

بررسی اثرات هم‌افزایی جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری و پری‌بیوتیک بر عملکرد رشد و برخی فراسنجه‌های فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی

• حسین محب‌الدینی (نویسنده مسئول)

استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه محقق اردبیلی

• امین عشایری‌زاده

دانش‌آموخته مقطع دکتری تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

• وحید جزئی

دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

• مجید طغیانی

استاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

• اکرم شبانی

دانش‌آموخته مقطع دکتری تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

• الهام اسدی صومعه

استادیار، دانشگاه کوئینزلند، استرالیا

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۸

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۵۵۹۹۵۴

Email: mohebodini@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2019.126090.1914

چکیده

به منظور بررسی اثرات هم‌افزایی جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری و پری‌بیوتیک مانان‌الیگوساکارید بر عملکرد رشد و برخی فراسنجه‌های فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی، آزمایشی با استفاده از ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) جیره پایه (بر اساس ذرت و کنجاله سویای معمولی)، (۲) جیره پایه بعلاوه پری‌بیوتیک، (۳) جیره حاوی ذرت و کنجاله سویای تخمیری (جایگزینی کامل کنجاله سویای معمولی با کنجاله سویای تخمیری) و (۴) جیره حاوی ذرت و کنجاله سویای تخمیری به علاوه پری‌بیوتیک بودند. نتایج این مطالعه نشان دادند که در کل دوره پرورش (سن ۱ تا ۴۲ روزگی) پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک از افزایش وزن بالاتر و ضریب تبدیل خوراک بهتری نسبت به سایر جیره‌های آزمایشی برخوردار بودند ($P < 0.05$). افزایش ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریبت در دوازدهم و تهی‌روده و جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و همچنین کاهش جمعیت گونه‌های کلی‌فرم و کلستریديوم در ایلئوم و روده کور جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی پری‌بیوتیک، کنجاله سویای تخمیری و کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک نسبت به پرندگان گروه شاهد معنی‌دار بود ($P < 0.05$). فعالیت آنزیم پروتئاز روده‌ای در پرندگان دریافت کننده جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری و کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک به طور معنی‌داری بیشتر از سایر پرندگان بود ($P < 0.05$). با توجه به اثرات هم‌افزایی جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری و پری‌بیوتیک بر عملکرد و فراسنجه‌های فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده توأم خوراک‌های تخمیری و پری‌بیوتیک می‌تواند به عنوان یک استراتژی مؤثر و کاربردی در جیره‌های غذایی فاقد آنتی‌بیوتیک، مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جوجه‌های گوشتی، عملکرد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی، کنجاله سویای تخمیری

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 127 pp: 151-164

Evaluation of synergistic effects of diets containing fermented soybean meal and prebiotic on growth performance and some physiological parameters of broilers.

- 1: Mohebodini, H. Assistant Professor, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili.
 2: Ashayerizadeh, A. Ph.D, Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
 3: Jazi, V. MSc., Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
 4: Majid Toghiani, Islamic Azad University, Khorasgan (Esfahan)
 5: Shabani, A. Ph.D, Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
 6: Elham, Assadi Soumeh. School of Agriculture and Food Science, University of Queensland, Gatton campus, Qld 11 4343 Australia

Received: May 2019

Accepted: July 2019

In order to investigate the synergistic effects of diets containing fermented soybean meal and mannan-oligosaccharide prebiotic on growth performance and some physiological parameters of broiler chicks, an experiment was performed using 480 one- day old Ross 308 broilers in a completely randomized design with 4 treatments and 6 replicates. The experimental treatments included: 1) basal diet (based on corn and common soybean meal), 2) basal diet plus prebiotic, 3) diet containing corn and fermented soybean meal (total replacement of common soybean meal with fermented soybean meal) and 4) diet containing corn and fermented soybean meal plus prebiotic. The results of this study indicated that during the entire production period (1 to 42 days of age), birds fed diet containing fermented soybean meal plus prebiotic had higher body weight gain and better feed conversion ration than other experimental diets ($P < 0.05$). The increase in villus height and villus height to crypt depth ratio in duodenum and jejunum and increase in population of lactic acid producing bacteria, as well as the reduction in population of coliforms and *Clostridium* species in the ileum and cecum of chicks fed diets containing prebiotic, fermented soybean meal and fermented soybean meal plus prebiotic were significant when compared with control group ($P < 0.05$). The intestinal protease activity in birds receiving diets containing fermented soybean meal and fermented soybean meal plus prebiotic was significantly higher than those of other birds ($P < 0.05$). Considering the synergistic effects of diets containing fermented soybean meal and prebiotic on performance and physiological parameters of broiler chicks, it can be concluded that the combined use of fermented feeds and prebiotic can be considered as an effective and practical strategy in antibiotic-free diets.

Key words: Broilers, performance, digestive enzyme activities, fermented soybean meal

مقدمه

کنترل و درمان بیماری‌ها و همچنین بهبود بازدهی خوراک، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این حال در سال‌های اخیر به دلیل اثرات سوء آنها (بویژه ظهور پدیده مقاومت آنتی‌بیوتیکی و ابقای آنتی-بیوتیک در بافت‌های حیوانی) بر جوامع انسانی و افزایش تقاضای مصرف کنندگان برای تهیه محصولات گوشتی سالم و ارگانیک، استفاده از این ترکیبات در خوراک دام و طیور توسط اتحادیه اروپا ممنوع شده است (Pourabedin و همکاران، ۲۰۱۷). از

جمعیت میکروبی موجود در دستگاه گوارش نقش مهمی را در هضم و جذب مواد مغذی و کنترل عوامل بیماری‌زای روده‌ای ایفا می‌کند به گونه‌ای که تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا در روده اغلب باعث التهاب روده و به دنبال آن کاهش بهره‌وری تولید، افزایش نرخ مرگ و میر و نیز افزایش آلودگی محصولات طیور می‌شود (Baurhoo و همکاران، ۲۰۰۹). در طی چند دهه گذشته، آنتی‌بیوتیک‌ها به عنوان مؤثرین روش برای پیشگیری،

لیپیدهای سرم خون و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن دارند (Feng و همکاران، ۲۰۰۷a؛ Sun و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۸).

