University of Tehran Press

Journal of Veterinary Research

Homepage: jvr.ut.ac.ir

Online ISSN: 2251-6190

Research Article

Synergistic Effects of Probiotic and Acidifier on Physiological Growth, Blood Biochemical, and Intestinal Histomorphology of Broiler Chickens

Hossein Darzi Borkhani[1]✉, Shaban Rahimi[2]✉, Mohammad Amir Karimi Torshizi[2]✉

[1] *Graduated from the Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Poultry Sciences, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran*

***Received:** 14 Jul 2026, **Reciver in revised from:** 9 Sep 2026, **Accepted:** 16 Sep 2026, **Available online**: 21 Dec 2026*

10.22059/jvr.2026.398382.3528 **J Vet Res, Volume 81, Number 4, 2026, 297-307**

Abstract

BACKGROUND: Probiotics and acidifiers, as important alternatives to growth-promoting antibiotics, have positive effects on poultry performance.

OBJECTIVES: This study aimed to investigate the synergistic effects of probiotics and acidifiers on physiological growth, blood biochemical, and intestinal histomorphology of broiler chickens.

METHODS: In this study, 288 male and female Arian broiler chickens were reared for 42 days with free access to feed and water. The chickens were randomly divided into six experimental groups with four replications and 12 birds in each replication. The groups were included: Basal diet (control), acidifier (250 mL per 1000 L of water), Iranian-made probiotic (500 g per 1000 L of water), Lactofeed multi-purpose probiotic (200 g per ton of feed until day 21 and 100 g until the day of slaughter), acidifier + Iranian-made probiotic, and acidifier + Lactofeed multi-purpose probiotic. Feed intake, body weight gain, feed conversion ratio (FCR), intestinal morphology, and blood parameters were examined.

RESULTS: In the first week, the acidifier + probiotic Lactofeed group had the greatest feed intake compared to other groups ($P<0.05$), and the acidifier group showed the best FCR ($P<0.05$). In the sixth week, the acidifier + Iranian-made probiotic group had the best performance ($P<0.05$). In jejunum, the Lactofeed probiotic group had the greatest villus height compared to other groups, and the acidifier + Iranian-made probiotic group showed the best villus thickness and villus surface ($P<0.05$). The villus surface index in ileum was the only statistically different index ($P<0.05$), in which the acidifier + Iranian-made probiotic group reported the greatest surface area. The Lactofeed group had better performance in all blood parameters such as albumin, cholesterol, total protein, triglycerides, and globulin.

CONCLUSIONS: The simultaneous use of Iranian-made probiotic and acidifier can improve the FCR of poultry and is more effective than their single use. The use of Lactofeed probiotic can lead to better results in all blood parameters.

Keywords: Acidifier, Broiler, Performance, Probiotic, Synergy

Copyright © The Author(s). Publisher: University of Tehran Press Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

Corresponding author: Shaban Rahimi, Tel/Fax: +9821-48292358

How to cite this article:

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Ingredients and chemical composition of the starter, grower and finisher diets.
Table 2. Mean feed consumption (g) in different experimental groups at the end of different weeks of rearing.
Table 3. Mean live weight gain and final body weight (g) in different experimental groups at the end of rearing weeks.
Table 4. Mean FCR in different experimental groups at the end of the rearing weeks.
Table 5. Mean levels of intestinal morphology indices in different experimental groups.
Table 6. Mean blood parameters in different experimental groups.

مجله تحقیقات دامپزشکی
Homepage: jvr.ut.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۶۱۹۰-۲۲۵۱
انتشارات دانشگاه تهران
مقاله پژوهشی

اثر هم‌افزایی پروبیوتیک و اسیدی‌فایر بر عملکرد رشد، بیوشیمی خون و هیستومرفومتری روده در جوجه‌های گوشتی

حسین درزی بورخانی[۱]، شعبان رحیمی[۲]، محمدامیر کریمی ترشیزی[۲]

[۱] دانش آموخته دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۲] گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۲۳ تیر ۱۴۰۵، **تاریخ بازنگری:** ۱۸ شهریور ۱۴۰۵، **تاریخ پذیرش:** ۲۵ شهریور ۱۴۰۵، **تاریخ انتشار:** ۳۰ آذر ۱۴۰۵

دوره ۸۱، شماره ۴، ۱۴۰۵، ۳۰۷-۲۹۷

10.22059/jvr.2026.398382.3528

چکیده

زمینه مطالعه: پروبیوتیک‌ها و اسیدی‌فایرها به‌عنوان جایگزین‌های مهم آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد، اثرات مثبتی بر عملکرد طیور دارند.

هدف: بررسی هم‌افزایی پروبیوتیک و اسیدی‌فایر در اثرات مثبت این دو جایگزین آنتی‌بیوتیک، هدف مطالعه حاضر بود.

روش‌کار: در مطالعه حاضر تعداد ۲۸۸ جوجه گوشتی سویه آرین به‌مدت ۴۲ روز با دسترسی آزاد به خوراک و آب پرورش یافتند. جوجه‌ها بدون تفکیک جنسیت و به‌صورت تصادفی به ۶ گروه آزمایشی با ۴ تکرار و ۱۲ قطعه در هر تکرار تقسیم شدند. گروه‌ها شامل: ۱. جیره پایه (کنترل)؛ ۲. اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب)؛ ۳. پروبیوتیک تولید داخل (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)؛ ۴. پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار)؛ ۵. استفاده هم‌زمان از اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل؛ ۶. استفاده هم‌زمان از اسیدی‌فایر در آب و پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید بودند. مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، مورفولوژی روده و فراسنجه‌های خونی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: در هفته اول، تیمار ترکیبی حاوی اسیدی‌فایر و پروبیوتیک لاکتوفید، بیشترین میزان مصرف خوراک را در بین تیمارها داشت ($P<۰/۰۵$). در هفته اول پرورش، تیمار اسیدی‌فایر به تنهایی بهترین ضریب تبدیل را نشان داد ($P<۰/۰۵$). در هفته ششم و در کل دوره، تیمار ترکیبی اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل بهترین عملکرد را داشت ($P<۰/۰۵$). در ژژونوم در شاخص ارتفاع پرز، تیمار پروبیوتیک لاکتوفید، بلندترین ارتفاع پرز را بین سایر تیمارها داشت و همچنین ترکیب تیمار پروبیوتیک تولید داخل و اسیدی‌فایر بهترین ضخامت پرز و سطح پرز را نشان داد ($P<۰/۰۵$). شاخص سطح پرز در ایلئوم تنها شاخص متفاوت ازلحاظ آماری بود ($P<۰/۰۵$)، که در این معیار، ترکیب تیمار اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل بهترین سطح را نشان دادند. لاکتوفید موفق شد در تمام پارامترها مانند آلبومین، کلسترول، پروتئین کل، تری‌گلیسیرید و گلوبولین، عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها ارائه دهد اما ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری نهایی: استفاده هم‌زمان از پروبیوتیک تولید داخل و اسیدی‌فایر، ضریب تبدیل غذایی طیور را بهبود بخشید و اثربخشی بیشتری نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها داشت. بااین‌حال، پروبیوتیک لاکتوفید عملکرد بهتری نشان داد.

