امولسفایر تجاری دریافت کردند، در مقایسه با تیمارهایی که جیره‌های شاهد دریافت کردند، ارتفاع پرز بالاتری داشتند. تفاوت معنی‌داری برای ارتفاع پرز دئودنوم و ایلئوم در مطالعه حاضر مشاهده نشد (p>۰/۰۵). یافته‌های آنالیز مورفومتریک دئودنوم، ژژونوم و ایلئوم جوجه‌های گوشتی نیز تفاوت معنی‌داری را برای عمق کریپت نشان نداد (p>۰/۰۵). ۰/۱ درصد مکمل اسیدهای صفراوی به طور معنی‌دار (p<۰/۰۱) نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت را در هر

سه بخش روده کوچک در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد.

جدول ۴- اثر سطوح مختلف اسیدهای صفراوی بر پارامترهای مورفومتری بخش‌های مختلف روده باریک جوجه‌های گوشتی

گروه تیمار	شاهد	امولسیفایر	۰/۰۵ صفرا	۰/۱ صفرا	۰/۲ صفرا	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
پارامتر بررسی‌شده							
دئودنوم (درصد از وزن بدن)	۰/۶۳	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۱۱	۰/۲۵
ارتفاع ویلی (µm)	۱۷۶۶/۷	۱۸۱۸/۰	۱۷۸۱/۴	۱۷۹۸/۳	۱۷۹۰/۰	۱۲/۶۱	۰/۰۹۴
عمق کریپت (µm)	۲۸۰/۸	۲۷۱/۶	۲۷۳/۱	۲۶۶/۶	۲۷۳/۴	۳/۰۶۵	۰/۰۵۴
طول ویلی/ عمق کریپت (µm)	۶/۳۱^{b}	۶/۷۴^{b}	۶/۵۵^{ab}	۶/۷۸^{a}	۶/۵۹^{ab}	۰/۰۹۳	۰/۰۱۵
ژژنوم (درصد از وزن بدن)	۱/۷۰	۱/۲۵	۱/۳۰	۱/۴۸	۱/۶۶	۰/۲۸	۰/۰۵
ارتفاع ویلی (µm)	۱۰۸۲/۶^{c}	۱۲۰۰/۴^{a}	۱۱۴۵/۶^{b}	۱۲۹۸/۱^{a}	۱۱۵۱/۷^{b}	۱۰/۵۹	۰/۰۰۱
عمق کریپت (µm)	۱۹۸/۴	۱۹۳/۳	۱۹۲/۱	۱۸۸/۸	۱۹۱/۱	۴/۳۹	۰/۶۲۸
طول ویلی/ عمق کریپت (µm)	۵/۵۲^{b}	۶/۳۱^{a}	۶/۰۷^{a}	۶/۴۸^{a}	۶/۱۲^{a}	۰/۱۲۹	۰/۰۰۱
ایلئوم (درصد از وزن بدن)	۱/۰۲	۱/۰۶	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۳۰	۰/۱۴
ارتفاع ویلی (µm)	۷۷۷/۷	۸۲۰/۵	۷۹۸/۰	۸۳۱/۳	۸۰۸/۸	۱۳/۷۶	۰/۰۹۸
عمق کریپت (µm)	۱۶۴/۸۲	۱۵۱/۸۰	۱۶۰/۵۳	۱۴۹/۲۲	۱۶۰/۵۳	۴/۰۳	۰/۰۶۲
طول ویلی/ عمق کریپت (µm)	۴/۸۰^{b}	۵/۴۸^{a}	۵/۰۵^{ab}	۵/۶۴^{a}	۵/۱۲^{ab}	۰/۱۵۳	۰/۰۰۶