بنابراین، با توجه به خواص ویژه خوراک‌های تخمیری، می‌توان این‌گونه فرض کرد که این خوراک‌ها در ترکیب با یک مکمل پری‌بیوتیک بتوانند اثرات سیمبیوتیکی را در جهت بهبود عملکرد و سلامت روده از خود نشان دهند. لذا این مطالعه با هدف بررسی اثرات هم‌افزایی خوراک‌های تخمیری و مکمل پری‌بیوتیک مانان‌الیگوساکارید بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

میکروارگانیزم‌های مورد استفاده برای تخمیر، باکتری‌های لاکتوباسیلوس پلانتاروم^۱ (PTCC1058) و باسیلوس سابتیلیس^۲ (PTCC1156) و همچنین قارچ آسپرژیلوس اوریزا^۳ (PTCC5163) بودند که به شکل ویال‌های لئوفلیزه از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شدند. فرآیند تخمیر کنجاله سویا طبق روش Ashayerizadeh و همکاران (۲۰۱۷) صورت گرفت. به گونه‌ای که هر کیلوگرم کنجاله سویا با ۱ لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت‌های آغازگر باکتری‌های لاکتوباسیلوس پلانتاروم و باسیلوس سابتیلیس (حاوی حداقل ۱۰^۸ واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) و قارچ آسپرژیلوس اوریزا (حاوی حداقل ۱۰^۸ اسپور) مخلوط شد. مخلوط‌های حاصل درون تانک‌های تخمیر به مدت ۷ روز، گرمخانه‌گذاری شدند. قبل و بعد از دوره تخمیر، مقدار pH، جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و کلی‌فرم، پروتئین خام و بازدارنده تریپسین کنجاله سویا، اندازه‌گیری شدند. فعالیت بازدارنده تریپسین بر اساس روش Smith و همکاران (۱۹۸۰) اندازه‌گیری شد و نتایج آن به صورت میلی‌گرم در هر گرم نمونه بیان شد. به طور خلاصه، در ابتدا نمونه‌ها با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۰۵ مولار عصاره‌گیری شدند و سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ

این‌رو، با اعمال محدودیت‌های استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، بکارگیری استراتژی‌های تغذیه‌ای مؤثر به منظور حفظ و بهبود توازن جمعیت میکروبی روده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله این استراتژی‌ها می‌توان به استفاده از افزودنی‌های خوراکی (نظیر پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها) و یا فرآوری ترکیبات جیره (نظیر فرآوری تخمیر میکروبی) اشاره نمود (Jazi و همکاران، ۲۰۱۸a).

مانان‌الیگوساکاریدها ترکیبات قندی غیرقابل هضمی هستند که به طور انتخابی توسط جمعیت میکروبی روده، تخمیر می‌شوند و از طریق تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و کاهش pH، سبب اختصاصی شدن شرایط برای رشد و فعالیت باکتری‌های مفید می‌شوند و از این طریق اثرات سودمندی برای حیوان میزبان دارند (Roberfroid و همکاران، ۲۰۱۰). از سوی دیگر، مانوز موجود در مانان‌الیگوساکاریدها می‌تواند از طریق اتصال به برخی از باکتری‌های بیماری‌زا، مانع از رشد و نمو این باکتری‌ها در مخاط روده شود و موجبات بهبود عملکرد و سلامت دستگاه گوارش را فراهم نماید (Roberfroid و همکاران، ۲۰۱۰؛ Jazi و همکاران، ۲۰۱۸b).

هدف اصلی محققین از فرآوری تخمیر میکروبی مواد خوراکی، دستیابی به محصولی با کیفیت بالاتر (از طریق افزایش قابلیت دسترسی مواد مغذی و کاهش فاکتورهای ضدتغذیه‌ای) می‌باشد (Chiang و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این، محصولات حاصل از تخمیر میکروبی به دلیل داشتن ترکیبات فراسودمند نظیر pH پایین و غلظت بالای اسید لاکتیک، می‌توانند نقش کلیدی را در مواجهه با چالش کنترل عوامل بیماری‌زای روده‌ای و امنیت غذایی، ایفا کنند (Niba و همکاران، ۲۰۰۹). در این رابطه، گزارش شده است که استفاده از خوراک‌های تخمیری در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی می‌تواند سبب کاهش جمعیت گونه‌های کلی‌فرم در ایلئوم و افزایش شمار باکتری‌های مولد اسید لاکتیک در چینه‌دان شود (Jazi و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعاتی نیز وجود دارند که نشان داده‌اند کاربرد خوراک‌های تخمیری در تغذیه جوجه‌های گوشتی اثرات مثبتی بر مورفولوژی روده، الگوی

دو قطعه جوجه از هر واحد آزمایشی (۱۲ پرنده از هر تیمار) به طور تصادفی انتخاب و ذبح شدند. پس از کشتار و ضدعفونی سطح شکمی لاشه، دستگاه گوارش خارج شد. سپس چینه‌دان، ایلئوم و روده‌های کور جدا و از محتویات و مخاط درونی بخش-های مذکور، نمونه‌گیری شد. برای تعیین جمعیت میکروبی، یک گرم از محتویات چینه‌دان، ایلئوم و روده‌های کور برداشته و جهت ساخت سری رقیق‌سازی، از محلول پیتون واتر استفاده شد. نهایتاً ۰/۱ میلی‌لیتر از رقت‌های مناسب چینه‌دان، ایلئوم و روده کور به-ترتیب بر روی پلیت‌های حاوی محیط‌های اختصاصی MRS-Agar^۵ (برای شناسایی باکتری‌های مولد اسید لاکتیک، Art. No. 02-135)، VRBA^۶ (برای شناسایی کلی‌فرم‌ها، Art. No. 01-164) و Cycloserine Tryptose Sulphite (برای شناسایی گونه‌های کلستریدیوم^۷، Art. No. 01-278) کشت داده شد. همچنین، برای شمارش جمعیت کل باکتری‌های بی‌هوازی چینه‌دان و ایلئوم از محیط کشت PCA^۱ استفاده شد. محیط‌های کشت حاوی باکتری‌های مولد اسید لاکتیک، کلی‌فرم و کل باکتری‌های بی‌هوازی به مدت ۲۴ ساعت و گونه‌های کلستریدیوم به مدت ۴۸ ساعت تحت شرایط بی‌هوازی درون انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از گذشت دوره انکوباسیون، تعداد کلنی‌ها با استفاده از کلنی‌کانت شمارش و در نهایت تعداد باکتری‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

عکس رقت × حجمی از محلول که روی پلیت ریخته شد × تعداد کلنی = تعداد باکتری

برای اندازه‌گیری pH، یک گرم از محتویات چینه‌دان، ایلئوم و روده کور با ۲ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و pH به کمک pH متر دیجیتال (SFK Inc., Kolding, Denmark) تعیین شد (Jazi و همکاران، ۲۰۱۷). برای ارزیابی تغییرات مورفومتریک روده، نمونه‌هایی از بخش میانی دوازدهه، تهی‌روده و ایلئوم گرفته و بعد از شستشو با سرم فیزیولوژیک و بافر فسفات به داخل ظروف استریل حاوی فرمالین ۱۰ درصد انتقال داده شد. قطعات روده تثبیت شده در محلول فرمالین، درون پارافین جامد قرار گرفتند و