کلمات کلیدی: اسیدی‌فایر، پروبیوتیک، جوجه گوشتی، عملکرد، هم‌افزایی

کپی‌رایت © نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

نویسنده مسئول: شعبان رحیمی، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

مقدمه

صنعت طیور به‌واسطه تأمین پروتئین حیوانی نقش کلیدی در امنیت غذایی دارد، اما چالش‌های متعددی ازجمله بیماری‌های مختلف، محدودیت‌های دارویی و مسائل زیست‌محیطی این صنعت را تهدید می‌کند. استفاده از افزودنی‌های خوراکی مختلف در تغذیه طیور می‌تواند تا حد زیادی از اثرات بد این چالش‌ها بکاهد. افزودنی‌های خوراکی می‌توانند در بهبود بازده خوراک، تقویت سیستم ایمنی، بهبود سلامت روده و کاهش تنش اکسیداتیو و گرمایی نقش داشته باشند. براساس تقسیم‌بندی سازمان ایمنی مواد غذایی اروپا (European Food Safety Authority: EFSA)، افزودنی‌های مورداستفاده در تغذیه طیور به پنج دسته شامل افزودنی‌های تغذیه‌ای، زئوتکنیک، تکنولوژیک، بهداشتی و حسی تقسیم می‌شوند. گروهی از افزودنی‌ها که بر میکروفلورای دستگاه

گوارش اثر گذاشته و سبب رشد آن‌ها می‌شود افزودنی‌های زئوتکنیک نام دارند و شامل پروبیوتیک، پری‌بیوتیک، آنزیم‌ها، اسیدهای آلی و برخی از ترکیبات فیتوژنیک می‌باشند(۱).

پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده و مفیدی می‌باشند که با چندین مکانیسم کلیدی به سلامت میزبان کمک می‌کنند. این میکروارگانیسم‌ها ابتدا با اشغال جایگاه‌های اتصال در روده و رقابت بر سر منابع غذایی، از کلونیزه شدن پاتوژن‌های مضر جلوگیری می‌کنند. سپس با ترشح آنزیم‌های گوارشی و اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر، هضم و جذب مواد مغذی را بهبود می‌بخشند. ازسوی‌دیگر، پروبیوتیک‌ها با تحریک سلول‌های ایمنی روده و افزایش تولید ایمونوگلوبولین‌ها، پاسخ ایمنی میزبان را تقویت می‌کنند. همچنین این میکروارگانیسم‌های مفید با افزایش تولید موسین و تحریک تکثیر سلول‌های اپیتلیال روده، به بازسازی و حفظ یکپارچگی سد روده‌ای کمک شایانی می‌نمایند. این عملکردهای چندگانه درنهایت به ایجاد تعادل مطلوب در میکروبیوتای روده و ارتقای سلامت عمومی میزبان منجر می‌شود(۲). لاکتوباسیلوس، بیفیدوباکتریوم، انتروکوکوس فاسیوم و ساکارومایسس سرویسیه از پروبیوتیک‌های رایج در تغذیه طیور می‌باشند(۳).

اسیدی‌فایرها ازجمله افزودنی‌های ضروری در جیره طیور محسوب می‌شوند که با مکانیسم‌های مختلفی سلامت و عملکرد پرنده را بهبود می‌بخشند. این ترکیبات که عمدتاً شامل اسیدهای آلی (فرمیک، پروپیونیک و سیتریک) و معدنی (فسفریک و سولفوریک) می‌باشند، با کاهش pH دستگاه گوارش، شرایط را برای رشد باکتری‌های مفید روده فراهم کرده و از تکثیر پاتوژن‌ها جلوگیری می‌کنند(۴). اسیدهای آلی علاوه‌بر خاصیت ضدمیکروبی، با افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و بهبود جذب مواد مغذی، موجب افزایش بازدهی خوراک می‌شوند(۵).

باتوجه‌به نقش مکمل این دو ترکیب و نیاز به مطالعات بیشتر در زمینه اثرات سینرژیستیک آن‌ها، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر هم‌افزایی پروبیوتیک و اسیدی‌فایر بر فیزیولوژی رشد، سلامت روده و عملکرد تولیدی جوجه‌های گوشتی طراحی شده است. نتایج مطالعه حاضر می‌تواند راهکارهای عملی‌تری را برای بهبود سیستم‌های پرورش بدون آنتی‌بیوتیک و دستیابی به تولید پایدار در صنعت طیور ارائه نماید.

مواد و روش کار

مطالعه حاضر بر روی ۲۸۸ قطعه جوجه یک روزه گوشتی سویه آرین انجام شد. طرح آزمایش شامل ۶ تیمار که هر تیمار دارای ۴ تکرار و هر تکرار شامل ۱۲ قطعه جوجه گوشتی ۱ روزه از هر دو جنس بود. تیمارهای آزمایشی بدین قرار بود:

گروه اول: کنترل (جیره پایه بدون مواد افزودنی)؛ گروه دوم: اسیدی‌فایر +۴ شامل اسید فرمیک، اسید پروپیونیک، اسید لاکتیک، اسید سیتریک، کلرید مس و کلرید روی (۲۵۰میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب)؛ گروه سوم: پروبیوتیک تولید داخل تولیدی مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران حاوی باکتری‌های *Lactobacillus brevi* , *Pediococcus acidilactici* و مخمرهای *Pichia fermentas, Kluyveromyces marixanus* (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)؛ گروه چهارم: پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید حاوی *Lactobacillus acidophilus, casei, bifidum, Enterococous faecium, Bifidobacterium* (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار)؛ گروه پنجم: استفاده هم‌زمان از اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب) و پروبیوتیک تولید داخل (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)؛ گروه ششم: استفاده هم‌زمان از اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب) و پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار).

یک هفته پیش از ورود جوجه‌ها به سالن، کلیه تجهیزات و تأسیسات سالن پرورش، ازجمله خطوط لوله آب آشامیدنی، ظروف دانخوری، سیستم‌های گرمایشی و سیستم تهویه بررسی و سپس تمام بخش‌های سالن شست‌وشو، ضدعفونی و شعله‌دهی شدند. پس از پوشاندن کف سالن با پوشال، سالن و تجهیزات آن نیز با گاز فرمالدیید ضدعفونی شد.

