پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۴۰۴،(۱۷)۱۰، ۱-۱۳

زیست پژوهش و فناوری محیط

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

راهکاری نوین برای کمک به محیط زیست در مقابله با سالمونلا

علی مداحیان[1]✉، رضا ناصری هرسینی[1]، هوشنگ دهقان‌زاده[1]، سید موسی سعادت میرقدیم[1]، مرضیه علیدوست پهمدانی[2و3]، حامد کیومرثی[1]

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۳- ایستگاه تحقیقات گیاهان زینتی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۰۸

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۴/۰۴/۱۵

کلید واژه‌ها:
آلودگی،
ایمنی،
سالمونلا،
محدودیت غذایی

چکیده

باکتری سالمونلا به‌طور طبیعی در دستگاه گوارش حیوانات وجود دارد و می‌تواند از طریق غذا، آب و محیط زیست به انسان‌ها منتقل شود. این مطالعه به بررسی تأثیر محدودیت غذایی و چالش با سالمونلا پرداخته است. به این منظور، ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی یکروزه سویه راس ۳۰۸، در ۴ تیمار و ۶ تکرار در هر تیمار به طور تصادفی تقسیم شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد و تیمارها شامل: ۱)تیمار شاهد(C) ، ۲) محدودیت خوراک (FR)، ۳) چالش با سالمونلا بدون محدودیت خوراک (S)، ۴) محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا (FR+S) بودند. شمار باکتری‌های روده کور، عملکرد رشد، ایمنی همورال و ریخت‌شناسی روده مورد بررسی قرار گرفت. برای اعمال محدودیت خوراک، هفته دوم پرورش، خوراک گروه‌های موردنظر به اندازه‌ی ۸۰٪ خوراک گروه‌های تغذیه‌ی آزاد محدود شد. نتایج مطالعه نشان داد که در هفته دوم، گروه تحت محدودیت غذایی و چالش با سالمونلا به‌طور معنی‌داری افزایش وزن کمتری نسبت به گروه‌های دیگر داشتند ($P<0/05$). این گروه کاهش در تیتر آنتی‌بادی و پاسخ ایمنی سلولی را نیز نشان داد که می‌تواند اثرات مضری بر سلامت پرندگان و بهره‌وری کلی داشته باشد ($P<0/05$). وزن ارگان‌های لنفاوی این گروه نیز در پاسخ به تنش مضاعف کاهش یافت ($P<0/05$). در سن ۴۲ روزگی، گروه چالش داده شده با سالمونلا و محدودیت غذایی بیشترین دفع سالمونلا را نسبت به گروه با چالش سالمونلا و بدون محدودیت غذایی داشتند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مدیریت مناسب تغذیه و بهداشت می‌تواند به کاهش انتشار منابع آلودگی و در نتیجه کاهش اثرات محیط زیستی کمک کند.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a.maddahian@areeo.ac.ir

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

A Novel Strategy to Support Environmental Protection Against *Salmonella*

Ali Maddahian[1]✉, Reza Naseri Harsini[1], Hooshang Dehghanzadeh[1], Seyed Mousa Saadat Mirqadim[1], Marzieh Alidoust Pahmedani[2,3], Hamed Kioumarsi[1]

1. Animal Science Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2. Department of Horticulture Crops Research, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
3. Ornamental Plant Research Station, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
2024/12/23
Accepted:
2025/01/27
Available online:
2025/07/06

Keywords:
Contamination,
Immunity,
Salmonella,
Feed restriction.

Abstract

Abstract

Salmonella bacteria naturally exist in the gastrointestinal tract of animals and can be transmitted to humans via contaminated food, water, and the environment. This study aimed to evaluate the effects of feed restriction and *Salmonella* challenge on broiler chickens. A total of 240 one-day-old Ross 308 broiler chicks were randomly assigned to four treatment groups, each with six replicates, in a completely randomized design: (1) Control (C), (2) Feed Restriction (FR), (3) *Salmonella* challenge without feed restriction (S), and (4) Combined Feed Restriction and *Salmonella* challenge (FR+S). Parameters measured included cecal bacterial counts, growth performance, humoral immunity, and intestinal morphology. Feed restriction was implemented during the second week of rearing by limiting feed intake to 80% of that of ad libitum-fed groups. Results showed that in the second week, birds in the FR+S group exhibited significantly lower weight gain compared to other groups (P<0.05). Additionally, this group showed reduced antibody titers and cellular immune responses, indicating potential adverse effects on bird health and overall productivity (P<0.05). The weights of lymphoid organs were also decreased in response to the combined stressors (P<0.05). At 42 days of age, the group challenged with Salmonella and subjected to feed restriction showed the highest Salmonella shedding compared to the group challenged with Salmonella without feed restriction. These findings highlight the importance of optimized nutritional and sanitary management in minimizing the spread of environmental contaminants.

Corresponding author E-mail address: a.maddahian@areeo.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر، توجه دولت‌ها به مواد غذایی و خوراکی مردم بیشتر از گذشته شده است؛ به گونه‌ای که می‌توان گفت امنیت غذایی در بسیاری از جوامع به اندازه امنیت نظامی اهمیت دارد. وجود غذای کافی و سالم برای داشتن یک جامعه سالم و فعال ضروری است و فقدان امنیت غذایی، که می‌تواند منجر به گرسنگی و سوء تغذیه شود، به بروز ناهنجاری‌های اجتماعی منجر می‌شود. تأمین غذا به عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های بشر شناخته می‌شود و به همین دلیل، امنیت غذایی در هر کشور به عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی توسعه‌یافتگی آن کشور به شمار می‌آید. در این زمینه، تأمین پروتئین حیوانی در سبد غذایی جامعه یک معیار اساسی است. گوشت مرغ به دلیل مزایای اقتصادی و بهداشتی، در میان انواع پروتئین‌های حیوانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این موضوع به رشد و توسعه صنعت مرغداری در ایران و سایر نقاط جهان کمک کرده است (طهوری و محمدزاده، ۱۴۰۱).