در مرحله بعد، مقدار جذب محلول برای ارزیابی بازدارنده تریپسین به همراه ان-آلفا-بنزوئیل-دی-ال-آرژنین-نیترو آنیلید به عنوان سوسترای ویژه توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (HG-AAS; AA6501, Shimadzu Ltd, Japan) در طول موج ۴۱۰ نانومتر به همراه محلول بلانک قرائت شد و مقدار بازدارنده تریپسین در نمونه‌ها محاسبه گردید. همچنین، میزان pH و جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و کلی‌فرم در کنجاله سویا معمولی و تخمیری براساس روش Shabani و همکاران (۲۰۱۸) تعیین شد. مقدار پروتئین خام در کنجاله سویای تخمیری و معمولی براساس روش استاندارد AOAC (۲۰۰۵) تعیین شد. نتایج مربوط به فعالیت بازدارنده تریپسین، پروتئین، pH و جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و کلی‌فرم در کنجاله سویای معمولی و تخمیری بر مبنای آزمون T-test و با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۳) آنالیز شدند. به منظور بررسی اثرات هم‌افزایی کنجاله سویای تخمیری و پری‌بیوتیک بر عملکرد و سلامت روده جوجه-های گوشتی، از تعداد ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار، ۶ تکرار و ۲۰ قطعه جوجه در هر تکرار استفاده شد. نیازهای مواد مغذی جوجه‌ها بر اساس جداول احتیاجات مواد مغذی سویه راس ۳۰۸ (Aviagen International، ۲۰۱۴)، استخراج و جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار UFFDA^۴ تنظیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) جیره پایه (بر اساس ذرت و کنجاله سویای معمولی)، (۲) جیره پایه به علاوه ۰/۲ درصد پری‌بیوتیک مانان الیگوساکارید (پری‌بیوتیک تجاری اکتیوموس[®] ساخت برزیل)، (۳) جیره حاوی ذرت و کنجاله سویای تخمیری (جایگزینی کامل کنجاله سویای معمولی با کنجاله سویای تخمیری) و (۴) جیره حاوی ذرت و کنجاله سویای تخمیری به علاوه ۰/۲ درصد پری‌بیوتیک مانان الیگوساکارید اکتیوموس[®] بودند. اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی در دوره‌های آغازین، رشد و پایانی در جداول ۱، ارائه شده است. مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در پایان دوره پرورش، اندازه‌گیری شدند. به منظور ارزیابی فراسنجه‌های فیزیولوژیکی، در سن ۲۱ روزگی

($P < 0.05$). در این مطالعه از لاکتوباسیلوس پلانتروم، باسیلوس سابتیلیس و آسپرژیلوس اوریزا برای تخمیر کنجاله سویا استفاده شد. گونه قارچی هوازی آسپرژیلوس اوریزا با مصرف اکسیژن موجود در محیط تخمیر، باعث ایجاد شرایطی مطلوب برای رشد و فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی مانند لاکتوباسیلوس‌ها و باسیلوس سابتیلیس می‌شود. سپس، فعالیت‌های زیستی لاکتوباسیلوس‌ها و باسیلوس سابتیلیس از طریق تولید متابولیت‌هایی نظیر کاتالاز، سابتیلیسین و اسید لاکتیک، سبب اختصاصی شدن شرایط محیطی برای رشد و فعالیت لاکتوباسیلوس‌ها می‌شود (Hosoi و همکاران، ۲۰۰۰). در همین حال، گونه‌های لاکتوباسیلوس با تولید اسید لاکتیک و متعاقباً کاهش pH محیط، شرایطی را ایجاد می‌کنند که سبب افزایش رشد باکتری‌های مفید اسید دوست می‌شود و از طرف دیگر امکان کاهش رشد باکتری‌های مضر نظیر کلی-فرم‌ها را فراهم می‌نماید. همسو با شرایط تخمیر این آزمایش، Chaing و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که استفاده از باکتری‌های پروبیوتیک برای تخمیر کنجاله کلزا سبب کاهش pH و افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها می‌شود. همچنین، در مطالعات قبلی کاهش بازدارنده تریپسین و افزایش مقدار پروتئین خام در کنجاله سویای تخمیری نسبت به کنجاله سویای معمولی، گزارش شده است (Kook و همکاران، ۲۰۱۴). در رابطه با بهبود خواص تغذیه‌ای کنجاله سویا، گزارش شده است که اثر مثبت میکروارگانیزم‌های تخمیر کننده بر فعالیت بازدارنده تریپسین و پروتئین‌های آنتی‌ژنیک ممکن است به توانایی گونه‌های باکتریایی لاکتوباسیلوس پلانتروم و باسیلوس سابتیلیس و قارچی آسپرژیلوس اوریزا در ترشح پروتئازهایی نظیر آمینوپپتیداز، متالوپپتیدازهای سرین و اندوپپتیدازها، مرتبط باشد (Hu و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش پروتئین خام، به افزایش انحلال بخش‌های پروتئینی، افزایش اسیدهای آمینه آزاد و پپتیدها و همچنین افزایش جمعیت میکروبی و ترشح آنزیم‌ها و پروتئین میکروبی به محیط تخمیر، ارتباط داده شده است (Sun و همکاران، ۲۰۱۵). تأثیر تیمارهای آزمایشی بر افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ گزارش

به وسیله دستگاه میکروتوم برش داده شدند و پس از رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین و اتوزین، برش‌ها در زیر میکروسکوپ نوری (Olympus AX70 microscope; Olympus Corporation, Tokyo, Japan) مجهز به دوربین عکسبرداری (Nikon Eclipse TS100, Japan) بررسی و عکس‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار Image J analysis software V 1.32j (ImageJ, National Institute of Mental Health, Bethesda, MD, USA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Jazi و همکاران، ۲۰۱۸a). برای تعیین میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی، بافت لوزالمعده و محتویات روده باریک از بخش انتهایی دوازدهه تا انتهای ایلئوم جمع‌آوری شد. بافت لوزالمعده و نمونه‌های هضمی به سرعت در نیتروژن مایع، منجمد و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در مرحله بعد، نمونه‌ها با ۱۰ برابر وزن خود با محلول بافر نمکی فسفات، رقیق و به مدت ۶۰ ثانیه هموژنیزه شدند. سپس، نمونه‌ها با سرعت ۱۸ هزار دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شدند. مایع رویی جمع‌آوری و به قسمت‌های کوچکی تقسیم و تا زمان ارزیابی فعالیت آنزیمی در شرایط انجماد (دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد)، نگهداری شد. فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز براساس روش Feng و همکاران (۲۰۰۷b) تعیین شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۳) در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تأثیر تخمیر میکروبی بر pH، جمعیت میکروبی و ترکیبات شیمیایی کنجاله سویای معمولی و تخمیری، در جدول ۲ ارائه شده است. یافته‌های مطالعه حاضر نشان دادند که فرآیند تخمیر میکروبی به طور معنی‌داری سبب کاهش میزان pH، جمعیت باکتری‌های کلی‌فرم و بازدارنده تریپسین و افزایش غلظت پروتئین خام و باکتری‌های مولد اسید لاکتیک در کنجاله سویا شد