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره مرحله آغازین، رشد و پایانی.

اجزای تشکیل دهنده جیره (گرم در کیلوگرم)	آغازین (۱-۱۴)	رشد (۱۵-۲۴)	پایانی ۱ (۲۵-۳۵)	پایانی ۲ (۳۶-۴۲)
ذرت (پروتئین ۷/۵ درصد)	۵۵۷/۸۳	۵۹۵/۴۱	۶۳۶/۴۲	۶۷۰/۴
کنجاله سویا (پروتئین ۴۴ درصد)	۳۶۹	۳۴۶	۳۰۵	۲۷۶
کنجاله گلوتن ذرت (پروتئین ۶۰ درصد)	۲۰	-	-	-
روغن سویا	۹	۱۸	۲۱/۵	۱۶
دی ال متیونین	۲/۶۲	۲/۵۵	۲/۲۷	۲/۲
ال لیزین هیدروکلراید	۱/۹۸	۱/۴۵	۱/۴۷	۱/۶۵
ال ترئونین	۰/۵۷	۰/۶۳	۰/۵۴	۰/۶
دی کلسیم فسفات	۱۹/۶	۱۷/۶	۱۵/۱	۱۵/۴
کربنات کلسیم	۱۰/۸	۹/۷۶	۹/۱	۹/۱۵
نمک طعام	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶
مکمل ویتامینی و معدنی	۵	۵	۵	۵
کل	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
تجزیه تقریبی	**آغازین**	**رشد**	**پایانی ۱**	**پایانی ۲**
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری)	۲۸۷۰	۲۹۵۰	۳۰۲۵	۳۰۲۵
پروتئین خام (درصد)	۲۲	۲۰	۱۸/۵	۱۷/۵
لیزین (درصد)	۱/۱۸	۱/۰۷	۰/۹۸	۰/۹۳
متیونین (درصد)	۰/۵۸	۰/۵۳۶	۰/۴۹۲	۰/۴۷۳
متیونین + سیستین (درصد)	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۲
ترئونین (درصد)	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۶۳
کلسیم (درصد)	۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۷۸
فسفر (درصد)	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۹
سدیم (درصد)	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶

جدول ۲. مقایسه میانگین خوراک مصرفی در گروه‌های آزمایشی مختلف در پایان هفته‌های مختلف پرورش (گرم).

گروه‌های آزمایشی	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	کل دوره
اول	۸۱/۹۵^{ab}	۲۳۶/۵۵	۳۹۱/۵۰	۶۰۲/۵۳	۷۴۹/۲۵	۱۰۳۱/۵۸	۳۰۹۳/۴۰
دوم	۷۳/۰۵^{b}	۲۳۲/۵۵	۴۰۵/۷۵	۵۸۵/۰۵	۷۵۱/۵۳	۱۰۳۴/۱۵	۳۰۸۲/۰۸
سوم	۸۲/۲۰^{ab}	۲۱۷/۰۰	۴۰۳/۷۸	۵۷۷/۹۵	۷۵۸/۹۸	۹۸۷/۲۰	۳۰۲۷/۱۳
چهارم	۸۳/۶۵^{a}	۲۲۳/۳۸	۴۰۱/۸۳	۵۶۲/۳۳	۷۵۸/۸۰	۹۶۰/۵۸	۲۹۹۰/۵۳
پنجم	۸۰/۴۰^{ab}	۲۲۲/۱۰	۴۱۱/۲۰	۵۹۱/۷۸	۷۶۶/۳۳	۹۸۰/۶۵	۳۰۵۲/۵۰
ششم	۸۲/۶۵^{ab}	۲۲۵/۱۵	۴۱۱/۳۰	۵۸۴/۰۵	۷۷۷/۴۸	۱۰۱۷/۹۵	۳۰۹۸/۵۵
Standard Error of the Mean	۲/۲۹	۸/۱۵	۸/۵۲	۱۹/۰۵	۱۵/۲۹	۲۶/۹۱	۵۲/۵۷
P-value	۰/۰۴۵	۰/۵۷۸	۰/۶۰۲	۰/۷۷۰	۰/۸۰۲	۰/۳۲۴	۰/۶۶۳

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). گروه ۱. گروه کنترل فاقد افزودنی، گروه ۲. گروه اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۳. گروه پروبیوتیک تولید داخل (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۴. پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار)، گروه ۵. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل ، گروه ۶. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید.

خوراک جوجه‌ها براساس نیازهای مواد مغذی توصیه‌شده توسط کاتالوگ جوجه گوشتی سویه آرین فرموله شد و طبق توصیه کاتالوگ مربوطه تا پایان دوره (سن ۴۲ روزگی) در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. در طول دوره پرورشی آب و خوراک به‌طور آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار داده شد. جیره‌ها برای ۴ دوره با کمک نرم‌افزار WUFFDA تنظیم (جدول ۱) و در اختیار جوجه‌ها قرار داده شد: ۱ تا ۱۴ روزگی: آغازین (انرژی: ۲۸۷۰ کیلوکالری، پروتئین خام: ۲۲ درصد)، ۱۵ تا ۲۴ روزگی: رشد (انرژی: ۲۹۵۰ کیلوکالری، پروتئین خام: ۲۰ درصد) ۲۵ تا ۳۹ روزگی: میانی (انرژی: ۳۰۲۵ کیلوکالری، پروتئین خام: ۱۸/۵ درصد) و ۴۰ تا ۴۲ روزگی: پایانی (انرژی: ۳۰۲۵ کیلوکالری، پروتئین خام: ۱۷/۵ درصد).

جدول ۳. مقایسه افزایش وزن زنده و وزن بدن نهایی در گروه‌های آزمایشی مختلف در پایان هفته‌های پرورش (گرم).

گروه‌های آزمایشی	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	کل دوره
اول	۶۷/۳۰	۱۴۰/۴۳	۲۲۰/۳۵	۳۱۱/۷۵	۳۳۵/۰۰	۳۷۹/۸۵	۱۴۵۴/۷۳
دوم	۶۷/۸۳	۱۴۱/۸۸	۲۲۶/۹۸	۲۸۰/۸۳	۳۳۶/۱۵	۴۰۴/۸۰	۱۴۵۸/۴۵
سوم	۶۷/۳۰	۱۴۷/۴۵	۲۳۰/۷۸	۲۸۹/۲۸	۳۴۴/۸۳	۴۱۳/۹۵	۱۴۹۳/۵۰
چهارم	۷۱/۹۰	۱۴۳/۵۳	۲۲۶/۹۳	۲۸۶/۷۳	۳۳۳/۸۸	۳۸۰/۵۵	۱۴۴۳/۴۸
پنجم	۶۷/۶۸	۱۴۹/۴۵	۲۲۷/۷۳	۲۸۸/۲۸	۳۲۷/۸۸	۳۶۹/۴۵	۱۴۳۰/۳۸
ششم	۶۹/۷	۱۴۳/۵۳	۲۲۲/۳۸	۲۹۵/۱۵	۳۵۵/۲۰	۳۷۹/۷۸	۱۴۶۵/۸۰
SEM	۱/۹۳	۴/۷۸	۶/۵۴	۱۰/۳۴	۱۲/۱۳	۱۱/۶۱	۲۶/۶۸
P-value	۰/۵	۰/۷	۰/۸	۰/۴	۰/۶	۰/۰۹	۰/۶

گروه ۱. گروه کنترل فاقد افزودنی، گروه ۲. گروه اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۳. گروه پروبیوتیک تولید داخل (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه۴. پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار)، گروه ۵. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل، ۶. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید.