صنعت طیور یک صنعت پویا و بسیار قوی می‌باشد اما به توجه مسایل محیط زیستی و اقتصادی به‌عنوان دو عامل اصلی برای تداوم شکوفایی این صنعت ضروری می‌باشد. سلامت و وضعیت تغذیه‌ای طیور تا حد زیادی وابسته به جمعیت میکروبی دستگاه گوارش است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر مورفولوژی دستگاه گوارش، تغذیه، عوامل بیماری‌زای روده و سیستم ایمنی اثر می‌گذارد. جمعیت میکروبی روده نسبتاً ناپایدار است و به‌سادگی به وسیله عوامل محیطی گوناگون مانند باکتری‌های بیماری‌زا تحت تأثیر قرار می‌گیرد (کوریگان[۱] و همکاران، ۲۰۱۱؛ شبانی[۲] و همکاران، ۲۰۱۲؛ شبانی[۳] و همکاران، ۲۰۱۲). شیوع بیماری‌های باکتریایی مشکلات زیادی در پرورش طیور ایجاد می‌کند و باعث کاهش رفاه پرنده، کاهش هضم و جذب مواد مغذی و در نهایت کاهش تولید می‌شود. این مسئله موجب وارد آمدن خسارات اقتصادی به تولیدکننده و افزایش آلودگی در بازار فرآورده‌های طیور مورد مصرف انسان می‌گردد (پاترسون[۴] و بورخولدر،[۵] ۲۰۰۳). آلودگی فرآورده‌های طیور به میکروب‌هایی نظیر سالمونلا[۶] امکان گسترش این پاتوژن در محیط زیست را هم افزایش می‌دهد. سالمونلا یک نوع باکتری است که می‌تواند موجب عفونت‌های غذایی و بیماری‌های گوارشی در انسان‌ها و حیوانات شود. این باکتری به‌طور طبیعی در دستگاه گوارش حیوانات وجود دارد و می‌تواند از طریق غذا، آب و محیط زیست به انسان‌ها منتقل شود. آلودگی محیط زیست یکی از عوامل کلیدی در گسترش سالمونلا به شمار می‌آید که استفاده از راهکارهای نوین و نگرشی متفاوت برای کنترل آن ضروری می‌باشد (عابدین زاده و همکاران، ۱۴۰۲). تغییرات آب و هوایی به طور فزاینده‌ای در مناطق معتدل، منجر به تغییرات فصلی، موج گرما و افزایش شدید و مکرر دما در طول تابستان با اثرات مخرب بر روی حیوانات مرزرعه‌ای می‌شود (همپل[۷] و همکاران، ۲۰۱۹؛ میکوویتس[۸] و همکاران، ۲۰۱۹). به‌ویژه جوجه‌های گوشتی و مرغ‌های تخمگذار به دلیل نداشتن غدد عرق و پوشش عایق پرشان به‌استرس گرمایی بسیار حساس هستند (سعید[۹] و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر این، پرندگان متابولیسم بالایی دارند که به توقف تولید گرمای متابولیکی بالاتر کمک می‌کند و آنها را مستعد استرس گرمایی می‌کند (واستی[۱۰] و همکاران، ۲۰۲۰).

با محدود کردن مصرف خوراک، گرمای تولید شده از هضم را می‌توان کاهش داد، در نتیجه تعادل اتلاف گرما و بار حرارتی را تغییر داد، که در مدیریت در زمان تنش گرمایی بسیار مهم است (دی بیتس[۱۱] و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، محدودیت

---

۱. Corrigan
۲. Shabani
۳. Shabani
۴. Patterson
۵. Burkholder
۶. Salmonella
۷. Hempel
۸. Mikovits
۹. Saeed
۱۰. Wasti
۱۱. De Baets

خوراک ممکن است غلظت تری‌گلیسیرید پلاسما را کاهش دهد، که باعث کاهش شدت مشکلات قلبی عروقی مرتبط با استرس گرمایی می‌شود (دی بیتس و همکاران، ۲۰۲۴).

با این‌حال محدودیت خوراک علی‌رغم مزایای متعدد نظیر بهبود بازده غذایی، کاهش تلفات ناشی از عارضه مرگ ناگهانی، کاهش آسیت و ناهنجاری‌های اسکلتی و کاهش چربی محوطه بطنی و چربی لاشه در سنین کشتار (یو[۱] و رابینسون[۲] ۱۹۹۲)، اگر با شدت زیاد اعمال شود، می‌تواند با کاهش رفاه پرنده منجر به بروز رفتارهای غیرطبیعی نظیر رقابت شدید غذایی، نوک زدن به دانخوری‌ها و راه رفتن غیرطبیعی شود و علاوه بر آن اثرات کاهنده‌ای بر عملکرد سیستم ایمنی پرنده داشته باشد (کانگ[۳] و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش عملکرد سیستم ایمنی در شرایط اعمال محدودیت خوراک به‌ویژه هنگامی که با چالش‌های میکروبی نظیر آلودگی با باکتری سالمونلا توأم شود، می‌تواند منجر به تشدید اثرات عفونت میکروبی گردد و فلور میکروبی دستگاه گوارش را دچار تغییر بیشتر کند. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر باکتری *سالمونلا انتریتیدیس*[۴] بر عملکرد جوجه‌های گوشتی، ایمنی، فلور میکروبی و مورفولوژی دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی در شرایط محدودیت خوراک انجام شد تا روشی کارامد و البته برای کنترل سالمونلا انتخاب شود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه نژاد راس (سویه ۳۰۸) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به ۲۴ گروه شامل ۴ تیمار و ۶ تکرار در هر تیمار تقسیم شدند. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- تیمار شاهد (C)، ۲- اعمال محدودیت خوراک (FR)، ۳- چالش با سالمونلا بدون اعمال محدودیت خوراک (S) و ۴- محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا به‌طور توأم (FR+S) بودند. برای اعمال محدودیت خوراک در هفته‌ی دوم پرورش، میزان خوراک گروه‌های مورد نظر به اندازه‌ی ۸۰٪ خوراک در گروه‌های تغذیه‌ی آزاد محدود شد. جهت استاندارد کردن غلظت تلقیح میکروبی، از استاندارد سولفات باریم ($BaSO_4$) برابر با استاندارد نیم مک فارلند استفاده شد. با استفاده از لوپ از کلنی‌های خالص و جوان سالمونلا در داخل سرم رینگر کدورتی معادل استاندارد نیم مک فارلند ایجاد شد که رقتی معادل $۱/۵\times۱۰^{۸}$ CFU/mL دارد. سوسپانسیون میکروبی موردنظر از طریق اندازه‌گیری جذب نور در طول موج ۶۲۵ نانومتر استاندارد شد. در نهایت پس از رقیق سازی، در روز دهم پرورش از رقت $۱/۵\times۱۰^{۶}$ CFU/mL به میزان ۱۰۰ میکرولیتر به همه‌ی جوجه‌های گروه‌های آزمایشی دریافت کننده‌ی سالمونلا به‌صورت اجباری و با سمپلر خورانده شد. همچنین جهت ایجاد شرایط یکسان آزمایش، به تمام جوجه‌های گروه‌های سالمونلا منفی نیز میزان ۱۰۰ میکرولیتر سرم فیزیولوژی خورانده شد.

برای ارزیابی عملکرد، افزایش وزن و مصرف خوراک جوجه‌ها از هفته‌ی دوم تا ششم بطور هفتگی (با توجه به اعمال محدودیت خوراک و تلقیح سالمونلا در هفته دوم، مصرف خوراک از این هفته محاسبه شد.) اندازه‌گیری شد و ضریب تبدیل خوراک نیز محاسبه گردید. همچنین در انتهای هر هفته میانگین وزن نهایی هر تیمار محاسبه شد.