۲۰۰۷b). دوم، تخمیر میکروبی سبب افزایش قابلیت هضم اسیدهای آمینه ضروری و دیگر مواد مغذی مفید مانند آنزیم‌ها و پپتیدها می‌شود (Sun و همکاران، ۲۰۱۵). سوم، می‌توان به ویژگی‌های منحصر بفرد خوراکی‌های تخمیری نظیر pH پایین و غلظت بالای اسید لاکتیک اشاره نمود که در نتیجه آن، تغذیه این نوع خوراکی‌ها سبب ارتقای سد دفاعی بخش‌های فوقانی دستگاه گوارش در برابر باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). در مطالعه حاضر، افزودن پری‌بیوتیک مانان‌الیگوساکارید به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب بهبود عملکرد رشد آنها در مقایسه با گروه شاهد شد. اثرات مثبت مانان‌الیگوساکاریدها بر پاسخ‌های رشد جوجه‌های گوشتی، در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Rajani و همکاران، ۲۰۱۶؛ Pourabedin و همکاران، ۲۰۱۷). نقش مثبت و مفید مانان‌الیگوساکاریدها بر عملکرد رشد پرنده‌ها احتمالاً به توانایی آنها در اتصال به عوامل بیماری‌زا، تحریک سیستم ایمنی و بهبود سلامت و عملکرد روده‌ها بستگی دارد. علاوه بر این، ویژگی تخمیری الیگوساکاریدها باعث تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می‌شود که اثرات ضد میکروبی را با نفوذ در غشای سلولی باکتری‌های مضر، نشان می‌دهند و با تغییر pH محیط و اختلال در فرآیندهای آنزیمی، منجر به مرگ باکتری می‌شوند (Jazi و همکاران، ۲۰۱۸b). بنابراین اثرات سینرژیک کنجاله سویای تخمیری و مکمل پری‌بیوتیک مورد استفاده در این مطالعه، احتمالاً ناشی از مکانیزم‌های متفاوتی است که برای هر یک از آنها بیان شده است.

در جدول ۴، اثر تیمارهای آزمایشی بر pH و جمعیت میکروبی چینه‌دان، ایلنوم و روده کور جوجه‌های گوشتی، نشان داده شده است. میزان pH، جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و گونه‌های کلی فرم و کلاستریدیوم، تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0.05$) به طوریکه، تغذیه جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری و کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک به طور معنی‌داری سبب کاهش میزان pH و افزایش جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک در چینه‌دان پرنده‌ها در مقایسه با

شده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان دادند که در کل دوره پرورش (سن ۱ تا ۴۲ روزگی)، میزان افزایش وزن جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری، پری‌بیوتیک و کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک به طور معنی‌داری بیشتر از جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره شاهد بود ($P < 0.05$). با این حال، میانگین افزایش وزن در گروه دریافت‌کننده کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک، یک اثر سینرژیکی (هم‌افزایی) را نشان داد ($P < 0.05$). میانگین خوراک مصرفی در بین تیمارهای آزمایشی، تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0.05$). ضریب تبدیل خوراک در گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری، پری‌بیوتیک و کنجاله سویای تخمیری به علاوه پری‌بیوتیک در مقایسه با گروه شاهد به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) بهبود یافت و یک اثر سینرژیکی نیز در گروه تغذیه شده با کنجاله سویای تخمیری به علاوه پری‌بیوتیک، مشاهده شد.

در آزمایش حاضر، نتایج حاصل از جایگزینی کامل کنجاله سویای معمولی با کنجاله سویای تخمیری در جیره بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی، مثبت بود به طوری‌که افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک به طور معنی‌داری بهتر از تیمار شاهد بود. مشابه با نتایج آزمایش حاضر، Feng و همکاران (۲۰۰۷a) گزارش کردند که استفاده از کنجاله سویای تخمیر شده به کمک آسپرژیلوس اوریزا در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب بهبود عملکرد نسبت به جوجه‌های تغذیه شده با جیره شاهد شد. همچنین در برخی از مطالعات اخیر، اثر مثبت محصولات تخمیری بر شاخص‌های عملکرد جوجه‌های گوشتی نشان داده شده است (Sun و همکاران، ۲۰۱۳؛ Shabani و همکاران، ۲۰۱۸). سه دلیل احتمالی می‌توان برای توضیح بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با کنجاله سویای تخمیری بیان نمود. با توجه به اینکه برخی از عوامل ضدتغذیه‌ای نظیر بازدارنده‌های تریپسین، سبب اختلال در هضم و جذب پروتئین می‌شوند، اولین دلیل احتمالی، در ارتباط با کاهش مقدار عوامل ضدتغذیه‌ای کنجاله سویا در طی فرآیند تخمیر میکروبی است (Feng و همکاران،

غیرمستقیم با اسیدی کردن بخش‌های مختلف دستگاه گوارش و سپس ایجاد شرایط مطلوب برای رشد و تشکیل کلونی گونه‌های مفید مقاوم به اسید، سبب بهبود تعادل جمعیت میکروبی دستگاه گوارش شوند (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). علاوه بر این، باکتری‌های مولد اسید لاکتیک موجود در محصولات تخمیری نه تنها از طریق تولید اسیدهای آلی (به‌ویژه اسید لاکتیک) و افزایش اسیدیته روده باعث کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا می‌شوند بلکه از طریق مکانیسم‌هایی نظیر پدیده حذف رقابتی، فعالیت‌های آنتاگونیستی و تولید سوبستراهای ویژه نظیر باکتریوسین‌ها، مانع رشد و تکثیر عوامل بیماری‌زا می‌شوند (Jazi و همکاران، ۲۰۱۸a). نتایج حاصل از این آزمایش نشان دادند که تیمار حاوی پری‌بیوتیک مانان‌الیگوساکارید، سبب افزایش شمار باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و کاهش جمعیت کلی‌فرم‌ها و کلستریدیوم شد. این نتایج مطابق با یافته‌های Baurhoo و همکاران (۲۰۰۹) و Jazi و همکاران (۲۰۱۸b) می‌باشد که گزارش کردند افزودن مانان‌الیگوساکاریدها به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکتریویوم‌ها^{۱۶} و کاهش جمعیت کلی‌فرم‌ها در روده کور شد. تحریک رشد گونه‌های باکتریایی مفید مانند لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکتریویوم‌ها در بخش‌های انتهایی مجرای گوارشی یکی از ویژگی‌های مهم کربوهیدرات‌های قابل تخمیر می‌باشد. متابولیت‌های تخمیری این باکتری‌های مفید، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می‌باشند که با اسیدی کردن مجرای گوارشی، می‌توانند سبب افزایش رشد گونه‌های مفید میکروبی و کاهش امکان تشکیل کلونی باکتری‌های بیماری‌زا شوند (Rajani و همکاران، ۲۰۱۶؛ Pourabedin و همکاران، ۲۰۱۷).

در جدول ۵، اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های مورفولوژیکی روده باریک جوجه‌های گوشتی گزارش شده است. نتایج نشان داد که تغذیه جیره‌های حاوی پری‌بیوتیک، کنجاله سویای تخمیری و به‌ویژه کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک نسبت به جیره شاهد سبب افزایش ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در دوازدهه و تهی‌روده جوجه‌های گوشتی شد

گروه شاهد و گروه دریافت کننده پری‌بیوتیک، شد ($P < 0.05$). همچنین، جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و گونه‌های باکتریایی مضر (کلی‌فرم و کلستریدیوم) در ایلئوم و روده کور پرنده‌های تغذیه شده با پری‌بیوتیک، کنجاله سویای تخمیری و کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک در مقایسه با گروه شاهد به طور معنی‌داری به ترتیب افزایش و کاهش یافت ($P < 0.05$). علاوه بر این، تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک، کنجاله سویای تخمیری و کنجاله سویای تخمیری بعلاوه پری‌بیوتیک سبب کاهش معنی‌دار pH ایلئوم و روده کور پرنده‌ها در مقایسه با تیمار شاهد شدند ($P < 0.05$). با این حال، جمعیت کل باکتری‌های بی‌هوازی در چینه‌دان، ایلئوم و روده کور تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$).