a,b: میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

بحث و نتیجه‌گیری

لیپیدها به عنوان منبع اصلی انرژی در خوراک، نه تنها می‌توانند انرژی و اسیدهای چرب ضروری را برای حیوانات فراهم کنند، بلکه خوش طعمی و کارایی خوراک را نیز افزایش می‌دهند. چندین گزارش نشان داده‌اند که افزایش انرژی جیره با افزودن لیپیدها می‌تواند ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی را کاهش دهد (Niu *et al.*, 2009). با این حال، تاکید غیرمنطقی بر افزودن بالای لیپیدها ممکن است عملکرد آنها را در افزایش رشد به خطر بیندازد و حتی ممکن است به دلیل توانایی محدود دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی جوان منجر به اثرات منفی شود (Siyal *et al.*, 2017) و بر این اساس لازم است که مکمل امولسیفایر برون‌زا در جیره استفاده شود. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که مصرف ۰/۰۵ درصد امولسیفایر تجاری می‌تواند عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را ارتقاء دهد (Wang *et al.*, 2016). به‌علاوه در مطالعه حاضر، ۰/۰۵ درصد مکمل اسیدهای صفراوی طیوری به طور معنی‌داری باعث بهبود افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک طی ۱ تا ۱۰ روزگی شد که با نتایج الزوقری و همکاران در سال ۲۰۱۱ در مورد صفرا مطابقت دارد (Alzawqari *et al.*, 2011). این محققین بهبود افزایش وزن روزانه را با ۰/۵ درصد مکمل اسیدهای صفراوی گاوی مشاهده کردند. ارشد و همکاران در سال ۲۰۲۰ گزارش کردند که مصرف خوراک تحت تأثیر مکمل‌سازی اسیدهای صفراوی در دوره آغازین، رشد، پایانی و دوره کلی قرار نگرفت (Arshad *et al.*, 2020).

اسیدهای صفراوی پس از مصرف خوراک برای امولسیون کردن لیپیدهای جیره به دئودنوم می‌ریزند. سپس حدود ۹۵ درصد از اسیدهای صفراوی توسط انتشار غیرفعال جذب می‌شوند و به طور فعال از طریق سیاهرگ باب از طریق گردش خون روده‌ای – کبدی از ایلئوم و به کبد منتقل می‌شوند (Hofmann and Hagey, 2008). در جوجه تازه هچ‌شده، توانایی هضم و جذب چربی جیره در نتیجه ترشح محدود صفرا ضعیف است (Tancharoenrat *et al.*, 2013). به همین دلیل اسید صفراوی مصنوعی و نمک‌های صفراوی بیشترین تاثیر را در جوجه‌های گوشتی جوان برای بهبود هضم چربی نشان داده‌اند و بهبود عملکرد پرندگان دریافت کننده صفرا، در دوره آغازین تحقیق اخیر به همین دلیل بوده است. الزوقری و همکاران در سال ۲۰۱۱ گزارش کردند که مصرف مکمل چربی پیه با صفرای گاو به میزان ۵ گرم در کیلوگرم منجر به افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین می‌شود (Alzawqari *et al.*, 2011). مزونیر و همکاران در سال ۲۰۰۳ و پارسایی و همکاران در سال ۲۰۰۷ دریافتند که جیره غذایی مکمل با نمک‌های صفراوی گاوی به طور قابل توجهی افزایش وزن بدن دوره رشد را در جوجه-های گوشتی افزایش می‌دهد (Maisonnier *et al.*, 2003; Parsaie *et al.*, 2007). این نتایج با مشاهدات تحقیق اخیر مطابقت دارد که مصرف ۰/۱ درصد نمک صفراوی در جیره، افزایش وزن روزانه را افزایش داده و ضریب تبدیل خوراک را در جوجه‌های گوشتی بهبود می‌بخشد، اما تأثیری بر مصرف خوراک ندارد. با این حال، پیکارسکی و همکاران در سال ۲۰۱۶ گزارش کردند که گنجاندن ۰/۵ درصد کنودوکسی کولیک اسید باعث کاهش مصرف خوراک و وزن بدن در جوجه‌های گوشتی ۲۱ روزه می‌شود (Piekarski *et al.*, 2016). احتمالاً برخی از اجزای موجود در اسیدهای صفراوی طبیعی به صورت هم افزایی عمل می‌کنند و اثری را ایجاد می‌کنند که در اسیدهای صفراوی مصنوعی یا خالص دیده نمی‌شود. یکی از دلایل تناقض در تاثیر مثبت یا عدم تاثیر بر عملکرد در نتایج می‌تواند گونه حیوانی باشد به طوری‌که فراوان‌ترین اسیدهای صفراوی در خوک شامل کنودوکسی کولیک اسید و α هیودوکسی کولیک اسید است که منحصر به خوک است، در حالی که کنودوکسی کولیک اسید و اسید کولیک در اسیدهای صفراوی جوجه‌های گوشتی غالب هستند. به نظر می‌رسد که کنودوکسی کولیک اسید تأثیر کمی بر عملکرد در خوک‌ها داشته است، در حالی که می‌تواند مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی را کاهش دهد. یافته‌های مزونیر و همکاران در سال ۲۰۰۳ نشان داد که ۰/۵ درصد اسیدهای صفراوی خوکی می‌توانند قابلیت هضم چربی و وزن بدن را در جوجه‌های گوشتی افزایش دهند (Maisonnier *et al.*, 2003). این یافته‌ها ممکن است دلالت بر این داشته باشد که مکمل‌سازی اسیدهای صفراوی در جیره‌ها عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را با افزایش حلالیت و هضم چربی جیره و مواد مغذی محلول در چربی در این مطالعه بهبود بخشید. به طوری که جمیلی و همکاران در سال ۱۳۹۲ گزارش کردند که افزودن ۰/۵ درصد مکمل نمک صفراوی به جیره جوجه‌های گوشتی با افزایش سطح جذب در دئودنوم و افزایش انرژی متابولیسم‌پذیر جیره، میزان افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌بخشد (Jamili *et al.*, 2012).