جدول ۴. مقایسه میانگین ضریب تبدیل در گروه‌های آزمایشی مختلف در پایان هفته‌های پرورش.

گروه‌های آزمایشی	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	کل دوره
اول	۱/۲۲^{a}	۱/۶۹	۱/۷۷	۱/۹۳	۲/۲۵	۲/۷۱^{a}	۲/۱۲^{ab}
دوم	۱/۰۷^{b}	۱/۶۳	۱/۷۹	۲/۰۸	۲/۲۳	۲/۵۶^{ab}	۲/۱۱^{ab}
سوم	۱/۲۲^{a}	۱/۴۷	۱/۷۵	۱/۹۹	۲/۲۰	۲/۳۸^{b}	۲/۰۲^{b}
چهارم	۱/۱۶^{ab}	۱/۵۵	۱/۷۷	۱/۹۶	۲/۲۷	۲/۵۲^{ab}	۲/۰۷^{ab}
پنجم	۱/۱۸^{ab}	۱/۴۸	۱/۸۰	۲/۰۶	۲/۳۳	۲/۶۵^{a}	۲/۱۳^{a}
ششم	۱/۱۸^{ab}	۱/۴۸	۱/۸۰	۲/۰۶	۲/۳۳	۲/۶۸^{a}	۲/۱۱^{ab}
SEM	۰/۰۳۰	۰/۰۵۱	۰/۰۳۳	۰/۰۵۰	۰/۰۵۴	۰/۰۴۵	۰/۰۲۴
P-value	۰/۰۲۸	۰/۴۹۰	۰/۳۸۱	۰/۲۷۵	۰/۴۵۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۴۰

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). گروه ۱. گروه کنترل فاقد افزودنی، گروه ۲. گروه اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۳. گروه پروبیوتیک تولید داخل (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه۴. پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار)، گروه ۵. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل، گروه ۶. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید.

در پایان هر هفته پرورش، توزین پرندگان و بقایای خوراک در هر واحد آزمایشی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۵ گرم انجام گردید. میانگین خوراک مصرفی، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی برای هر قطعه طبق روابط مشخص محاسبه شد. همچنین وزن بدن در روز اول و پایان هر دوره پرورشی اندازه‌گیری شد. مقدار خوراک مصرفی، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی برای هر مرحله و نیز برای کل دوره محاسبه شد.

واکسیناسیون جوجه‌ها طبق توصیه سازمان دامپزشکی منطقه در طول دوره پرورش انجام شد. در روز اول واکسن دوگانه برونشیت (H-120) و نیوکاسل (B1) به شکل قطره چشمی استفاده شد، سپس در روز ۱۴ واکسن گامبرو و در روز ۲۴ نیز واکسن نیوکاسل لاسوتا از طریق آشامیدنی انجام شد.

در مدت پرورش، شرایط مدیریت سالن، تهویه، رطوبت و سیستم روشنایی طبق کاتالوگ راهنمای پرورش جوجه‌های گوشتی آرین بود. تلفات هر واحد آزمایشی به‌منظور اصلاح لازم برای خوراک مصرفی و ضریب تبدیل ثبت شد و لاشه‌ها به‌منظور تشخیص علت مرگ کالبدگشایی شدند.

مورفولوژی روده: در پایان دوره پرورشی (در ۴۲ روزگی)، چهار قطعه پرنده از هر تیمار آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و برای تهیه نمونه بافتی از روده کوچک کشتار شد. پس از کشتار، روده بی‌درنگ از بدن پرنده خارج و پس از اندازه‌گیری، از نقاط میانی قسمت‌های میان روده (از انتهای دوازده تا بقایای کیسه زرده) و انتهای روده باریک (از بقایای کیسه زرده تا محل انشعاب روده‌های کور) نمونه‌های بافت‌شناسی به طول نزدیک به ۲ سانتی‌متر توسط یک قیچی تیز جدا و بی‌درنگ پس از شست‌وشو توسط سرم فیزیولوژی در محلول سالین- فرمالین ۱۰ درصد به‌مدت ۲۴ ساعت پایدار شد.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر مورفولوژی روده.

گروه‌های آزمایشی		ارتفاع پرز (میکرومتر)	ضخامت پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	تراکم یاخته جامی (میکرومترNo/100)	شاخص پرز	سطح پرز (میلی متر مربع)
ژژونوم	اول	۸۹۵/۷۵^{ab}	۹۸/۵۰^{b}	۱۸۱/۲۵	۷/۵۰	۵/۳۳	۰/۲۸ ^{ab}
	دوم	۸۳۶/۰۰ ^{ab}	۹۷/۵۰^{b}	۱۴۹/۲۵	۸/۵۰	۵/۷۶	۰/۲۶^{b}
	سوم	۱۰۱۸/۲۵ ^{ab}	۱۳۳/۵۰^{a}	۱۹۵/۲۵	۸/۵۰	۵/۴۲	۰/۴۳^{a}
	چهارم	۷۳۷/۰۰^{b}	۱۰۹/۷۵ ^{ab}	۱۷۴/۷۵	۸/۲۵	۴/۲۶	۰/۲۵^{b}
	پنجم	۸۲۴/۲۵ ^{ab}	۱۱۵/۲۵ ^{ab}	۱۹۰/۰۰	۸/۲۵	۴/۴۸	۰/۳۰ ^{ab}
	ششم	۱۱۰۲/۷۵^{a}	۱۰۶/۵۰ ^{ab}	۱۹۳/۰۰	۱۱/۰۰	۵/۷۱	۰/۳۷ ^{ab}
	SEM	۵۳/۸۶	۵/۹۹	۲۰/۱۹	۱/۰۴	۰/۵۲	۰/۰۳
	P-value	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۶۱۴	۰/۲۹۹	۰/۲۳۴	۰/۰۰۰۹
ایلئوم	اول	۶۷۱/۷۵	۱۲۸/۵	۱۲۹/۲۵	۱۱/۰۰	۵/۲۱	۰/۲۷۲^{ab}
	دوم	۶۹۳/۷۵	۱۰۸/۲۵	۱۳۴/۷۵	۹/۰۰	۵/۱۹	۰/۲۳۵^{b}
	سوم	۷۶۷/۷۵	۱۴۰/۰۰	۱۴۶/۰۰	۱۰/۲۵	۵/۵۲	۰/۳۳۴^{a}
	چهارم	۶۰۷/۰۰	۱۳۰/۵۰	۱۳۳/۰۰	۱۰/۷۵	۴/۶۴	۰/۲۴۹^{ab}
	پنجم	۶۹۴/۵۰	۱۰۷/۰۰	۱۳۵/۵۰	۱۰/۷۵	۵/۲۰	۰/۲۳۳^{b}
	ششم	۶۷۶/۰۰	۱۲۱/۷۵	۱۳۴/۷۵	۱۰/۲۵	۵/۱۷	۰/۲۵۸^{ab}
	SEM	۳۵/۶۳	۶/۴۳	۱۲/۱۱	۱/۲۳	۰/۴۷۴	۰/۰۱۶
	P-value	۰/۱۱۲	۰/۰۱۱	۰/۹۵۲	۰/۸۸۱	۰/۸۷۱	۰/۰۰۳