خوراک‌های تخمیری با فراهم نمودن انرژی و مواد مغذی (با تولید اسیدهای چرب، پپتیدها و کربوهیدرات‌های قابل تخمیر) برای گونه‌های مفید میکروبی و همچنین با ارائه باکتری‌های پروبیوتیکی (نظیر باکتری‌های مولد اسید لاکتیک) به دستگاه گوارش، می‌توانند تراکم و ترکیب جمعیت میکروبی دستگاه گوارش طیور را تغییر دهند (Niba و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه Ashayerizadeh و همکاران (۲۰۱۸)، جایگزینی ۵۰ و ۱۰۰ درصد کنجاله کلزای تخمیر شده با لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس^۸ و باسیلوس سابتیلیس و قارچ آسپرژیلوس نایجر^۹ با کنجاله کلزای معمولی و کنجاله سویا در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب افزایش باکتری‌های مولد اسید لاکتیک در چینه‌دان و کاهش جمعیت باکتری‌های کلی‌فرم در ایلئوم شد. به‌طور مشابه، در برخی دیگر از مطالعات گزارش شده است که استفاده از خوراک‌های تخمیری در تغذیه جوجه‌های گوشتی باعث افزایش جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک در دستگاه گوارش شد (Sun و همکاران، ۲۰۱۳). اثرات مثبت خوراک‌های تخمیری بر تراکم و ترکیب جمعیت میکروبی روده جوجه‌های گوشتی می‌تواند با خواص منحصر بفرد آنها مرتبط باشد. اسیدهای آلی موجود در خوراک‌های تخمیری می‌توانند گونه‌های باکتریایی مضر را به طور مستقیم از طریق نفوذ به غشای سلولی از بین ببرند و یا به طور

مانان در توسعه ریخت‌شناسی پرزهای روده باریک جوجه‌های گوشتی، در مطالعات قبلی گزارش شده است (Baurhoo و همکاران، ۲۰۰۹). بهبود ساختار مخاطی روده در پاسخ به رژیم‌های غذایی حاوی پری‌بیوتیک احتمالاً به دلیل اثرات مثبت مانان-الیگوساکاریدها بر جمعیت میکروبی روده و متابولیت‌های میکروبی (نظیر اسید بوتیریک) است که می‌توانند بر تکثیر سلول‌های اپیتلیال روده تاثیر بگذارند (Pourabedin و همکاران، ۲۰۱۷).

نتایج تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی جوجه‌های گوشتی در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج حاصل از این آزمایش، نشان دهنده فعالیت بالاتر آنزیم‌های پروتاز روده‌ای در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری و کنجاله سویای تخمیری به علاوه پری‌بیوتیک در مقایسه با سایر گروه‌های آزمایشی بود ($P < 0.05$). فعالیت آنزیم‌های گوارشی لوزالمعده و همچنین فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و لیپاز روده‌ای تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$).

آنزیم‌های گوارشی دارای نقش کلیدی در هضم مواد مغذی در روده هستند که به دنبال آن رشد و سلامت عمومی را به همراه دارند (Sun و همکاران، ۲۰۱۳). در آزمایش Feng و همکاران (۲۰۰۷b)، جایگزینی کنجاله سویای تخمیری با کنجاله سویای معمولی در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های تریپسین، پروتاز و لیپاز در سن ۲۱ روزگی شد اما فعالیت آنزیم آمیلاز تحت تاثیر قرار نگرفت. Sun و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که برخلاف آنزیم لیپاز، فعالیت آنزیم‌های پروتاز و آمیلاز در سن ۲۱ روزگی در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله پنبه‌دانه تخمیر شده با باسیلوس سابتیلیس در مقایسه با گروه شاهد، به طور قابل توجهی افزایش یافت و بیان نمودند که این امر احتمالاً به دلیل بهبود مورفولوژی روده و همچنین توانایی بالای باسیلوس سابتیلیس در تولید آنزیم‌های پروتاز و آمیلاز می‌باشد. نتایج مطالعه‌ای که بر روی ۶۲ سویه از باکتری‌های مولد اسید لاکتیک انجام شده است، نشان دهنده عدم

($P < 0.05$). با این حال، ارتفاع پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ایلئوم و عمق کریپت در دوازدهه و تهی-روده جوجه‌های گوشتی، تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$).

عملکرد هضمی مناسب در پرنده‌ها نیازمند پرزهای بزرگ‌تر و افزایش سطح جذب در روده کوچک می‌باشد. هر چه ارتفاع پرزها بزرگتر باشد، ظرفیت جذبی روده کوچک افزایش می‌یابد. افزایش ارتفاع پرز سبب ممانعت از عبور سریع‌تر، کاهش رطوبت محتویات و کاهش ضریب تبدیل خوراک می‌شود (Xu و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که استفاده از کنجاله سویای تخمیری و پری‌بیوتیک مانان‌الیگوساکارید و نیز ترکیب آنها در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی روده باریک شد. مشابه با نتایج حاضر، در مطالعات مختلفی تاثیر مثبت خوراک‌های تخمیری بر بهبود مورفولوژی روده باریک جوجه‌های گوشتی، تأیید شده است. در مطالعه Feng و همکاران (۲۰۰۷b)، جایگزینی کنجاله سویای تخمیری با کنجاله سویای معمولی در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی به طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع پرز و کاهش عمق کریپت در تهی‌روده و همچنین افزایش ارتفاع پرز در ناحیه دوازدهه شد. Chiang و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که بکارگیری ۱۰ درصد کنجاله کلزای تخمیر شده با لاکتوباسیلوس فرمنتوم^۱، باسیلوس سابتیلیس، ساکارومایسس سرویزیه^{۱۱} و انتروکوکوس فاسیوم^{۱۲} در تغذیه جوجه‌های گوشتی در مقایسه با کنجاله کلزای معمولی سبب افزایش ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ناحیه ایلئوم و تهی‌روده شد. بنابراین، با توجه به مطالبی که پیش‌تر نیز بیان شد، بهبود شرایط مورفولوژی روده جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با کنجاله سویای تخمیری می‌تواند در راستای بهبود سطح کیفی و کمی کنجاله سویای تخمیری (Feng و همکاران، ۲۰۰۷b) و ارتقاء سطح بهداشت و تعادل جمعیت میکروبی دستگاه گوارش (Jazi و همکاران، ۲۰۱۷) رخ داده باشد.

همسو با نتایج این مطالعه، اثرات مفید الیگوساکاریدهای بر پایه

Buttin و Dibner (۲۰۰۲) گزارش کردند که مصرف اسیدهای آلی به واسطه کاهش pH روده از طریق افزایش رهاسازی سکرین و پروتون‌های آزاد، قادر به افزایش ترشح آنزیم‌های لوزالمعده و روده کوچک در خوک می‌باشد. بنابراین، با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی در محتویات روده جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیری در آزمایش حاضر را در ارتباط با کاهش pH و تأمین بهداشت و سلامت مورفولوژی روده از طریق افزایش جمعیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و کاهش باکتری‌های مضر (نظیر کلی‌فرم‌ها) دانست.