اسیدهای صفراوی از طریق یک واکنش کاتالیزشده توسط آنزیم از کلسترول در سلول‌های کبدی سنتز می‌شوند (Lefebvre *et al.*, 2009). با تحریک غذا، اسیدهای صفراوی به دئودنوم ترشح می‌شوند و نقش مهمی در هضم و استفاده از لیپیدها دارند (Begley *et al.*, 2005). امروزه برای رفع نیاز پرندگان سریع الرشد مدرن، از چربی‌ها بیشتر در خوراک استفاده می‌شود. با این حال، چربی‌ها نمی‌توانند به خوبی توسط جوجه‌های گوشتی، به ویژه جوجه‌های تازه هچ شده به دلیل محدود بودن ترشح اسیدهای صفراوی یا لیپاز هضم و جذب شوند (Ravindran *et al.*, 2016). بنابراین، اسیدهای صفراوی برون‌زا اغلب به عنوان امولسیفایر برای بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی به جیره‌ها افزوده می‌شوند. به عنوان یک امولسیفایر ضروری، اسیدهای صفراوی نه تنها قابلیت هضم چربی خام را در این مطالعه افزایش دادند، بلکه میزان استفاده از انرژی خام جیره را نیز افزایش دادند. همسو با نتایج ما گنگ و همکاران در سال ۲۰۲۲ و با افزودن ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید صفرای خوکی (Geng *et al.*, 2022) و الزوقری و همکاران در سال ۲۰۱۱ با افزودن ۰/۲۵ و ۰/۵۰ درصد اسید صفرای گاو خشک‌شده (Alzawqari *et al.*, 2011) به جیره جوجه‌های گوشتی بهبود در قابلیت هضم چربی خام و انرژی را گزارش کردند. مزونیر و همکاران در سال ۲۰۰۳ و شعیب و همکاران در سال ۲۰۲۱ به ترتیب با اسید تاوروکولیک و مخلوطی از هیوکولیک اسید، هیودوکسی کولیک اسید و کنودوکسی کولیک اسید در جیره جوجه‌های گوشتی افزایش قابلیت هضم چربی را مشاهده کردند (Maisonnier *et al.*, 2003; Shoaib *et al.*, 2021).

اوربان و هارمون در سال ۲۰۰۰ همچنین نشان دادند که گنجاندن صفرای خوکی خشک شده در جیره خوک‌هایی که زود از شیر گرفته شده‌اند، هضم و استفاده از چربی را با افزایش سطح صفرا در جیره‌ها بهبود می‌بخشد (Orban and Harmon, 2000). این بهبود در قابلیت هضم چربی با افزودن اسیدهای صفراوی به جیره ممکن است به دلیل نمک‌های صفراوی ناکافی ترشح‌شده توسط حیوان، پرکردن کاتابولیسم فعال نمک‌های صفراوی توسط میکروفلور روده و امولسیون‌شدن بیشتر چربی‌های اشباع‌شده توسط افزودن اسیدهای صفراوی باشد. در این رابطه، یانگ و همکاران در سال ۱۹۶۳ نشان دادند که افزودن آنتی-بیوتیک به جیره جوجه‌ها احتمالاً با کاهش جمعیت میکروبی روده و در نتیجه کاهش میزان کاتابولیسم نمک صفراوی باعث افزایش استفاده از چربی آنها می‌شود (Young *et al.*, 1963). جانسن و همکاران در سال ۲۰۱۵ دریافتند که افزودن لیزولسیتین به عنوان یک امولسیفایر باعث افزایش ارزش انرژی متابولیک جیره می‌شود (Jansen *et al.*, 2015). بنابراین، افزودن اسیدهای صفراوی، عملکرد رشد را در جوجه‌های گوشتی تا حدی از طریق بهبود استفاده از چربی و انرژی در جیره جوجه‌های گوشتی ارتقا می‌دهند.