به منظور بررسی ایمنی هومورال در روز ۷ پرورش واکسن نیوکاسل به صورت قطره چشمی و سوسپانسیون گلبول قرمز گوسفندی (SRBC) ۵ درصد (۰/۲ میلی‌لیتر) بصورت تزریق در عضله سینه به ۲ جوجه در هر تکرار داده شد و در روزهای ۱۷ و ۲۷ تیتر آنتی بادی بر علیه واکسن نیوکاسل و سوسپانسیون گلبول قرمز گوسفندی اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی ایمنی سلولی نیز در دو نوبت در ۱۵ و ۳۰ روزگی از هر قفس به تصادف دو جوجه انتخاب و ضخامت پرده‌ی بین انگشتان ۲ و ۳ پای راست آنها با کولیس اندازه‌گیری شد، سپس برای ارزیابی حساسیت بازوفیلی زیر پوستی ۰/۱ میلی‌لیتر فایتوهماگلوتنین– P با استفاده از سرنگ

---

۱. Yu
۲. Robinson
۳. Kang
۴. *Salmonella entritidis*

انسولین در پرده‌ی پا تزریق شده و بعد از ۲۴ ساعت افزایش ضخامت مجدداً اندازه‌گیری شد. همچنین در روزهای ۲۱ و ۴۲ یک جوجه از هر تکرار ذبح شده و وزن اندام‌های لنفاوی شامل طحال، تیموس و بورس فابرسیوس بدست آمد.
نمونه موردنظر جهت شمارش گلبول‌های سفید برای جلوگیری از لخته شدن در لوله‌های حاوی سیترات سدیم کشیده شد و در آزمایشگاه شمار کل گلبول‌های سفید، درصد لنفوسیت‌ها و هتروفیل‌ها و نسبت هتروفیل به لنفوسیت به‌عنوان یک شاخص استرس تعیین شد. نمونه موردنظر جهت تهیه سرم خون بدون ماده ضدانعقاد گرفته شده و پس از انعقاد خون با استفاده از سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ RPM به مدت ۱۰ دقیقه سرم خون جدا شد. سپس به‌وسیله‌ی دستگاه بیوشیمی RA-1000 ساخت شرکت تکنیکون و کیت‌های شرکت پارس آزمون میزان گلوکز، اسید اوریک، پروتئین کل و آلبومین سرم اندازه‌گیری شده و میزان گلبولین سرم با فرمول زیر محاسبه شد:

آلبومین سرم – پروتئین کل سرم = گلوبولین سرم

به منظور بررسی فلور میکروبی دستگاه گوارش در روزهای ۲۱ و ۴۲ آزمایش یک جوجه از هر تکرار ذبح شده، محتویات سکوم جوجه‌های کشتار شده به دقت در ظرف استریل تخلیه شده و در فلاسک یخ قرار داده شد و بلافاصله جهت انجام شمارش میکروبی به آزمایشگاه انتقال یافت. میزان باکتری‌های لاکتوباسیلوس، کلی‌فرم و سالمونلا در محتویات سکوم با استفاده از روش کشت میکروبی و به ترتیب با استفاده از محیط‌های کشت MRS-A، VRB-A و XLD شمارش شد. برای بررسی مورفولوژی روده نیز از وسط هر قسمت روده‌ی باریک جوجه‌ها قطعه‌ای به طول ۲/۵ سانتی‌متر برش داده شد و پس از طی مراحل ثابت کردن با فرمالین ۱۰٪، آبگیری، شفاف‌سازی با زایلن، آغشته‌سازی با پارافین، قالب‌گیری، برش با میکروتوم، تهیه لام و رنگ آمیزی با استفاده از میکروسکوپ نوری ابعاد پرزهای دئودنوم، ژوژنوم و ایلئوم تعیین شد.
داده‌ها با استفاده از رویه‌ی GLM نرم افزار SAS آنالیز شدند. مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج بدست آمده در خصوص مصرف هفتگی خوراک (جدول ۱) نشان داد در هفته دوم همان‌طور که انتظار می‌رفت گروه‌های با مصرف آزاد تفاوت معنی‌داری با گروه‌های تحت محدودیت خوراک داشتند ($p < ۰/۰۵$). در سایر هفته‌ها و همچنین در کل دوره تفاوتی در مصرف خوراک بین گروه‌های آزمایش وجود نداشت.

جدول (۱) تأثیر تیمارهای آزمایش بر مصرف خوراک هفتگی جوجه‌های گوشتی (گرم/پرنده/روز)

تیمار	هفته‌ی دوم	هفته‌ی سوم	هفته‌ی چهارم	هفته‌ی پنجم	هفته‌ی ششم	۴۲-۷ روزگی
C	[a]۳۷/۲۷	۷۱/۵۷	۱۱۹/۱۲	۱۴۱/۰۸	۱۶۵/۹۸	۱۰۷/۰۰
FR	[b]۲۸/۶۰	۶۹/۶۱	۱۱۵/۲۶	۱۳۵/۶۹	۱۵۷/۰۰	۱۰۱/۲۳
S	[a]۳۷/۰۴	۷۱/۱۷	۱۱۱/۷۲	۱۳۱/۵۹	۱۵۴/۴۶	۱۰۱/۱۹
FR+S	[b]۲۷/۳۵	۷۰/۱۷	۱۱۳/۷۰	۱۳۴/۵۰	۱۶۱/۲۶	۱۰۱/۳۹
SEM	۰/۶۴	۲/۹۹	۴/۰۱	۴/۲۰	۴/۶۷	۲/۲۲

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.
[a, b] در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۲ نتایج افزایش وزن هفتگی جوجه‌ها در گروه‌های آزمایش را نشان می‌دهد. در هفته دوم گروه چالش یافته با سالمونلا که تحت محدودیت خوراک بود بطور معنی‌داری افزایش وزن کمتری نسبت به سایر تیمارها داشت ($p < ۰/۰۵$). این گروه در کل دوره‌ی پرورش کمترین افزایش وزن را داشت ودر انتهای دوره تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نشان داد ($p < ۰/۰۵$). اما گروهی که تحت تغذیه آزاد و چالش با سالمونلا قرار داشت افزایش وزن روزانه مشابه تیمار شاهد داشت که نشان می‌دهد جوجه‌ها در شرایط تغذیه آزاد توانسته‌اند با چالش ناشی از دریافت سالمونلا مقابله کنند؛ اما در شرایط محدودیت خوراک که نوعی تنش

در پرنده ایجاد می‌کند، دریافت سالمونلا منجر به ایجاد تنش مضاعفی در جوجه‌ها شده که منجر به افزایش وزن روزانه کمتر در این گروه شده است.

جدول(۲) تأثیر تیمارهای آزمایش بر افزایش وزن هفتگی جوجه‌های گوشتی (گرم/پرنده/روز)

تیمار	هفته‌ی دوم	هفته‌ی سوم	هفته‌ی چهارم	هفته‌ی پنجم	هفته‌ی ششم	۴۲-۷ روزگی
C	^{a}۲۷/۴۳	۵۳/۳۹	۷۷/۸۴	۶۹/۵۰	^{a}۸۹/۱۸	^{a}۶۳/۴۷
FR	^{a}۲۶/۵۰	۵۳/۲۳	۷۶/۰۹	۶۵/۵۰	^{a}۸۴/۲۳	^{ab}۶۱/۰۲
S	^{a}۲۶/۵۳	۵۴/۷۲	۷۷/۸۳	۶۶/۰۳	^{b}۸۱/۰۶	^{ab}۶۱/۲۳
FR+S	^{b}۲۴/۴۳	۵۱/۵۸	۷۴/۰۹	۶۱/۴۰	^{b}۷۷/۲۰	^{b}۵۷/۷۴
SEM	۰/۵۹	۱/۳۶	۱/۸۲	۲/۶۷	۲/۶۶	۱/۱۶

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

$^{a, b}$ در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

ضریب تبدیل خوراک (جدول ۳) در هفته دوم در گروه‌های تحت محدودیت خوراک بهتر از گروه‌های با تغذیه آزاد بود ($p < ۰/۰۵$). به نظر می‌رسد محدودیت دسترسی به خوراک منجر به بهبود عملکرد مکانیسم‌های مرتبط با هضم و جذب خوراک شده است. در هفته‌های بعد و کل دوره‌ی پرورش تفاوت معنی داری در ضریب تبدیل خوراک در گروه‌های مختلف وجود نداشت.