فعالیت لیپولیتیکی، وجود فعالیت پروتولیتیکی و سطوح بسیار متفاوتی از فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز در آنها می‌باشد (Taheri و همکاران، ۲۰۰۹). Jazi و همکاران (۲۰۱۸b)، بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی موجود در محتویات روده را به همراه افزایش جمعیت بیفیدوباکتریوم‌ها و لاکتوباسیلوس‌ها و کاهش جمعیت اشیریشیا کولی در زمان استفاده از افزودنی‌های پروبیوتیکی و پری-بیوتیکی در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، گزارش نمودند. اشیریشیا کولی^{۱۳} می‌تواند با تخریب پرزها و ریزپرزه‌های مخاط روده، مانع از ترشح آنزیم‌های گوارشی شود و از آنزیم‌های گوارشی روده میزبان نیز به عنوان ماده مغذی استفاده نماید.

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره‌های آغازین، رشد و پایداری

۲۵ تا ۴۲ روزگی		۱۱ تا ۲۴ روزگی		۰ تا ۱۰ روزگی		اجزای خوراک (%)
کنجاله سویای تخمیری	کنجاله سویای معمولی	کنجاله سویای تخمیری	کنجاله سویای معمولی	کنجاله سویای تخمیری	کنجاله سویای معمولی	
۵۸/۹۷	۵۵/۸۰	۵۴/۳۰	۵۰/۷۶	۵۴/۴۰	۵۱/۰۷	ذرت
-	۳۴/۵۷	-	۳۹/۹۹	-	۳۷/۱۹	کنجاله سویای معمولی
۳۲/۰۸	-	۳۷/۱۱	-	۳۴/۵۰	-	کنجاله سویای تخمیری
-	-	-	-	۴	۴	کنجاله گلو تن ذرت
۵/۴۱	۵/۹۶	۴/۷۷	۵/۴۰	۲/۶۴	۳/۲۳	روغن
۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۸۳	۰/۸۱	کربنات کلسیم
۱/۷۱	۱/۷۱	۱/۹۲	۱/۹۱	۲/۱۴	۲/۱۴	دی کلسیم فسفات
۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۶	نمک
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل ویتامینی ^۱
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل مواد معدنی ^۲
۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۸	متیونین
۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۲۸	۰/۳۴	لیزین
-	-	-	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۸	ترئونین
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع
۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	انرژی قابل سوخت و ساز (Kcal/Kg)
۱۹/۵	۱۹/۵	۲۱/۵	۲۱/۵	۲۳	۲۳	پروتئین خام (%)
۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۶	۰/۹۶	کلسیم (%)
۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۴۸	فسفر قابل دسترس (%)
۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	سدیم (%)
۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	کلر (%)
۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۲۸	۱/۲۸	SID لیزین (%)
۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۶۳	SID متیونین (%)
۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۵	۰/۹۵	SID اسیدهای آمینه گوگرددار (%)

^۱ هر ۲/۵ کیلوگرم از مکمل ویتامینی تأمین کننده مقادیر زیر بود: ۱۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۱۸۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D، ۳۶۰۰۰ واحد میلی گرم ویتامین E، ۵۰۰۰ میلی گرم ویتامین K، ۱۶۰۰ میلی گرم کوبالامین، ۱۵۳۰ میلی گرم تیامین، ۷۵۰۰ میلی گرم ریوفلاوین، ۱۲۲۴۰ میلی گرم پانتوتنیک اسید، ۳۰۴۰۰ میلی گرم نیاسین، ۱۵۳۰ میلی - گرم پیریدوکسین، ۵۰۰۰ میلی گرم بیوتین و ۶۵۰ میلی گرم کولین کلراید.

^۲ هر ۲/۵ کیلوگرم از مکمل مواد معدنی تأمین کننده مقادیر زیر بود: ۱۶۱/۲۵ گرم منگنز، ۸۴/۵ گرم روی، ۲۵۰ گرم آهن، ۲۰ گرم مس، ۱۶۰۰ گرم ید، ۴۷۵ گرم کبالت و ۲۰ گرم سلنیوم.

جدول ۲- تأثیر تخمیر میکروبی بر pH، جمعیت میکروبی و ترکیب شیمیایی کنجاله سویا

سطح احتمال	خطای معیار	کنجاله سویای تخمیری	کنجاله سویای معمولی	
۰/۰۰۲	۰/۱۱	۳/۷۱ ^b	۵/۶۹ ^a	pH
<۰/۰۰۱	۰/۲۲	۹/۲۲ ^a	۳/۹۵ ^b	باکتری‌های مولد اسید لاکتیک (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۰۰۲	۰/۳۲	۱/۳۸ ^b	۴/۵۲ ^a	کلی‌فرم‌ها (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۰۰۳	۰/۳۲۱	۴۶/۳۷ ^b	۴۳/۵۵ ^b	پروتئین خام (%)
۰/۰۰۱	۰/۱۵	۰/۸۵ ^b	۲/۶۱ ^a	بازدارنده تریپسین (mg/kg)

^{a-b} در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف متفاوت از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری هستند ($P < 0.05$).

جدول ۳- عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در کل دوره پرورش (سن ۱ تا ۴۲ روزگی)

سطح احتمال	خطای معیار	تیمارهای غذایی			شاهد	صفات مورد بررسی
		کنجاله سویای تخمیری و پری‌بیوتیک	کنجاله سویای تخمیری	پری‌بیوتیک		
۰/۰۰۱	۱۶/۶۷	۲۷۸۹/۶۲ ^a	۲۷۳۶/۸۷ ^b	۲۷۰۰/۲۲ ^b	۲۶۵۵/۶۷ ^c	افزایش وزن (g)
۰/۶۴	۲۵/۱۵	۴۶۱۶/۱۰	۴۵۸۲/۸۲	۴۵۹۴/۰۳	۴۵۷۱/۷۶	مصرف خوراک (g)
۰/۰۰۳	۰/۰۱	۱/۶۵ ^c	۱/۶۷ ^{bc}	۱/۷۰ ^{ab}	۱/۷۲ ^a	ضریب تبدیل خوراک

^{a-c} در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف متفاوت از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری هستند ($P < 0.05$).