دئودنوم نقش مهمی در جذب مواد مغذی دارد و موفولوژی مخاط روده نشان دهنده سلامت است. عوامل استرس‌زا که در دستگاه گوارش وجود دارند می‌توانند به دلیل نزدیکی سطح مخاطی و محتوای روده نسبتاً سریع به تغییرات در مخاط روده منجر شوند. تغییرات در مورفولوژی روده مانند پرزهای کوتاه‌تر و کریپت‌های عمیق‌تر با حضور سموم مرتبط است

(Yason *et al.*, 1978). وجود پرزهای کوتاه باعث کاهش سطح جذب مواد مغذی می‌شود. سلول‌های اپیتلیال پرزها از کریپت منشاء می‌گیرند و یک کریپت بزرگ نشان دهنده چرخش سریع بافت و تقاضای زیاد برای بافت‌های جدید است (Yason *et al.*, 1978). تقاضا برای انرژی و پروتئین برای نگه‌داری روده بیشتر از سایر اندام‌ها است. یک جوجه گوشتی با رشد سریع حدود ۱۲ درصد از پروتئین تازه سنتز شده را به دستگاه گوارش اختصاص می‌دهد (Anonymous, 1999). هر گونه تغییر بافت نیاز به مواد مغذی برای نگه‌داری را افزایش می‌دهد و بنابراین کارایی حیوان را کاهش می‌دهد. کوتاه شدن پرزها و کریپت‌های بزرگ نیز می‌تواند منجر به افزایش ترشح در دستگاه گوارش، اسهال، کاهش مقاومت به بیماری و کاهش عملکرد کلی شود.

اسیدهای صفراوی جیره پتانسیل بهبود مورفولوژی روده را از نظر ارتفاع پرز، عمق کریپت و نسبت پرز به کریپت ژژنوم دارند (Alzawqari *et al.*, 2011). در مقابل، پارسایی و همکاران در سال ۲۰۰۷ گزارش کردند که اسیدهای صفراوی ارتفاع پرزهای دئودنوم و ایلئوم را افزایش داد، اما بر ارتفاع پرزهای ژژنوم تأثیر معنی‌داری نداشت (Parsaie *et al.*, 2007). پرز به عنوان مهم‌ترین محل برای جذب مواد مغذی در نظر گرفته می‌شود. پرزهای بلندتر سطح بیشتری را فراهم می‌کنند و قادر به جذب بیشتر مواد مغذی موجود هستند (Caspary, 1992).

عملکرد بهتر در این مطالعه ممکن است مربوط به پرزهای بلندتر ناشی از سطوح بالاتر مکمل اسید صفرا باشد که توسط محققین تایید می‌شود (Maneewan and Yamauchi, 2004). اسیدهای صفراوی نقش مهمی در مکانیسم دفاعی ماکروارگانیسم در برابر اندوتوکسین‌های باکتریایی ایفا می‌کنند (Kocsar *et al.*, 1969). علاوه بر این، اسیدهای صفراوی می‌توانند جذب اندوتوکسین را کاهش دهند (Sheen-Chen *et al.*, 2002)، آسیب فیزیکی به مخاط روده را ترمیم کنند (Kamiya *et al.*, 2004) و باکتری‌های مضر مانند *E. coli* و *Clostridium botulinum* را مهار کنند (Huhtanen, 1979).

نتایج مطالعه حاضر بیانگر اثرات مثبت استفاده از اسیدهای صفراوی در جیره بر قابلیت هضم چربی خام و انرژی خام خوراک در جوجه‌های گوشتی است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت افزودن مکمل اسیدهای صفراوی به جیره جوجه‌های گوشتی جوان که ترشح صفرا در هفته‌های اول پس از هچ محدود می‌باشد، می‌تواند عملکرد را تا حدی از طریق بهبود استفاده از چربی و انرژی در جیره ارتقا دهد. همچنین استفاده از مکمل اسیدهای صفراوی در جیره جوجه‌های گوشتی جوان که دستگاه گوارش هنوز بخوبی تکامل نیافته است، می‌تواند وضعیت موفولوژی روده را ارتقاء بخشد که احتمالاً منجر به بهبود وضعیت ایمنی و عملکرد جوجه‌های گوشتی شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه به خاطر تامین هزینه اجرای این تحقیق و شرکت دانش‌پژوهان نوین‌خوراک به خاطر تامین نمک‌های صفراوی قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافع ندارند.