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). گروه ۱. گروه کنترل فاقد افزودنی، گروه ۲. گروه اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۳. گروه پروبیوتیک تولید داخل (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۴. پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار)، گروه ۵. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل، گروه ۶. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید.

جدول ۶. مقایسه میانگین فراسنجه‌های خونی مختلف بر گروه‌های آزمایشی مختلف.

گروه‌های آزمایشی	آلبومین (گرم/دسی لیتر)	کلسترول (میلی گرم/دسی لیتر)	گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر)	پروتئین کل (گرم/دسی لیتر)	تری‌گلیسرید (میلی گرم/دسی لیتر)	گلوبولین (گرم/دسی لیتر)	نسبت آلبومین به گلوبولین
اول	۲/۵۵	۱۰۷/۰۱	۳۱۲/۷۸	۴/۴۵	۹۹/۷۱	۱/۹۰	۱/۴۵
دوم	۲/۸۰	۱۱۷/۸۰	۳۱۲/۰۱	۴/۸۶	۹۷/۱۷	۲/۰۶	۱/۴۲
سوم	۲/۸۸	۱۲۱/۲۱	۲۹۸/۹۴	۴/۶۴	۱۰۶/۷۶	۱/۷۶	۱/۶۸
چهارم	۲/۷۱	۱۱۳/۸۳	۲۹۴/۲۸	۴/۷۱	۱۰۷/۶۰	۲/۰۱	۱/۳۶
پنجم	۲/۷۹	۱۱۷/۴۲	۲۸۷/۲۹	۴/۷۵	۱۰۱/۴۰	۱/۹۶	۱/۴۵
ششم	۳/۰۰	۱۲۶/۰۳	۲۸۷/۹۹	۵/۱۳	۱۰۸/۵۹	۲/۱۳	۱/۵۷
SEM	۰/۱۵۹	۶/۶۸۱	۶/۰۷۱	۰/۲۵۲	۴/۲۲۸	۰/۲۲۷	۰/۲۲۵
P-value	۰/۴۷۹	۰/۴۷۹	۰/۲۲۰	۰/۵۶۰	۰/۳۲۵	۰/۸۹۱	۰/۹۲۸

گروه ۱. گروه کنترل فاقد افزودنی، گروه ۲. گروه اسیدی‌فایر (۲۵۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۳. گروه پروبیوتیک تولید داخل (۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)، گروه ۴. پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید (۲۰۰ گرم در هر تن خوراک تا روز ۲۱ و ۱۰۰ گرم تا روز کشتار)، گروه ۵. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل، گروه ۶. گروه اسیدی‌فایر و پروبیوتیک چندسویه لاکتوفید.

پس از پایداری کامل به‌ترتیب مراحل آب‌گیری، شفاف‌سازی، پارافین‌دهی و قالب‌گیری انجام گرفت. سپس با استفاده از میکروتوم چرخشی (Erma, Japan)، برش‌هایی به ضخامت ۵ میکرومتر از نمونه‌ها جدا شد و پس از پارافین‌زدایی با رنگ هماتوکسیلین- ائوزین و آلسین‌بلو رنگ‌آمیزی شدند. اندازه‌گیری شاخص‌های ارتفاع پرز، عمق کریپت و تعداد سلول‌های گابلت در هر نمونه با استفاده از میکروسکوپ نوری و به کمک میکرومتر تعبیه‌شده در داخل قطعه چشمی انجام گرفت. شاخص پرز از تقسیم ارتفاع پرز بر عمق کریپت محاسبه شد و شاخص سطح پرز نیز با استفاده از فرمول شماره ۱ محاسبه گردید(۶، ۷).

۱. سطح درز= (۲π) ×(۲÷ عرض پرز) ×(طول پرز)

بیوشیمی خون: در سن ۴۲ روزگی، با خون‌گیری از طریق سیاهرگ بالی از یک جوجه از هر تکرار، برای اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی خون مانند آلبومین، کلسترول، گلوکز، پروتئین تام، تری‌گلیسرید و اسیداوریک از کیت سنجش پارس آزمون و راهنمای مخصوص آن استفاده و گلوبولین از اختلاف مقدار پروتئین تام و آلبومین محاسبه شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری: مدل آماری مورداستفاده در مطالعه حاضر به‌صورت $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ است. در این مدل Y_{ij}، مقدار هر مشاهده و μ، میانگین صفت موردمطالعه و T_i، اثر تیمارهای آزمایشی و e_{ij} اثر خطای آزمایشی است. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها در مطالعه حاضر با استفاده از نسخه ۹/۱ بسته نرم‌افزاری SAS, Proc GLM انجام شد. پس از تجزیه واریانس (Variance)، میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای توکی (Tukey) مقایسه شد.