جدول(۳) تأثیر تیمارهای آزمایش بر ضریب تبدیل هفتگی خوراک جوجه‌های گوشتی

تیمار	هفته‌ی دوم	هفته‌ی سوم	هفته‌ی چهارم	هفته‌ی پنجم	هفته‌ی ششم	۴۲-۷ روزگی
C	^{a}۱/۳۶	۱/۳۴	۱/۵۳	۲/۰۶	۱/۸۸	۱/۶۹
FR	^{b}۱/۰۸	۱/۳۳	۱/۵۲	۲/۱۰	۱/۸۷	۱/۶۶
S	^{a}۱/۴۱	۱/۳۰	۱/۴۵	۲/۰۲	۱/۹۰	۱/۶۵
FR+S	^{b}۱/۱۲	۱/۳۶	۱/۵۴	۲/۲۲	۲/۱۲	۱/۷۶
SEM	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۴

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

$^{a, b}$ در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

نتایج آزمایش در خصوص میانگین وزن نهایی هفتگی (جدول ۴) نشان می‌دهد تیمار تحت تأثیر محدودیت و سالمونلا کمترین وزن نهایی را در تمام دوره‌ی پرورش داشت و در انتهای دوره تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ($p < ۰/۰۵$). به نظر می‌رسد چالش با سالمونلا در زمان اعمال محدودیت خوراک منجر به جلوگیری از بروز رشد جبرانی در این گروه شده است، اما در گروهی که محدودیت خوراک بدون چالش با سالمونلا اعمال شده بود تفاوت وزن نهایی با گروه شاهد معنی‌دار نبود و پدیده‌ی رشد جبرانی در این گروه در انتهای دوره مشاهده شد.

جدول(۴) تأثیر تیمارهای آزمایش بر وزن نهایی هفتگی جوجه‌های گوشتی در گروه‌های آزمایشی(گرم)

تیمار	هفته‌ی دوم	هفته‌ی سوم	هفته‌ی چهارم	هفته‌ی پنجم	هفته‌ی ششم
C	^{a}۲۹۸/۲۱	^{ab}۶۶۶/۶۲	^{a}۱۲۵۹/۶۷	^{a}۱۷۲۶/۵۶	^{a}۲۳۹۲/۵۵
FR	^{a}۲۹۳/۰۴	^{ab}۶۷۱/۶۰	^{a}۱۲۵۲/۸۳	^{ab}۱۶۹۴/۷۶	^{ab}۲۲۹۴/۹۱
S	^{a}۲۹۳/۷۶	^{a}۶۸۳/۷۸	^{a}۱۲۷۷/۲۴	^{a}۱۷۴۳/۲۵	^{ab}۲۳۰۲/۵۶
FR+S	^{b}۲۷۵/۴۵	^{b}۶۳۶/۴۹	^{b}۱۱۹۰/۹۴	^{b}۱۶۴۵/۱۳	^{b}۲۲۰۶/۵۹
SEM	۳/۹۵	۱۱/۷۴	۲۰/۹۰	۲۳/۴۹	۳۲/۹۳

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.
[a, b] در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

اونباسیلار[۱] و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند در سن ۲۱ روزگی وزن جوجه‌های تحت تأثیر محدودیت خوراک کمتر بود، اما در انتهای دوره تفاوتی بین گروه‌های با خوراک محدود و آزادانه مشاهده نکردند. در این آزمایش نیز در شرایط اعمال محدودیت به تنهایی نتایج مشابهی بدست آمد. در مقابل زوبیر[۲] و لیسون[۳] (۱۹۹۶) با محدودیت کمی خوراک و کورنجو[۴] و همکاران (۲۰۰۷) با محدودیت کیفی خوراک در دوره آغازین، تحریک رشد جبرانی را در انتهای دوره مشاهده نکردند. طبق‌نظر محققین فوق پرندگان محدود شده مصرف خوراک را در طول آزمایش افزایش ندادند، بنابراین انرژی و پروتئین دریافتی آن‌ها کمتر بود که منجر به وزن کمتر نسبت به گروه شاهد شد که با یافته‌های این پژوهش در زمان چالش با سالمونلا مطابقت داشت.
نتایج تأثیر تیمارهای آزمایش بر فراسنجه‌های ایمنی هومورال و سلولی در جدول ۵ نشان داده شده است. بر این اساس تیتر آنتی بادی بر علیه واکسن نیوکاسل در ۲۷ روزگی تفاوت معنی‌داری بین گروه S و گروه FR+S داشت ($p < ۰/۰۵$). همچنین میزان افزایش ضخامت پرده‌ی پا با تزریق فایتوهماگلوتنین نیز در نوبت دوم تفاوت معنی‌داری در تیمار S و تیمارهای FR و FR+S داشت ($p < ۰/۰۵$). اما تیتر آنتی بادی بر علیه SRBC در دو نوبت اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش نشان نداد.

جدول(۵) تأثیر تیمارهای آزمایش بر فراسنجه‌های ایمنی هومورال و سلولی جوجه‌ها

تیمار	تیتر آنتی‌بادی بر علیه واکسن نیوکاسل		تیتر آنتی‌بادی بر علیه SRBC		افزایش ضخامت پرده‌ی پا با تزریق فایتوهماگلوتنین (میلی‌متر)	
	۱۷ روزگی	۲۷ روزگی	۱۷ روزگی	۲۷ روزگی	۱۶ روزگی	۳۱ روزگی
C	۳/۲۵	[ab]۴/۸۱	۲/۰۰	۲/۵۶	۰/۷۷	[ab]۰/۷۱
FR	۲/۸۷	[ab]۴/۸۷	۲/۲۵	۳/۲۵	۰/۶۹	[c]۰/۵۳
S	۳/۳۷	[a]۵/۱۹	۱/۶۳	۳/۵۰	۰/۸۱	[a]۰/۸۱
FR+S	۳/۰۰	[b]۴/۰۶	۲/۳۷	۳/۵۰	۰/۶۸	[bc]۰/۵۸
SEM	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۲۴	۰/۴۰	۰/۰۷	۰/۰۵

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.
[a, b, c] در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۶ تأثیر تیمارهای آزمایش بر وزن ارگان‌های لنفاوی جوجه‌ها در گروه‌های آزمایشی را نشان می‌دهد. بطوری که ملاحظه می‌شود وزن طحال در ۲۱ و۴۲ روزگی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. در ۲۱ روزگی وزن تیموس در گروه شاهد بیشتر از بقیه گروه‌ها بود و تفاوت معنی‌داری با گروه S داشت ($p<۰/۰۵$). اما در ۴۲ روزگی تفاوت گروه‌ها معنی‌دار نبود. وزن بورس فابرسیوس هم در ۲۱ روزگی تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها نداشت، اما در ۴۲ روزگی در گروه FR+S بطور معنی‌داری کمتر از سایر گروه‌ها بود ($p < ۰/۰۵$).