جدول ۴- pH و جمعیت میکروبی محتویات دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در سن ۲۱ روزگی

سطح احتمال	خطای معیار	تیمارهای غذایی			شاهد	صفات مورد بررسی
		کنجاله سویای تخمیری و پری-بیوتیک	کنجاله سویای تخمیری	پری‌بیوتیک		
						چینه دان
۰/۰۰۱	۰/۰۹	۴/۰۱ ^b	۳/۹۷ ^b	۴/۱۸ ^a	۴/۲۱ ^a	pH
۰/۰۰۲	۰/۱۰	۷/۰۷ ^a	۶/۸۸ ^a	۶/۲۲ ^b	۶/۳۰ ^b	باکتری‌های مولد اسید لاکتیک (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۱۶	۰/۱۲	۷/۲۴	۶/۹۰	۷/۱۴	۷/۰۹	کل باکتری‌های بی‌هوازی (Log ₁₀ CFU/g)
						ایلنوم
۰/۰۰۱	۰/۰۶	۵/۹۰ ^c	۶/۱۳ ^b	۶/۳۰ ^{ab}	۶/۴۲ ^a	pH
۰/۰۳	۰/۱۲	۷/۴۴ ^a	۷/۳۹ ^a	۷/۲۴ ^{ab}	۷/۱۳ ^b	باکتری‌های مولد اسید لاکتیک (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۰۰۵	۰/۰۷	۳/۶۵ ^b	۳/۷۰ ^b	۳/۶۲ ^b	۳/۹۰ ^a	گونه‌های کلاستریدیوم (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۰۱	۰/۰۵	۴/۹۴ ^b	۴/۸۶ ^b	۴/۹۰ ^b	۵/۱۱ ^b	گونه‌های کلی‌فرم (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۱۹	۰/۰۷	۷/۰۴	۷/۰۶	۷/۰۸	۷/۲۳	کل باکتری‌های بی‌هوازی (Log ₁₀ CFU/g)
						روده کور
<۰/۰۰۰۱	۰/۰۷	۵/۶۰ ^c	۵/۹۶ ^b	۵/۸۹ ^b	۶/۱۷ ^a	pH
۰/۰۰۳	۰/۰۶	۸/۲۵ ^a	۷/۸۱ ^b	۷/۹۰ ^b	۷/۴۳ ^c	باکتری‌های مولد اسید لاکتیک (Log ₁₀ CFU/g)
						(CFU/g)
۰/۰۰۱	۰/۱۰	۳/۹۰ ^b	۳/۹۸ ^b	۴/۰۱ ^b	۴/۲۰ ^a	گونه‌های کلاستریدیوم (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۰۰۵	۰/۰۹	۴/۰۳ ^c	۴/۱۰ ^{bc}	۴/۱۵ ^b	۴/۳۳ ^a	گونه‌های کلی‌فرم (Log ₁₀ CFU/g)
۰/۲۷	۰/۰۵	۶/۷۱	۶/۸۰	۷/۰۴	۶/۹۴	کل باکتری‌های بی‌هوازی (Log ₁₀ CFU/g)

^{a-c} در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف متفاوت از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری هستند ($P < 0.05$).

جدول ۵- خصوصیات ریخت شناسی روده باریک جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در سن ۲۱ روزگی

سطح احتمال	خطای معیار	تیمارهای غذایی			شاهد	صفات مورد بررسی
		کنجاله سویای تخمیری و پری بیوتیک	کنجاله سویای تخمیری	پری بیوتیک		
۰/۰۰۱	۶/۶۲	۹۷۵/۸۲ ^a	۹۴۳/۲۰ ^b	۹۳۲/۹۵ ^b	۸۸۲/۴۰ ^c	دوازدهم ارتفاع پرز (μm)
۰/۳۳	۲/۲۴	۱۳۰/۱۶	۱۲۸/۰۱	۱۳۳/۳۰	۱۳۲/۰۱	عمق کریپت (μm)
۰/۰۰۱	۰/۰۶	۷/۵۱ ^a	۷/۳۸ ^{ab}	۷/۰۱ ^b	۶/۶۹ ^c	ارتفاع پرز: عمق کریپت
۰/۰۰۲	۷/۰۴	۶۹۰/۴۱ ^a	۶۴۰/۱۵ ^b	۶۳۰/۷۰ ^b	۶۰۳/۲۰ ^c	تهی روده ارتفاع پرز (μm)
۰/۴۸	۲/۵۶	۱۲۲/۰۵	۱۲۴/۰۱	۱۲۳/۱۲	۱۲۵/۹۰	عمق کریپت (μm)
۰/۰۰۵	۰/۰۵	۵/۶۷ ^a	۵/۱۷ ^b	۵/۱۳ ^b	۴/۸۰ ^c	ارتفاع پرز: عمق کریپت
۰/۲۶	۷/۱۲	۴۲۱/۵۰	۴۱۰/۹۵	۴۱۲/۶۴	۳۹۰/۱۵	ایلنوم ارتفاع پرز (μm)
۰/۵۲	۲/۶۵	۹۹/۱۰	۱۰۰/۲۵	۹۹/۴۰	۱۰۰/۷۰	عمق کریپت (μm)
۰/۴۴	۰/۲۱	۴/۲۵	۴/۱۱	۴/۱۶	۳/۸۸	ارتفاع پرز: عمق کریپت

^{a-c} در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف متفاوت از نظر آماری دارای اختلاف معنی داری هستند ($P < 0.05$).

جدول ۶- فعالیت آنزیم‌های گوارشی جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در سن ۲۱ روزگی

سطح احتمال	خطای معیار	تیمارهای غذایی			شاهد	صفات مورد بررسی
		کنجاله سویای تخمیری و پری بیوتیک	کنجاله سویای تخمیری	پری بیوتیک		
۰/۳۷	۰/۶۴	۱۵/۲۰	۱۵/۶۷	۱۴/۳۲	۱۲/۷۰	تهی روده آمیلاز (U/mg protein)
۰/۴۵	۱/۰۵	۱۳/۹۱	۱۳/۰۱	۱۴/۸۰	۱۴/۲۱	لیپاز (U/mg protein)
۰/۰۰۱	۲/۷۶	۷۱/۹۰ ^a	۷۰/۱۲ ^{ab}	۶۴/۴۰ ^{bc}	۶۰/۴۶ ^c	پروتئاز (U/mg protein)
۰/۶۱	۱/۵۶	۳۹/۹۵	۳۹/۲۰	۳۹/۵۰	۳۸/۲۷	لوزالمعده آمیلاز (U/mg protein)
۰/۵۸	۱/۴۰	۲۵/۳۰	۲۳/۸۰	۲۲/۰۱	۲۴/۵۴	لیپاز (U/mg protein)
۰/۲۹	۲/۶۹	۱۲۵/۰۷	۱۲۴/۶۵	۱۱۱/۰	۱۰۵/۶۷	پروتئاز (U/mg protein)

^{a-c} در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف متفاوت از نظر آماری دارای اختلاف معنی داری هستند ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان بیان نمود که تغذیه خوراک‌های تخمیری (به دلیل داشتن ترکیبات فراسودمند نظیر باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و pH پایین) به جوجه‌های گوشتی سبب بهبود عملکرد رشد، توازن جمعیت میکروبی و خصوصیات موفولوژیک روده و نیز بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی شد. همچنین افزودن مکمل پری‌بیوتیک مانان-الیگوساکارید به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب بهبود سلامت دستگاه گوارش (بهبود توازن جمعیت میکروبی و خصوصیات موفولوژیک روده) شد که به دنبال آن افزایش عملکرد را به همراه داشت. همچنین یک اثر سینرژیکی در عملکرد رشد، مورفولوژی روده و برخی فراسنجه‌های میکروبی جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با کنجاله سویای تخمیری به علاوه پری‌بیوتیک، مشاهده شد. بنابراین با توجه به اثرات هم‌افزایی کنجاله سویای تخمیری و پری‌بیوتیک می‌توان اظهار داشت که استفاده توأم این ترکیبات می‌تواند به عنوان یک استراتژی کاربردی و مؤثر در جیره‌های غذایی فاقد آنتی‌بیوتیک در جهت بهبود عملکرد رشد و سلامت عمومی جوجه‌های گوشتی، مد نظر قرار گیرد.