نتایج

مطابق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲، تیمارهای مختلف بر میزان مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در هفته اول تأثیرگذار بوده‌اند. در هفته اول، تیمار ترکیبی حاوی اسیدی‌فایر و پروبیوتیک لاکتوفید بیشترین میزان مصرف خوراک را در بین تیمارها داشت. این افزایش مصرف خوراک می‌تواند به‌دلیل تأثیر مثبت این ترکیبات بر بهبود عملکرد دستگاه گوارش، افزایش هضم و جذب مواد مغذی باشد. ازطرف‌دیگر، تیمار حاوی اسیدی فایر به تنهایی کمترین میزان مصرف خوراک را نشان داد. این کاهش ممکن است به‌دلیل اثرات اسیدی فایر بر کاهش pH دستگاه گوارش و درنتیجه کاهش اشتهای جوجه‌ها باشد. این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌داری بودند ($P<۰/۰۵$) که نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه ترکیبات مختلف بر مصرف خوراک در هفته اول است. بنابراین، استفاده از ترکیب اسیدی‌فایر و پروبیوتیک به نظر می‌رسد می‌تواند در بهبود مصرف خوراک مؤثر باشد، درحالی‌که استفاده از اسیدی‌فایر به تنهایی چنین اثری ندارد. در ادامه دوره (از هفته دوم تا هفته ششم) و همچنین در کل دوره پرورش، هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر مصرف خوراک مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

نتایج نشان‌دهنده روند افزایش وزن جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر تیمارهای مختلف شامل اسیدی‌فایر، پروبیوتیک‌ها و ترکیب آن‌ها طی دوره‌های مختلف پرورش می‌باشد. بااین‌حال، در هیچ‌یک از هفته‌های ارزیابی‌شده و همچنین درمجموع کل دوره، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$). بررسی میانگین‌های افزایش وزن در هفته‌های مختلف نشان می‌دهد گروه‌های دریافت‌کننده پروبیوتیک تولید داخل و تیمار ترکیبی اسیدی‌فایر و پروبیوتیک‌ها در برخی از هفته‌ها، افزایش وزنی بالاتر نسبت به سایر گروه‌ها داشتند؛ باوجوداین، تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبودند ($P>۰/۰۵$) (جدول ۳).

نتایج نشان داد در هفته اول پرورش، تیمار اسیدی‌فایر به تنهایی بهترین ضریب تبدیل را داشت ($P<۰/۰۵$) درمقابل، تیمار ترکیبی اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل و تیمار کنترل، بالاترین ضریب تبدیل را داشته‌اند. هفته‌های دوم تا پنجم، تفاوت معنی‌داری در ضریب تبدیل خوراک بین تیمارها مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). در هفته ششم، تیمار ترکیبی اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل بهترین عملکرد را داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین، تیمارهای اسیدی‌فایر به تنهایی و اسیدی‌فایر همراه با پروبیوتیک لاکتوفید نیز نسبت به کنترل عملکرد بهتری نشان دادند، اما در کل دوره اسیدی‌فایر همراه با پروبیوتیک تولید داخل کمترین عدد را برای ضریب تبدیل گزارش نمودند ($P<۰/۰۵$) (جدول ۴).

مورفولوژی مخاط روده در ناحیه ژژونوم، ازنظر ارتفاع، ضخامت و سطح پرز تفاوت آماری معنی‌داری داشتند ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری‌که در شاخص ارتفاع پرز، تیمار پروبیوتیک لاکتوفید بیشترین ارتفاع پرز را بین سایر تیمارها داشت و همچنین ترکیب تیمار پروبیوتیک تولید داخل و اسیدی‌فایر بهترین ضخامت پرز و سطح پرز را نشان داد ($P<۰/۰۵$). شاخص سطح پرز در ایلئوم تنها شاخص متفاوت از لحاظ آماری بود ($P<۰/۰۵$) که در این معیار، ترکیب تیمار اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل بهترین سطح را نشان داد (جدول ۵).

نتایج در تمام شاخص‌های بیوشیمیایی شامل آلبومین، کلسترول، پروتئین تام، تری‌گلیسیرید و گلوبولین، تیمار پروبیوتیک لاکتوفید مقادیر عددی بیشتری را نشان داد و تنها در نسبت آلبومین به گلوبولین، تیمار ترکیبی اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل مقدار کمی بیشتری بود. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت و قابل‌توجه افزودنی لاکتوفید در بهبود شاخص‌های بیوشیمیایی خون است. لاکتوفید

موفق شد در تمام پارامترها مانند آلبومین، کلسترول، پروتئین تام، تری‌گلیسیرید و گلوبولین، عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها ارائه دهد ($P<0/05$) (جدول ۶).

بحث

مطالعه حاضر نشان داد مصرف خوراک در تیمارهای آزمایشی به‌جز در هفته اول تفاوت معنی‌داری نداشت، یافته‌ای که با نتایج Pham و همکاران در سال ۲۰۲۰ همخوانی(۸)، و با گزارش Mohammadi و همکاران در سال ۲۰۱۵ که بهبود عملکرد طیور را با استفاده از اسیدی‌فایرهای میکروکپسوله‌شده نشان دادند، مغایرت دارد(۹). اسیدی‌فایرها به‌طورکلی از طریق تعدیل میکروفلور روده و بهبود جذب مواد مغذی می‌توانند عملکرد رشد را تحت شرایط خاصی بهبود بخشند(۱۰).

در هفته اول، پرورش سیستم گوارشی جوجه به سرعت در حال تکامل است و میکروبیوتای روده در حال شکل‌گیری می‌باشد؛ بنابراین مداخله زودهنگام با پروبیوتیک‌ها و اسیدهای آلی با تسریع در کلونیزه‌سازی باکتری‌های مفید، مهار پاتوژن‌ها و بهبود یکپارچگی مخاط روده، بیشترین تأثیر را در ایجاد پایه‌ای قوی برای سلامت و جذب ماده مغذی دارد. با رسیدن سیستم گوارشی به بلوغ نسبی پس از هفته سوم و تثبیت جمعیت میکروبی، اکوسیستم روده پایدارتر شده و مزیت نسبی ایجادشده توسط افزودنی‌ها ممکن است توسط پرنده‌های شاهد نیز به‌دلیل بلوغ طبیعی جبران گردد. همچنین، کاهش نسبت دُز دریافت‌شده افزودنی به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن در پایان دوره و تغییر اولویت متابولیکی پرنده از توسعه اندام‌ها به سمت افزایش توده عضلانی، از دیگر عواملی می‌باشند که می‌توانند در کم‌رنگ شدن اثر افزودنی‌ها در طول زمان نقش داشته باشند(۱۱).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از ترکیب اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل به بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک در هفته ششم پرورش منجر شد. این یافته با گزارش Gao و همکاران در سال ۲۰۲۱ که بهبود عملکرد رشد را با استفاده از ترکیبات مشابه نشان دادند، همخوانی دارد(۱۲). بااین‌حال، در تضاد با یافته Cornelison و همکاران در سال ۲۰۰۵ قرار می‌گیرد که هیچ تأثیر معنی‌داری از این ترکیبات بر عملکرد رشد مشاهده نکردند(۱۳)؛ این تناقض در نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت در فرمولاسیون ترکیبات مورد استفاده، شرایط محیطی پرورش یا مرحله رشد پرندگان باشد. مکانیسم احتمالی تأثیر مثبت این ترکیبات می‌تواند از طریق کاهش pH محیط روده توسط اسیدی‌فایرها باشد که به بهبود هضم و جذب مواد مغذی منجر می‌شود(۱۴). ازسوی‌دیگر، پروبیوتیک‌ها به نظر می‌رسد در مراحل پایانی رشد تأثیر بیشتری داشته باشند که احتمالاً به‌دلیل تکمیل کلونیزاسیون میکروارگانیسم‌های مفید و ایجاد تعادل در میکروفلور روده‌ای است(۱۵، ۱۶).