منابع

- Abudabos, A.M. (2014). Effect of fat source, energy level and enzyme supplementation and their interactions on broiler performance. South African Journal of Animal Science, 44(3): 280-287.
- Alzawqari, M., Moghaddam, H.N., Kermanshahi, H. and Raji, A.R. (2011). The effect of desiccated ox bile supplementation on performance, fat digestibility, gut morphology and blood chemistry of broiler chickens fed tallow diets. Journal of Applied Animal Research, 39(2): 169-174.
- Anonymous, S. (1999). How do mannanoligosaccharides work? Feeding Times, 1(3): 7-9.
- AOAC, M. (2000). Association of official analytical chemists. Official methods of analysis. AOAC: Official Methods of Analysis, 1(4): 69-90.
- Arshad, M.A., Bhatti, S.A., Hassan, I., Rahman, M.A. and Rehman, M.S. (2020). Effects of bile acids and lipase supplementation in low-energy diets on growth performance, fat digestibility and meat quality in broiler chickens. Brazilian Journal of Poultry Science, 93(2): 824-832.
- Atteh, J.O. and Leeson, S. (1985). Influence of age, dietary cholic acid, and calcium levels on performance, utilization of free fatty acids, and bone mineralization in broilers. Poultry Science, 64(10):1959-1971.
- Begley, M., Gahan, C.G. and Hill, C. (2005). The interaction between bacteria and bile. FEMS microbiology reviews, 29(4): 625-651.
- Caspary, W.F. (1992). Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. The American journal of clinical nutrition, 55(1): 299-308.
- Ge, X.K., Wang, A.A., Ying, Z.X., Zhang, L.G., Su, W.P., Cheng, K., et al. (2019). Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. Poultry Science, 98(2): 887-895.
- Geng, S., Zhang, Y., Cao, A., Liu, Y., Di, Y., Li, J., et al. (2022). Effects of fat type and exogenous bile acids on growth performance, nutrient digestibility, lipid metabolism and breast muscle fatty acid composition in broiler chickens. Animals, 12(10): 1258.
- Hofmann, A.F. and Hagey, L.R. (2008). Bile acids: chemistry, pathochemistry, biology, pathobiology, therapeutics. Cellular and Molecular Life Sciences, 65(3): 2461-2483.
- Huang, J., Yang, D., Gao, S. and Wang, T. (2008). Effects of soy-lecithin on lipid metabolism and hepatic expression of lipogenic genes in broiler chickens. Livestock Science, 118(1-2): 53-60.
- Huhtanen, C.M. 1979. Bile acid inhibition of Clostridium botulinum. Applied and Environmental Microbiology, 38(2): 216-218.
- Jamili, F., Shariatmadari, F. and Tarshizi Karimi, MA. (2012). The effect of lecithin and bile salt on performance, nutrient digestibility and intestinal morphology in broilers. Animal Production, 15(2): 117-126. [In Persian]
- Jansen, M., Nuyens, F., Buyse, J., Leleu, S. and Van Campenhout, L. (2015). Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds. Poultry Science, 94(10): 2506-2515.
- Kamiya, S., Nagino, M., Kanazawa, H., Komatsu, S., Mayumi, T., Takagi, K., et al. (2004). The value of bile replacement during external biliary drainage: an analysis of intestinal permeability, integrity, and microflora. Annals of surgery, 239(4): 510-523.
- Kocsar, L.T., Bertok, L. and Varteresz, V. (1969). Effect of bile acids on the intestinal absorption of endotoxin in rats. Journal of Bacteriology, 100(1): 220-223.