جدول (۶) تأثیر تیمارهای آزمایش بر وزن ارگان‌های لنفاوی جوجه‌ها در گروه‌های آزمایشی

تیمار	طحال (درصد وزن زنده)		تیموس (درصد وزن زنده)		بورس فابرسیوس (درصد وزن زنده)	
	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی
C	۰/۰۷۹	۰/۱۲۱	[a]۰/۳۶۷	۰/۱۹۱	۰/۲۲۷	[a]۰/۲۲۱

[۱] Onbasilar
[۲] Zubair
[۳] leeson
[۴] Cornejo

FR	۰/۰۷۵	۰/۱۱۰	^{ab}۰/۲۹۲	۰/۱۹۰	۰/۲۳۴	^{a}۰/۱۸۴
S	۰/۰۷۹	۰/۱۱۲	^{b}۰/۲۵۷	۰/۲۴۲	۰/۲۶۴	^{a}۰/۲۲۲
FR+S	۰/۰۸۴	۰/۱۱۹	^{ab}۰/۲۸۴	۰/۱۷۰	۰/۲۳۰	^{b}۰/۱۳۲
SEM	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۳۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

$^{a, b}$ در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

نتایج این آزمایش در خصوص تیتر آنتی‌بادی بر علیه واکسن نیوکاسل نشان داد وقتی جوجه‌ها در شرایط محدودیت غذایی با تنش میکروبی نیز مواجه می‌شوند نسبت به زمانی که به‌طور کامل تغذیه می‌شوند پاسخ ایمنی هومورال در آنها کاهش می‌یابد. همچنین محدودیت خوراک منجر به کاهش پاسخ ایمنی سلولی به تزریق فایتوهماگلوتنین نیز شد (جهانپور[۱] و همکاران، ۲۰۱۱). گزارش کردند محدودیت خوراک به میزان ۷۵ درصد کاتالوگ در هفته دوم تیتر آنتی‌بادی بر علیه واکسن نیوکاسل را کاهش داد. ساوینو[۲] و داردن[۳] (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند عفونت‌ها و محرومیت از غذا می‌تواند منجر به آترونی غده تیموس شود که باعث کاهش پاسخ ایمنی سلولی در نتیجه کاهش تولید لنفوسیت‌های نوع T می‌شود. همچنین هانگالاپورا[۴] و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند محدودیت خوراک تأثیر بیشتری بر پاسخ ایمنی سلولی دارد زیرا اجزای سلولی سیستم ایمنی بیشتر از اجزای هومورال نیازمند انرژی هستند.

تنش با سالمونلا منجر به کاهش وزن غده تیموس در مقایسه با گروه شاهد شد و وزن بورس فابرسیوس نیز در گروه تحت تأثیر محدودیت و چالش میکروبی نسبت به سایر گروه‌ها کمتر بود. . گزارش شده سطح کورتیکو استرون پلاسما می‌تواند در نتیجه محدودیت خوراک (هانگالاپورا و همکاران، ۲۰۰۵) و چالش‌های میکروبی (خوانساری[۵] و همکاران، ۱۹۹۰) افزایش یابد که این می‌تواند منجر به کاهش توانایی ایمنی و کاهش وزن نسبی ارگان‌های لنفاوی شود.

جدول ۷ تأثیر تیمارها بر شمار کل و افتراق گلبول‌های سفید خون جوجه‌ها در گروه‌های آزمایشی را نشان می‌دهد. شمارش تعداد کل گلبول‌های سفید در ۲۱ و ۴۲ روزگی تفاوت معنی داری در بین تیمارهای مختلف نشان نداد، با این حال شمار کل گلبول‌های سفید در تیمارهای دریافت کننده سالمونلا بیشتر بود. درصد لنفوسیت‌ها، هتروفیل‌ها و نسبت هتروفیل به لنفوسیت نیز در ۲۱ روزگی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشت، اما در ۴۲ روزگی تفاوت تیمارها معنی دار بود. تیمار تحت‌تأثیر محدودیت خوراک و سالمونلا کمترین درصد لنفوسیت، بیشترین درصد هتروفیل و بیشترین نسبت هتروفیل به لنفوسیت را داشت و تفاوتش با تیمارهای شاهد و محدودیت خوراک معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$). این نتایج نشان می‌دهد تنش مضاعف ناشی از محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا منجر به ایجاد استرس در جوجه‌ها شده که در نتیجه آن درصد هتروفیل‌ها در خون افزایش یافته‌است، در حالی‌که هر کدام از این عوامل به تنهایی تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد ایجاد نکردند و جوجه‌ها در این گروه‌ها توانستند با استرس ناشی از محدودیت خوراک یا چالش میکروبی مقابله کنند.

جدول(۷) تأثیر تیمارهای آزمایش بر شمار کل و افتراق گلبول‌های سفید خون جوجه‌های گوشتی

تیمار	شمار کل گلبول‌های سفید (تعداد در میکرولیتر خون)		درصد لنفوسیت‌ها		درصد هتروفیل‌ها		نسبت هتروفیل به لنفوسیت	
	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی
C	۱۰۶۶/۳	۳۷۱۷/۰	۷۰/۲۵	^{a}۷۹/۰۰	۲۱/۷۵	^{b}۱۷/۵۰	۰/۳۲	^{b}۰/۲۲
FR	۱۱۵۷/۵	۳۲۱۰/۰	۶۶/۵۰	^{a}۷۸/۷۵	۲۵/۸۷	^{b}۱۸/۷۵	۰/۳۸	^{b}۰/۲۴

[۱] Jahanpour
[۲] Savino
[۳] Dardenne
[۴] Hangalapura
[۵] Khansari

S	۱۲۹۸/۸	۴۲۶۳/۸	۶۷/۲۵	[ab]۷۵/۳۷	۲۵/۰۰	[ab]۲۰/۸۷	۰/۳۸	[ab]۰/۲۸
FR+S	۱۳۱۸/۸	۴۵۲۵/۰	۶۶/۳۷	[b]۷۰/۶۲	۲۵/۰۰	[a]۲۵/۲۵	۰/۳۹	[a]۰/۳۸
SEM	۱۰۶/۹۹	۷۰۰/۶۷	۱/۹۱	۲/۱۷	۱/۵۴	۲/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