مشابه با نتایج Awad و همکاران در سال ۲۰۰۹، در دوازدهه تغییر معنی‌داری در مورفولوژی روده مشاهده نشد که ممکن است به‌دلیل مقاومت بیشتر این ناحیه به تغییرات میکروبی یا نقش فیزیولوژیک متفاوت آن باشد(۱۷). درمقابل، افزایش ارتفاع پرزها در ژژونوم تحت تأثیر پروبیوتیک‌ها قرار گرفت که این نتیجه همسو با مطالعه Yang در سال ۲۰۰۹ است(۱۸). همچنین بهبود پرزهای ایلئوم با ترکیب اسیدی‌فایر و پروبیوتیک نشان‌دهنده پاسخ مطلوب این نواحی به مداخلات تغذیه‌ای است که با نتایج Roto و همکاران در سال ۲۰۱۵ مطابقت دارد(۱۹). این تفاوت‌ها احتمالاً ناشی از تغییرات در ترکیب محیط میکروبی روده، ترشحات آنزیمی و عملکرد ایمنی در بخش‌های مختلف روده است. بهبود ساختار پرزها در ژژونوم و ایلئوم می‌تواند به افزایش سطح جذب و عملکرد بهتر رشد منجر شود، درحالی‌که ثبات مورفولوژی دوازدهه ممکن است به‌دلیل نقش اصلی آن در هضم اولیه و تنظیم pH باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از پروبیوتیک لاکتوفید به بهبود نسبی سطح آلبومین و کلسترول سرم منجر شد که این یافته با نتایج Baurhoo و همکاران در سال ۲۰۰۷ همسو است و می‌تواند نشان‌دهنده بهبود عملکرد متابولیک و سنتز پروتئین‌های کبدی باشد(۲۰). همچنین، ترکیب اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل موجب افزایش نسبت آلبومین به گلوبولین شد که این نتیجه با مطالعه Mountzouris در سال ۲۰۱۰ مطابقت دارد و احتمالاً ناشی از تأثیر هم‌افزایی این ترکیبات در تقویت سیستم ایمنی و بهبود وضعیت پروتئینی بدن است(۲۱). افزایش نسبت می‌تواند نشان‌دهنده کاهش التهاب و بهبود پاسخ ایمنی هومورال باشد، چراکه آلبومین به‌عنوان یک شاخص مثبت تغذیه‌ای و گلوبولین‌ها به‌عنوان فاکتورهای مرتبط با پاسخ‌های التهابی در نظر گرفته می‌شوند(۲۲، ۲۳).

به‌طورکلی، تأثیر افزودنی‌ها به عوامل متعددی مانند دُز، سن پرنده و شرایط پرورش بستگی دارد(۲۴). پروبیوتیک‌ها در مراحل پایانی و اسیدی‌فایرها در بهبود ضریب تبدیل مؤثرتر می‌باشند. برای دستیابی به بهترین نتایج، انجام آزمایش‌های محلی ضروری است؛ مطالعات آینده بهتر است بر مکانیسم‌های مولکولی و تغییرات محیط میکروبی روده تمرکز کنند. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد در شرایط موردبررسی، مصرف اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تأثیر قابل‌توجهی بر میزان خوراک مصرفی و عملکرد رشد نداشتند، هرچند ترکیب این دو افزودنی در هفته ششم به بهبود ضریب تبدیل و مورفولوژی روده منجر شد. همچنین، پروبیوتیک لاکتوفید سطح آلبومین و کلسترول را تقویت کرد که نشان‌دهنده بهبود متابولیسم و سلامت کبد است، اما در مجموع، تأثیرات آماری معنی‌داری بر عملکرد کلی و شاخص‌های زیستی مشاهده نشد. این یافته نشان‌دهنده اهمیت نقش عواملی مانند سن، نوع افزودنی، دُز و شرایط پرورش در اثرگذاری این ترکیبات است و تأکید می‌کند که برای رسیدن به بهترین نتایج، به آزمایش‌های محلی و بررسی‌های مولکولی و میکروبیوتای روده نیاز است.

نتیجه‌گیری نهایی: بر پایه یافته‌های مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه تأثیر تیمارهای مختلف بر افزایش وزن در کل دوره پرورش معنی‌دار نبود، اما استفاده همزمان از اسیدی‌فایر و پروبیوتیک تولید داخل به‌عنوان یک ترکیب افزودنی بهینه پیشنهاد می‌گردد. این تیمار ترکیبی به بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک در کل دوره پرورش و همچنین بهترین وضعیت مورفولوژی روده (بیشترین ضخامت و سطح پرز در ناحیه ژژونوم) منجر شد. اگر هدف اصلی بهبود کارایی خوراک و سلامت دستگاه گوارش باشد، این تیمار بر تیمارهای دیگر برتری دارد.

مطالعه حاضر با وجود دستیابی به نتایج ارزشمند، با محدودیت‌هایی همراه بود که در تعمیم‌پذیری یافته‌ها باید مد نظر قرار گیرند. مهم‌ترین محدودیت، عدم بررسی تغییرات میکروبیوتای روده و مکانیسم‌های مولکولی اثرگذاری تیمارها بود که درک کاملی از چگونگی تأثیر افزودنی‌ها بر سلامت دستگاه گوارش فراهم نمی‌کند. همچنین، اثربخشی افزودنی‌ها به عواملی مانند سن پرنده، دُز مصرفی و شرایط محیطی پرورش وابسته است؛ بنابراین تعمیم نتایج به سایر شرایط نیازمند احتیاط و انجام آزمایش‌های محلی تکمیلی می‌باشد. علاوه‌براین، تأثیر تیمارها بر افزایش وزن در کل دوره پرورش معنی‌دار نبود که می‌تواند به‌دلیل محدودیت در تعداد نمونه، دوره پرورش یا دُز مصرفی باشد. بررسی مورفولوژی روده نیز فقط به نواحی خاصی محدود شد و سایر ارگان‌های مرتبط با سیستم ایمنی مانند بورس فابریسیوس و طحال مورد ارزیابی قرار نگرفت.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر براساس مصوبه کمیته اخلاق در پژوهش زیست پزشکی دانشگاه تربیت مدرس با شماره IR.MODARES.AEC.1402.048 انجام شده است.