پاورقی‌ها

- 1- *Lactobacillus plantarum*
- 2- *Bacillus subtilis*
- 3- *Aspergillus oryzae*
- 4- User-Friendly Feed Formulation Done Again (UFFDA)
- 5- Modified Rogosa agar (MRS-agar)
- 6- Violet Red Bile Agar (VRBA)
- 7- Plate Count Agar (PCA)
- 8- *Clostridium*
- 9- *Aspergillus niger*
- 10- *Lactobacillus acidophilus*
- 11- *Bifidobacterium*
- 12- *Lactobacillus fermentum*
- 13- *Saccharomyces cerevisiae*
- 14- *Enterococcus faecium*
- 15- *Escherichia coli*

منابع

- AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemists. 21th ed. Gaithersburg, M.D., USA.
- Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shams Shargh, M., Sadeghi Mahoonak, A. and Zerehdaran, S. (2017). Fermented rapeseed meal is effective in controlling *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection and improving growth performance in broiler chicks. *Veterinary Microbiology*. 201: 93-102.
- Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shams Shargh, M., Sadeghi Mahoonak, A. and Zerehdaran, S. (2018). Effects of feeding fermented rapeseed meal on growth performance, gastrointestinal microflora population, blood metabolites, meat quality, and lipid metabolism in broiler chickens. *Livestock Science*. 21: 183-190.
- Aviagen International. (2014). Aviagen International Nutrition specifications manual: Ross 308. Aviagen Ltd., Scotland, UK.
- Baurhoo, B., Ferket, P.R. and Zhao, X. (2009). Effects of diets containing different concentrations of mannanoligosaccharide or antibiotics on growth performance, intestinal development, cecal and litter microbial populations, and carcass parameters of broilers. *Poultry Science*. 88: 2262-2272.
- Chiang, G., Lu, W.Q., Piao, X.S., Hu, J.K., Gong, L.M. and Thacker, P.A. (2010). Effects of feeding solid-state fermented rapeseed meal on performance, nutrient digestibility, intestinal ecology and intestinal morphology of broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23: 263-271.
- 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: 453-463.
- Feng, J., Liu, X., Liu, Y.Y., Xu, Z.R. and Lu, Y.P. (2007a). Effects of *Aspergillus oryzae* 3.042 fermented soybean meal on growth performance and plasma biochemical parameters in broilers. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 134: 235-242.
- Feng, J., Liu, X., Xu, Z.R., Wang, Y.Z. and Liu, J.X. (2007b). Effects of fermented soybean meal on digestive enzyme activities and intestinal morphology in broilers. *Poultry Science*. 86: 1149-1154.

- Hosoi, T., Ametani, A., Kiuchi, K. and Kaminogawa, S. (2000). Improved growth and viability of lactobacilli in the presence of *Bacillus subtilis* (natto), catalase, or subtilisin. *Canadian Journal of Microbiology*. 46: 892-897.
- Hu, J., Lu, W., Wang, C., Zhu, R. and Qiao, J. (2008). Characteristics of solid-state fermented feed and its effects on performance and nutrient digestibility in growing-finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21: 1635-1641.
- Jazi, V., Ashayerizadeh, A., Toghyani, M., Shabani, A., Tellez, G. and Toghyani, M. (2018a). Fermented soybean meal exhibits probiotic properties when included in Japanese quail diet in replacement of soybean meal. *Poultry Science*. 97: 2113-2122.
- Jazi, V., Boldaji, F., Dastar, B., Hashemi, S.R. and Ashayerizadeh, A. (2017). Effects of fermented cottonseed meal on the growth performance, gastrointestinal microflora population and small intestinal morphology in broiler chickens. *British Poultry Science*. 58: 402-408.
- Jazi, V., Foroozandeh, A.D., Toghyani, M., Dastar, B., Rezaie Koochaksaraie, R. and Toghyani, M. (2018b). Effects of *Pediococcus acidilactici*, mannan-oligosaccharide, butyric acid and their combination on growth performance and intestinal health in young broiler chickens challenged with *Salmonella* Typhimurium. *Poultry Science*. 97: 2034-2043.
- Kook, M.C., Cho, S.C., Hong, Y.H. and Park, H. (2014). *Bacillus subtilis* fermentation for enhancement of feed nutritive value of soybean meal. *Journal of Applied Biological Chemistry*. 57: 183-188.
- Niba, A.T., Beal, J.D., Kudi, A.C. and Brooks, P.H. (2009). Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*. 8: 1758-1767.
- Pourabedin, M., Chen, Q., Yang, M. and Zhao, X. (2017). Mannan-and xylooligosaccharides modulate caecal microbiota and expression of inflammatory-related cytokines and reduce caecal *Salmonella enteritidis* colonisation in young chickens. *FEMS Microbiology Ecology*. 93: 226-234.
- Rajani, J., Dastar, B., Samadi, F., Karimi Torshizi, M.A., Abdulkhani, A. and Esfandyarpour, S. (2016). Effect of extracted galactoglucomannan oligosaccharides from pine wood (*Pinus brutia*) on *Salmonella* Typhimurium colonisation, growth performance and intestinal morphology in broiler chicks. *British Poultry Science*. 57: 682-692.
- Roberfroid, M., Gibson, G.R., Hoyles, L., McCartney, A.L., Rastall, R., Rowland, I. and Guarner, F. (2010). Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*. 104: S1-S63.
- SAS Institute, SAS User's Guide. (2003) Version 9.1 edition. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Shabani, A., Boldaji, F., Dastar, B., Ghoorchi, T. and Zerehdaran, S. (2018). Preparation of fish waste silage and its effect on the growth performance and meat quality of broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98: 4097-4103.
- Smith, C., Van Megen, W., Twaalfhoven, L. and Hitchcock, C. (1980). The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 31: 341-350.
- Sun, H., Yao, X., Wang, X., Wu, Y., Liu, Y., Tang, J. and Feng, J. (2015) Chemical composition and in vitro antioxidant property of peptides produced from cottonseed meal by solid-state fermentation. *Cyta-Journal of Food*. 13: 264-272.
- Sun, H., Tang, J.W., Yao, X.H., Wu, Y.F., Wang, X. and Feng, J. (2013). Effects of dietary inclusion of fermented cottonseed meal on growth, cecal microbial population, small intestinal morphology, and digestive enzyme activity of broilers. *Tropical Animal Health and Production*. 45: 987-993.
- Taheri, H.R., Moravej, H., Tabandeh, F., Zaghari, M. and Shivazad, M. (2009). Screening of lactic acid bacteria toward their selection as a source of chicken probiotic. *Poultry Science*. 88: 1586-1593.
- UFFDA. (1992). User Friendly Feed Formulation Done Again. Software Package, University of Georgia.
- Xu, Z.R., Hu, C.H., Xia, M.S., Zhan, X.A. and Wang, M.Q. (2003). Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science*. 82: 1030-1036.