[a, b] در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

گزارش شده عفونت سالمونلا می‌تواند ایمنی سلولی را برای تولید سایتوکین‌ها به‌ویژه اینترلوکین ۱- بتا که در ایجاد پاسخ ایمنی نقش دارد، تحریک کند. اینترلوکین ۱ بر محور هیپوتالاموس – هیپوفیز- غده فوق کلیوی اثر می‌گذارد و هیپوتالاموس، لوکوسیت‌ها و یا هر دو را به تولید هورمون آدرنوکورتیکوتروپین تحریک می‌کند و آدرنوکورتیکوتروپین سپس منجر به تحریک تولید کورتیکواسترون از غده فوق کلیوی می‌شود. هورمون کورتیکواسترون بازدارنده ایمنی است (ماسن[۱] و همکاران، ۲۰۰۰) و احتمالاً باعث افزایش نسبت هتروفیل به لنفوسیت به‌عنوان شاخص استرس می‌شود. همچنین فانوسی[۲] و ترکی[۳] (۲۰۱۰) با اعمال محدودیت خوراک، تفاوت معنی‌داری در شمار کل و تفریقی گلبول‌های سفید خون، در جوجه‌های گوشتی مشاهده نکردند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

نتایج اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی (جدول ۸) نشان داد میزان گلوکز و اسید اوریک خون تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت، اما میزان پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین سرم در ۲۱ روزگی در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری از تیمارهای دریافت کننده‌ی سالمونلا بیشتر بود ($p < ۰/۰۵$). به نظر می‌رسد چالش با سالمونلا سنتز پروتئین‌های سرمی را تحت تأثیر قرار داده‌است. در ۴۲ روزگی میزان پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین سرم تفاوتی بین گروه‌های آزمایش نداشت.

جدول(۸) تأثیر تیمارهای آزمایش بر فراسنجه‌های سرم خون جوجه‌های گوشتی

تیمار	گلوکز (میلی‌گرم در لیتر)		اسید اوریک (میلی‌گرم در لیتر)		پروتئین کل (گرم در لیتر)		آلبومین (گرم در لیتر)		گلوبولین (گرم در لیتر)	
	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی
C	۲۶۱/۱۳	۲۴۴/۸۷	۴/۰۰	۴/۳۶	[a]۳/۱۱	۳/۳۵	[a]۱/۳۲	۱/۱۵	[a]۱/۷۹	۲/۲۰
FR	۲۶۳/۱۳	۲۴۶/۱۲	۲/۹۷	۴/۱۴	[ab]۲/۷۹	۳/۴۶	[a]۱/۲۷	۱/۱۹	[ab]۱/۵۱	۲/۲۷
S	۲۷۴/۰۰	۲۵۶/۰۰	۳/۵۵	۴/۶۴	[b]۲/۲۴	۳/۳۹	[b]۰/۹۵	۱/۰۶	[b]۱/۲۹	۲/۳۲
FR+S	۲۶۸/۱۳	۲۴۵/۱۲	۳/۴۵	۴/۱۱	[b]۲/۲۲	۳/۲۱	[b]۰/۸۹	۱/۱۵	[b]۱/۳۳	۲/۰۶
SEM	۲۶/۰۱	۳/۹۸	۰/۴۰	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۰

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

[a, b] در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

عفونت‌ها با آسیب به کبد در می‌توانند منجر به کاهش سنتز پروتئین‌های پلاسما شود. هالسی[۴] (۲۰۱۱) با تلقیح دهانی *سالمونلا تیفی‌موریوم* کاهش سطح پروتئین‌های پلاسما را گزارش کرد. بوستانی[۵] و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند میزان پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین سرم توسط محدودیت خوراک تحت تأثیر قرار نگرفت که با نتایج ما مطابقت داشت.

جدول ۹ نتایج تأثیر تیمارهای آزمایش بر شمار باکتری‌های سکوم جوجه‌ها را نشان می‌دهد. بر این اساس در ۲۱ روزگی تیمار FR بیشترین شمار لاکتوباسیلوس‌ها را داشت و تفاوتش با تیمار S معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در ۴۲ روزگی شمار لاکتوباسیلوس‌ها

[۱] Maassen
[۲] Fanooci
[۳] Torki
[۴] Halsey
[۵] Boostani

بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. تعداد کلی‌فرم‌ها نیز در ۲۱ و ۴۲ روزگی تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها نداشت. هیچکدام از گروه‌هایی که سالمونلا دریافت نکرده بودند آلودگی به سالمونلا را در نمونه سکوم نشان ندادند. شمار سالمونلا در تیمار FR+S بیش از تیمار S بود که در ۴۲ روزگی اختلافشان معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$).

جداول ۱۰ و ۱۱ نشان دهنده‌ی تأثیر تیمارهای آزمایش بر مورفولوژی روده‌ی باریک جوجه‌ها در گروه‌های آزمایشی می‌باشند. در ۲۱ روزگی در تیمار FR طول پرزهای دئودنوم بطور معنی‌داری بیش از تیمار S بود ($p < ۰/۰۵$). همچنین عمق کریپت‌های دئودنوم نیز در تیمار FR بطور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود ($p < ۰/۰۵$). در ۴۲ روزگی تیمار FR+S کمترین عمق کریپت را داشت و تفاوتش با تیمارهای شاهد و S معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$). سایر ابعاد پرزهای روده تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش در ۲۱ و ۴۲ روزگی نداشتند.

جدول(۹) تأثیر تیمارهای آزمایش بر شمار باکتری‌های سکوم جوجه‌ها در ۲۱ و ۴۲ روزگی (Log CFU/gr)

تیمار	لاکتوباسیلوس‌ها		کلی‌فرم‌ها		سالمونلا	
	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی
C	^{ab}۸/۱۹	۸/۱۱	۷/۸۳	۷/۶۶	-	-
FR	^{a}۸/۳۱	۷/۹۵	۷/۷۰	۷/۸۱	-	-
S	^{b}۸/۰۰	۸/۰۴	۷/۹۰	۷/۶۲	۲/۷۹	^{b}۱/۳۴
FR+S	^{ab}۸/۱۰	۷/۸۲	۷/۸۹	۷/۹۳	۴/۰۳	^{a}۳/۵۴
SEM	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۶۷	۰/۶۵

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

$^{a, b}$ در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

جدول(۱۰) تأثیر تیمارهای آزمایش بر مورفولوژی روده‌ی باریک جوجه‌ها در ۲۱ روزگی

تیمار	دئودنوم			ژوژنوم			ایلئوم		
	طول پرز (µm)	عمق کریپت (µm)	طول پرز/عمق کریپت	طول پرز (µm)	عمق کریپت (µm)	طول پرز/عمق کریپت	طول پرز (µm)	عمق کریپت (µm)	طول پرز/عمق کریپت
C	^{ab}۱۳۱۶/۵	^{a}۲۷۵/۳۰	۵/۴۵	۱۱۲۲/۷	۲۰۹/۵۹	۵/۹۲	۸۳۴/۳۰	۲۰۹/۵۶	۴/۲۴
FR	^{a}۱۴۴۶/۷	^{b}۱۸۰/۰۱	۸/۳۱	۱۲۰۹/۶	۲۳۸/۰۱	۵/۲۷	۸۱۳/۷۲	۱۷۴/۲۳	۵/۲۱
S	^{b}۱۱۰۶/۴	^{ab}۲۱۵/۳۲	۵/۸۸	۱۲۵۴/۶	۲۲۲/۲۳	۵/۷۳	۷۸۶/۸۳	۱۵۹/۲۱	۵/۵۱
FR+S	^{ab}۱۳۵۹/۶	^{ab}۲۰۷/۶۹	۷/۱۴	۱۱۴۳/۶	۲۲۷/۶۲	۵/۵۶	۷۷۱/۴۳	۱۷۳/۷۲	۴/۵۴
SEM	۹۲/۵۳	۲۳/۲۶	۰/۹۱	۸۴/۳۸	۲۳/۸۸	۰/۶۶	۲۸/۲۹	۱۸/۰۹	۰/۵۷