- Lai, W., Cao, A., Li, J., Zhang, W. and Zhang, L. (2018). Effect of high dose of bile acids supplementation in broiler feed on growth performance, clinical blood metabolites, and organ development. Journal of Applied Poultry Research, 27(4): 532-539.
- Lefebvre, P., Cariou, B., Lien, F., Kuipers, F. and Staels, B. (2009). Role of bile acids and bile acid receptors in metabolic regulation. Physiological Reviews, 89(1): 147-191.
- Li, T. and Chiang, J.Y. (2014). Bile acid signaling in metabolic disease and drug therapy. Pharmacological Reviews, 66(4): 948-983.
- Maisonnier, S., Gomez, J., Bree, A., Berri, C., Baeza, E. and Carre, B. (2003). Effects of microflora status, dietary bile salts and guar gum on lipid digestibility, intestinal bile salts, and histomorphology in broiler chickens. Poultry Science, 82(5): 805-814.
- Maneewan, B. and Yamauchi, K. (2004). Intestinal villus recovery in chickens refed semi-purified protein-, fat-, or fibre-free pellet diets. British Poultry Science, 45(2): 163-170.
- Mossab, A., Hallouis, J.M. and Lessire, M. (2000). Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. Poultry Science, 79(9): 1326-1331.
- Muhammad, A.T., Arif, M. and Saeed, M. (2016). Emulsifier effect on fat utilization in broiler chicken. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 11(3): 158-167.
- Niu, Z., Shi, J., Liu, F., Wang, X., Gao, C. and Yao, L. (2009). Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during starter phase. International Journal of Poultry Science, 8(5): 508-511.
- Orban, J.I. and Harmon, B.G. (2000). Effect of bile supplementation on fat digestion in early-weaned pig diets. Purdue University, pp: 11-18.
- Parsaie, S., Shariatmadari, F., Zamiri, M.J. and Khajeh, K. (2007). Influence of wheat-based diets supplemented with xylanase, bile acid and antibiotics on performance, digestive tract measurements and gut morphology of broilers compared with a maize-based diet. British Poultry Science, 48(5): 594-600.
- Perrone, E.E., Chen, C., Longshore, S.W., Okezie, O., Warner, B.W., Sun, C.C., et al. (2010). Dietary bile acid supplementation improves intestinal integrity and survival in a murine model. Journal of Pediatric Surgery, 45(6): 1256-1265.
- Piekarski, A., Decuypere, E., Buyse, J. and Dridi, S. (2016). Chenodeoxycholic acid reduces feed intake and modulates the expression of hypothalamic neuropeptides and hepatic lipogenic genes in broiler chickens. General and Comparative Endocrinology, 229(3): 74-83.
- Ravindran, V., Tancharoenrat, P., Zaefarian, F. and Ravindran, G. (2016). Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. Animal Feed Science and Technology, 213(5): 1-21.
- Russell, D.W. (2009). Fifty years of advances in bile acid synthesis and metabolism. Journal of Lipid Research, 50(2): 120-125.
- Sheen-Chen, S.M., Chen, H.S., Ho, H.T., Chen, W.J., Sheen, C.C. and Eng, H.L. (2002). Effect of Bile Acid Replacement on Endotoxin-induced Tumor Necrosis Factor-a Production in Obstructive Jaundice. World Journal of Surgery, 26(1): 448-450.
- Shoaib, M., Bhatti, S.A., Nawaz, H. and Saif-Ur-Rehman, M. (2021). Effect of lipase and bile acids on growth performance, nutrient digestibility, and meatquality in broilers on energy-diluted diets. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 45(1): 148-157.
- Short, F.J., Gorton, P., Wiseman, J. and Boorman, K.N. (1996). Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. Animal Feed Science and Technology, 59(4): 215-221.
- Siyal, F.A., Babazadeh, D., Wang, C., Arain, M.A., Saeed, M., Ayasan, T., et al. (2017). Emulsifiers in the poultry industry. World's Poultry Science Journal, 73(3): 611-620.
- Upadhaya, S.D., Park, J.W., Park, J.H. and Kim, I.H. (2017). Efficacy of 1, 3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. Poultry Science, 96(6): 1672-1678.

- Wang, J.P., Zhang, Z.F., Yan, L. and Kim, I.H. (2016). Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acids profile of broiler chickens. Animal Science Journal, 87(2): 250-256.
- Xu, Y. (2016). Recent progress on bile acid receptor modulators for treatment of metabolic diseases. Journal of Medicinal Chemistry, 59(14): 6553-6579.
- Yason, C.V., Summers, B.A. and Schat, K.A. (1987). Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: Pathology. American Journal of Veterinary Research, 48(6): 927-938.
- Young, R.J., Garrett, R.L. and Griffith, M. (1963). Factors affecting the absorbability of fatty acid mixtures high in saturated fatty acids. Poultry Science, 42(5): 1146-1154.
- Zhao, P.Y. and Kim, I.H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. Poultry Science, 96(5): 1341-1347.