حامی مالی

مطالعه حاضر با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

سپاسگزاری

از حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس و تأمین امکانات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی برای انجام این طرح، از شرکت تک ژن و بایولوئنس بابت ارائه پروبیوتیک لاکتوفید و اسیدیفایر (۴+)، همچنین از مرکز جهاد دانشگاهی بابت تأمین پروبیوتیک (فرمولاسیون ۴) و از شرکت سیمرغ بابت تأمین جوجه‌های گوشتی مورد آزمایش در این طرح، قدردانی و سپاس‌گزاری می‌شود.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافعی در ارتباط با این مطالعه وجود ندارد.

References

1. Pirgozliev V, Rose SP, Ivanova S. Feed additives in poultry nutrition. Bulgarian J Agri Sci. 2019;25(1):8-11.

2. Dong S, Li L, Hao F, Fang Z, Zhong R, Wu J, et al. Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts. Poult Sci. 2024;103(2):103287. doi: 10.1016/j.psj.2023.103287 PMID: 38104412

3. Zheng Y, Zhang Z, Tang P, Wu Y, Zhang A, Li D, et al. Probiotics fortify intestinal barrier function: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. Front Immunol. 2023;14:1143548. doi: 10.3389/fimmu.2023.1143548 PMID: 37168869

4. Adil S, Banday MT, Sheikh IU, Khan AA, Baba IA, Zaffer B. Effect of water acidification and sanitation on performance, gut microbial population, and carcass characteristics of broiler chickens. J World's Poult Res. 2020;10(2):391-396.

5. Scicutella F, Mannelli F, Daghio M, Viti C, Buccioni A. Polyphenols and organic acids as alternatives to antimicrobials in poultry rearing: A review. J Antibiot. 2021;10(8):1010. doi: 10.3390/antibiotics10081010

6. Sakamoto K, Hirose H, Onizuka A, Hayashi M, Futamura N, Kawamura Y, et al. Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. J Surg Res. 2000;94(2):99-106. doi: 10.1006/jsre.2000.5937

7. Frankel WL, Zhang W, Singh A, Klurfeld DM, Don S, Sakata T, et al. Mediation of the trophic effects of short-chain fatty acids on the rat jejunum and colon. J Gastroenterol. 1994; 106(2):375-380. doi: 10.1016/0016-5085(94)90595-9

8. Pham VH, Kan L, Huang J, Geng Y, Zhen W, Guo Y, et al. Dietary encapsulated essential oils and organic acids mixture improves gut health in broiler chickens challenged with necrotic enteritis. J Anim Sci Biotechnol. 2020;11(1):42. doi: 10.1186/s40104-019-0421-y

9. Mohammadi Gheisar M, Hosseindoust A, Kim IH. Evaluating the effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils in broiler chickens diet. J Appl Poult Res. 2015;24(4):511-519. doi: 10.3382/japr/pfv063

10. Waghmare S, Gupta M, Bahiram KB, Korde JP, Bhat R, Datar Y, et al. Effects of organic acid blends on the growth performance, intestinal morphology, microbiota, and serum lipid parameters of broiler chickens. Poult Sci. 2025;104(1):104546. doi: 10.1016/j.psj.2024.104546

11. Angel R, Dalloul RA, Doerr J. Performance of broiler chickens fed diets supplemented with a direct-fed microbial. Poult Sci. 2005;84(8):1222-1231. doi: 10.1093/ps/84.8.1222 PMID: 40515794

12. Gao CQ, Shi HQ, Xie WY, Zhao LH, Zhang JY, Ji C, et al. Dietary supplementation with acidifiers improves the growth performance, meat quality and intestinal health of broiler chickens. Anim Nutr. 2021;7(3):762-769. doi: 10.1016/j.aninu.2021.01.005 PMID: 34466680

13. Cornelison J, Wilson M, Watkins S. Effects of water acidification on turkey performance. Avian Advice. 2005;7(2):1-3.

14. Abdel-Fattah SA, El-Sanhoury MH, El-Mednay NM, Abdel-Azeem F. Thyroid activity, some blood constituents, organs morphology and performance of broiler chicks fed supplemental organic acids. Int J Poult Sci. 2008;7(3):215-222. doi: 10.3923/ijps.2008.215.222

15. Yeo J, Kim KI. Effect of feeding diets containing an antibiotic, a probiotic, or *Yucca* extract on growth and intestinal urease activity in broiler chicks. Poult Sci. 1997;76(2):381-385. doi: 10.1093/ps/76.2.381

16. Zulkifli I, Abdullah N, Mohd Azrin N, Ho YW. Growth performance and immune response of two commercial broiler strains fed diets containing *Lactobacillus* cultures and oxytetracycline under heat stress conditions. Br Poult Sci. 2000;41(5):593-597. doi: 10.1080/713654979

17. Awad WA, Ghareeb K, Abdel-Raheem S, Böhm J. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. Poult Sci. 2009;88(1):49-56. doi: 10.3382/ps.2008-00244 PMID: 19096056

18. Yang Y, Iji PA, Choct M. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: A review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. J World's Poult Sci. 2009;65(1):97-114. doi: 10.1017/S0043933909000087

19. Roto SM, Rubinelli PM, Ricke SC. An introduction to the avian gut microbiota and the effects of yeast-based prebiotic-type compounds as potential feed additives. Front Vet Sci. 2015;2:28. doi: 10.3389/fvets.2015.00028

20. Baurhoo B, Phillip L, Ruiz-Feria CA. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. Poult Sci. 2007;86(6):1070-1078. doi: 10.1093/ps/86.6.1070

21. Zhang JL, Xie QM, Ji J, Yang WH, Wu YB, Li C, et al. Different combinations of probiotics improve the production performance, egg quality, and immune response of layer hens. Poult Sci. 2012;91(11):2755-2760. doi: 10.3382/ps.2012-02339

22. Palamidi I, Paraskeuas V, Theodorou G, Breitsma R, Schatzmayr G, Theodoropoulos G, et al. Effects of dietary acidifier supplementation on broiler growth performance, digestive and immune function indices. Anim Prod Sci. 2017;57(2):271-281. doi: 10.1071/AN15061

23. Mountzouris KC, Tsitrsikos P, Palamidi I, Arvaniti A, Mohnl M, Schatzmayr G, et al. Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition. Poult Sci. 2010;89(1):58-67. doi: 10.3382/ps.2009-00308

24. Ma J, Mahfuz S, Wang J, Piao X. Effect of dietary supplementation with mixed organic acids on immune function, antioxidative characteristics, digestive enzymes activity, and intestinal health in broiler chickens. Front Nutr. 2021;8:673316. doi: 10.3389/fnut.2021.673316 PMID: 34422878