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

$^{a, b}$ در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

جدول(۱۱) تأثیر تیمارهای آزمایش بر مورفولوژی روده‌ی باریک جوجه‌ها در ۴۲ روزگی

تیمار	دئودنوم			ژوژنوم			ایلئوم		
	طول پرز (µm)	عمق کریپت (µm)	طول پرز/عمق کریپت	طول پرز (µm)	عمق کریپت (µm)	طول پرز/عمق کریپت	طول پرز (µm)	عمق کریپت (µm)	طول پرز/عمق کریپت
C	۱۷۱۴/۵	۲۳۸/۹۹	۷/۶۲	۱۲۷۱/۵۲	۲۰۳/۷۷	۶/۶۹	۸۴۴/۱۱	^{a}۱۸۵/۷۶	۴/۸۵
FR	۱۴۹۳/۹	۱۹۹/۱۵	۷/۶۷	۱۱۸۱/۲۲	۲۲۷/۶۰	۵/۴۰	۸۱۹/۰۱	^{ab}۱۵۶/۳۹	۵/۶۹
S	۱۵۴۷/۶	۲۱۷/۴۳	۷/۱۳	۱۲۷۷/۸۷	۲۴۰/۸۴	۵/۵۰	۷۴۴/۲۹	^{a}۱۷۳/۹۷	۴/۳۶

FR+S	۱۴۱۴/۰	۲۱۱/۷۹	۷/۲۲	۱۲۲۲/۰۴	۲۰۰/۳۴	۶/۴۷	۷۲۲/۸۴	[b]۱۲۸/۴۳	۵/۸۰
SEM	۱۱۲/۸۸	۱۹/۷۲	۰/۶۷	۵۸/۸۳	۲۰/۹۱	۰/۵۶	۴۳/۵۴	۱۴/۳۵	۰/۵۲

C = شاهد، FR = محدودیت خوراک، S = چالش با سالمونلا، FR+S = محدودیت خوراک و چالش با سالمونلا.

[a, b] در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($p < ۰/۰۵$).

گزارش شده محدودیت خوراک تأثیر منفی بر سیستم ایمنی و به‌ویژه ایمنی سلولی دارد (هانگالاپورا و همکاران، ۲۰۰۵؛ ساوینو و داردن، ۲۰۱۰) که می‌تواند اثر محدودیت خوراک بر افزایش شمار کلنی‌های سالمونلا در مقایسه با گروهی که با تغذیه آزاد سالمونلا دریافت کرده بود را توجیه کند.

همچنین به‌نظر می‌رسد چالش با سالمونلا و محدودیت خوراک اعمال شده در این پژوهش تأثیر چندانی بر خصوصیات مورفولوژیک روده نداشت. این نتیجه شاید ناشی از کم بودن شدت محدودیت برای اثر گذاری روی صفات روده یا پاسخ روده در جهت سازش‌پذیری با شیوه‌ی محدودیت خوراک اعمال شده باشد، زیرا قبلاً محققین نشان دادند که دستگاه گوارش قادر به سازش‌پذیری حاد و طولانی‌مدت به محدودیت غذایی می‌باشد (هارتک[۱] و همکاران، ۲۰۰۵). حمیدی[۲] و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند محدودیت خوراک در دوره‌ی آغازین رشد اثری بر طول پرز و عمق کریپت‌های دئودنوم ندارد. فیشر[۳] و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند محدودیت خوراک به میزان ۷۵ درصد خوراک آزاد از ۷ تا ۱۴ روزگی، طول پرزهای دئودنوم و ژوژنوم را در ۱۴ روزگی کاهش داد، اما در ۲۱ روزگی تأثیر معنی‌داری بر طول پرزهای دئودنوم و ژوژنوم نداشت. همچنین طول پرزهای ایلئوم در ۱۴ و ۲۱ روزگی تحت تأثیر محدودیت خوراک قرار نگرفت. در مقابل تاراچای[۴] و یامائوچی[۵] (۲۰۰۰) گزارش کردند در جوجه‌های تحت تأثیر محدودیت خوراک طول پرزهای دئودنوم کاهش می‌یابد. نتایج متفاوت این آزمایش‌ها احتمالاً به علت شدت و طول دوره‌ی متفاوت محدودیت و همچنین فاصله زمان اندازه‌گیری از زمان اعمال محدودیت خوراک می‌باشد.

همواره مجموعه‌ای از عوامل در بحث تولیدات دامی و امنیت غذایی باید مورد توجه قرار گیرد (مهدویان[۶] و همکاران، ۲۰۲۴). نقش مهم گوشت مرغ در تامین امنیت غذایی جامعه ضرورت توجه به هزینه تمام شده خوراک به‌عنوان بیشترین هزینه انجام‌شده در دوره پرورش و همچنین تولید بهداشتی گوشت مرغ به‌عنوان در دسترس‌ترین منبع پروتئین حیوانی و توجه به آلودگی زیست محیطی نشان داد که با روش محدودیت خوراک می‌توان به کاهش هزینه دوره پرورش کمک کرد. بااین‌حال تنش‌های ناشی از آلودگی با باکتری‌هایی نظیر سالمونلا از عوامل عدم دستیابی به حداکثر پتانسیل رشد در زمان اعمال محدودیت خوراک می‌باشد، بنابراین جهت دستیابی به حداکثر رشد بعد از دوره‌ی محدودیت اولیه توجه به شرایط بهداشتی سالن پرورش اهمیت ویژه‌ای دارد. این مسئله از جنبه محیط زیستی هم با توجه به امکان گسترش آلودگی سالمونلایی بسیار حائز اهمیت است.

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد علی‌رغم مزایای متعدد محدودیت غذایی در ابتدای دوره‌ی رشد در جوجه‌های گوشتی، تضعیف نسبی سیستم ایمنی در این شرایط می‌تواند در صورت مواجه شدن با پاتوژن‌هایی نظیر سالمونلا منجر به تشدید اثرات مخرب این عوامل بیماری‌زا شود؛ بنابراین در شرایط اعمال محدودیت غذایی توجه به سلامت گله اهمیت مضاعفی می‌یابد.

منابع

۱. طهوری، ح.ر. و محمدزاده، ن. (۱۴۰۱). تحلیل موانع و راهکارهای امنیت غذایی کشور (مطالعه موردی: گوشت مرغ). نشریه بهبود مدیریت. دوره ۱۶، شماره ۱، صفحه ۱۵۷-۱۸۳.

۱ Hartke
۲ Hamidi
۳ Fisher
۴ Tarachai
۵ Yamauchi
۶ Mahdavian

۲. عابدین زاده، م.، عنایتی ضمیر، ن.، شکری، ا. و کیان امیری، ش. (۱۴۰۲). تهدید سالمونلا در خاک و ضرورت ردیابی مستمر آن با رویکردهای نوین تشخیصی. نشریه زیست شناسی خاک. دوره ۱۱، شماره ۲، صفحه ۱۸۳-۲۱۱.

3. Boostani, A., Ashayerizadeh, A., Mahmoodian Fard, H. R., & Kamalzadeh, A. (2010). Comparison of the effects of several feed restriction periods to control ascites on performance, carcass characteristics and hematological indices of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 12, 171-177.
4. Cornejo, S., Gadelha, A. C., Pokniak, J., & Villouta, G. (2007). Qualitative feed restriction on productive performance and lipid metabolism in broiler chickens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 1554-1562.
5. Corrigan, A., Horgan, K., Clipson, N., & Murphy, R. A. (2011). Effect of dietary supplementation with a Saccharomyces cerevisiae mannan oligosaccharide on the bacterial community structure of broiler caecal contents. *Applied and Environmental Microbiology*, 77, 6653-6662.
6. De Baets, R., Buyse, K., Antonissen, G., & Delezie, E. (2024). Betaine and feed restriction as potential mitigation strategies against heat stress in two strains of laying hens. *Poultry Science*, 103, 104104.
7. Fanooci, M., & Torki, M. (2010). Effects of qualitative dietary restriction on performance, carcass characteristics, white blood cell count and humoral immune response of broiler chicks. *Global Veterinaria*, 4, 277-282.
8. Fisher de Silva, A. V., Maiorka, A., Borges, S. A., Santin, E., Boleli, I. C., & Macari, M. (2007). Surface area of the tip of the enterocytes in small intestine mucosa of broilers submitted to early feed restriction and supplemented with glutamine. *International Journal of Poultry Science*, 6, 31-35.
9. Halsey, T. L. (2011). Salmonella typhimurium infection in broilers and its effects on gastrointestinal health and performance (M.Sc. thesis). University of Pretoria, South Africa.
10. Hamidi, H., Pourreza, J., & Rahimi, H. (2009). Dietary zinc-methionine and feed restriction affect duodenal morphology of broilers challenged with a mixed coccidial infection. *Journal of Biological Sciences*, 9, 760-765.
11. Hangalapura, B. N., Nieuwland, M. G. B., Reilingh, G. D. V., Buyse, J., Brand, H. V. D., Kemp, B., & Parmentier, H. K. (2005). Severe feed restriction enhances innate immunity but suppresses cellular immunity in chicken lines divergently selected for antibody responses. *Poultry Science*, 84, 1520-1529.
12. Hartke, J. L., Monaco, M. H., Wheeler, M. B., & Donovan, S. M. (2005). Effect of a short-term fast on intestinal disaccharidase activity and villus morphology of piglets suckling insulin-like growth Factor-I transgenic sows. *Journal of Animal Science*, 83(10), 2404-2413.
13. Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galan, E., Janke, D., Estelles, F., Muschner-Siemens, T., Wang, X., Heinicke, J., Zhang, G., Amon, B., del Prado A., & Amon T. (2019). Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios—uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics*, 10(3), 859–884.
14. Jahanpour, H., Seidavi, A., & Qotbi, A.A.A. (2012). Effects of intensity and duration of feed quantitative restriction on broiler immune system. *Annals of Biological Research*, 3(6), 2656-2661.
15. Kang, S.Y., Ko Y.H., Moon Y.S., Sohn S.H., & Jang, I.S. (2011). Effects of the combined stress induced by stocking density and feed restriction on hematological and cytokine parameters as stress indicators in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(3), 414-420.
16. Khansari, D.N., Murgo, A.J., & Faith, R.E. (1990). Effects of stress on the immune system. *Immunological Today*, 11(5), 170-175.

17. Maassen C.B., van Holten-Neelen, C., Balk, F., den Bak-Glashouwer, M.J., Leer, R.J., Laman, D.J. Boersma, W.J. & Claassen, E. (2000). Strain-dependent induction of cytokine profiles in the gut by orally administered Lactobacillus strains. *Vaccine*,18(19), 2613-2623.
18. Mahdavian, S. M., Askari, F., Kioumarsi, H., Naseri Harsini, R., Dehghanzadeh, H., & Saboori, B. (2024). Modeling the linkage between climate change, CH4 emissions, and land use with Iran's livestock production: A food security perspective. *Natural Resources Forum*, 1–24.
19. Mikovits, C., Zollitsch, W., Hortenhuber, S.J., Baumgartner, J.,.Niebuhr, K., Piringer, M., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schonhart, M. & Schauberger, G. (2019). Impacts of global warming on confined livestock systems for growing-fattening pigs: simulation of heat stress for 1981 to 2017 in Central Europe. *International Journal of Biometeorology*, 63(2), 221–230.
20. Onbasilar E.E., Yalcin, S., Torlak, E. & Ozdemir, P. (2009). Effects of early feed restriction on live performance carcass characteristics meat and liver composition some blood parameters heterophil-lymphocyte ratio antibody production and tonic immobility duration. *Tropical Animal Health Production*, 41(8), 1513-1519.
21. Patterson, J.A. & Burkholder, K.M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*,82(4),627–631.
22. Saeed, M., Abbas, G., Alagawany, M., Kamboh, A.A., AbdEl-Hack, M.E., Khafaga, A.F. & Chao S. (2019). Heat stress management in poultry farms: a comprehensive overview. *Journal of Thermal Biology*, 84(1), 414–425.
23. Savino, W.& Dardenne, M. (2010). Nutritional imbalances and infections affect the thymus: consequences on T-cell-mediated immune responses. *Proceedings Nutrition Society*, 69(4), 636-643.
24. Shabani, R., Nosrati, M., Javandel F. & Kioumarsi, H. (2012). The effect of probiotics on carcass and internal organs of broilers. *Annals of Biological Research*, 3(6), 5475-5477.
25. Shabani, R., Nosrati, M., Javandel, F., Alaw Ghotbi, A & Kioumarsi, H. (2012). The effect of probiotics on growth performance of broilers. *Annals Biological Research*,3(6), 5450-5452.
26. Tarachai, P. & Yamauchi, K. (2000). Effects of luminal nutrient absorption intraluminal physical stimulation and intravenous parenteral alimentation on the recovery responses of duodenal villus morphology following feed withdrawal in chickens. *Poultry Science*, 79(10), 1578-1585.
27. Wasti, S., Sah, N., & Mishra, B. (2020). Impact of heat stress on poultry health and performances and potential mitigation strategies. *Animals*(Basel), 10(8), 1266.
28. Yu, M.W.& Robinson, F.E. (1992). The application of short-term feed restriction to broiler chicken production: a review. *Applied Poultry Research*, 1(2), 147-153.
29. Zubair, A.K. & Leeson, S. (1996). Compensatory growth in the broiler chicken: a review. *World's Poultry Science Journal*, 52(2), 186-201.