Vol 28, No. 1, Spring 2026

University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

Effect of toxin binder and organic acids on performance indices, serum lipid profile and health indices, carcass traits and meat quality of broiler chickens challenged with Aflatoxin B1 and *Clostridium perfringens*

Maryam Karimi- Zandi[1] | Hassan Shirzadi[2] ✉ | Hossein Ali Ghasemi[3] ✉ | Mohammad Amir Karimi-Torshizi[4] | Kamran Taherpour[5] | Enayat Rahmatnejad[6]

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture. Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: m.karimizandi@mail.ilam.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture. Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: h.shirzadi@ilam.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran. E-mail: h-ghasemi@araku.ac.ir
4. Department of Poultry Breeding and Management. Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: karimitm@modares.ac.ir
5. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture. Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: k.taherpour@ilam.ac.ir
6. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran. E-mail: rahmatnejad@pgu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 27 August 2025
Received in revised form
11 December 2025
Accepted 13 December 2025
Published online 9 March 2026

Keywords:
Atherogenic coefficient
Atherogenic index
Cardiac risk ratio
Energy and protein efficiency ratios
Specific growth rate

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to evaluate the effects of a toxin binder and organic acids on growth performance, serum lipid profile, health indices, carcass traits, and meat quality of broiler chickens challenged with aflatoxin B1 and *Clostridium perfringens*.

Methods: A total of 420 one-day-old as hatched Ross 308 broiler chicks were randomly assigned to 7 treatment groups, each with 6 replicates of 10 birds. The treatments were as follows: Control – basal diet without additives or challenges; A – basal diet, challenged with aflatoxin; AM – basal diet with toxin binder, challenged with aflatoxin; AMO – basal diet with toxin binder and organic acids, challenged with aflatoxin; ACP – basal diet, challenged with aflatoxin and *C. perfringens*; ACPM – basal diet with toxin binder, challenged with aflatoxin and *C. perfringens*; and ACPMO – basal diet with toxin binder and organic acids, challenged with aflatoxin and *C. perfringens*. Aflatoxin B_1 (500 ppb) was administered throughout the trial, and *C. perfringens* (1×10^8 cfu/mL) was introduced on day 15 for ten consecutive days. Both the toxin binder and organic acids were added at 0.2% of the basal diet.

Results: Inclusion of a toxin binder, either alone or in combination with organic acids, alleviated these negative effects of aflatoxin challenge ($P<0.05$), and the combined challenge with aflatoxin and *C. perfringens* further decreased energy and protein efficiency ratios as well as specific growth rate ($P<0.05$). The toxin binder alone improved specific growth rate, and its combination with organic acids enhanced energy and protein efficiency ratios. The combined challenge increased serum low-density lipoprotein (LDL) level ($P<0.05$). The inclusion of toxin binder lowered these values, and its effect was more pronounced when used in combination with organic acids. Inclusion of toxin binder also decreased the LDL to high-density lipoprotein (HDL) ratio, atherogenic coefficient, and cardiac risk ratio in aflatoxin- and *C. perfringens* -challenged birds ($P<0.05$). Supplementation with both toxin binders and organic acids elicited greater improvements in these physiological indices relative to the toxin binder alone. Aflatoxin and dual challenges increased cooking loss in the *pectoralis* major muscle and reduced press loss and dry matter content in both *pectoralis* major and thigh muscles ($P<0.05$). Aflatoxin exposure alone increased the relative weight of the heart ($P<0.05$), and the combined challenge reduced breast weight and increased heart and liver weights ($P<0.05$). The combined use of toxin binders and organic acids elicited the most pronounced improvements in these traits compared to the toxin binder alone.

Conclusion: When feed is contaminated with aflatoxin, the addition of a toxin binder to broiler diets is a beneficial strategy. In the presence of a concurrent *C. perfringens* infection, use of a toxin binder plus organic acids provides superior protection and performance benefits.

Cite this article: Karimi-Zandi, M., Shirzadi, H., Ghasemi, H. A., Amir Karimi-Torshizi, M., Taherpour, K., & Rahmatnejad, E. (2026). Effect of toxin binder and organic acids on performance indices, serum lipid profile and health indices, carcass traits and meat quality of broiler chickens challenged with Aflatoxin B1 and *Clostridium perfringens*. *Journal of Animal Production*, 28 (1), 91-109. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2025.401403.623867

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2025.401403.623867

دوره بیست و هشتم، شماره اول، بهار ۱۴۰۵

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

تأثیر توکسین بایندر و اسیدهای آلی بر شاخص‌های عملکردی، پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون، صفات لاشه و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی چالش‌یافته با آفلاتوکسین B_1 و *کلستریدیوم پرفرنژنس*

مریم کریمی زندی[۱] | حسن شیرزادی[۲] ✉ | حسینعلی قاسمی[۳] ✉ | محمد امیر کریمی ترشیزی[۴] | کامران طاهرپور[۵] | عنایت رحمت‌نژاد[۶]

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: m.karimizandi@mail.ilam.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: h.shirzadi@ilam.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران. رایانامه: h-ghasemi@araku.ac.ir
۴. گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: karimitm@modares.ac.ir
۵. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: k.taherpour@ilam.ac.ir
۶. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران. رایانامه: rahmatnejad@pgu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۸

کلیدواژه‌ها:
شاخص آنتروژنیک
ضریب آنتروژنیک
نرخ رشد ویژه
نسبت ریسک قلبی
نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین

چکیده

هدف: این مطالعه با هدف بررسی تأثیر توکسین بایندر و اسیدهای آلی بر شاخص‌های عملکردی، پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون، صفات لاشه و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی چالش‌یافته با آفلاتوکسین B_1 و *کلستریدیوم پرفرنژنس* انجام شد.

روش پژوهش: تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه گوشتی یکروزه (راس ۳۰۸) به‌طور تصادفی به هفت گروه تقسیم شدند که هر گروه جیره‌های متفاوتی را دریافت کردند؛ ۱- تیمار کنترل (جیره پایه بدون افزودنی و بدون چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*)؛ ۲- تیمار A (جیره پایه بدون افزودنی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین)؛ ۳- تیمار AM (جیره پایه با توکسین بایندر و چالش‌یافته با آفلاتوکسین)؛ ۴- تیمار AMO (جیره پایه با توکسین بایندر و اسیدهای آلی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین)؛ ۵- تیمار ACP (جیره پایه بدون افزودنی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*)؛ ۶- تیمار ACPM (جیره پایه با توکسین بایندر و چالش‌یافته با آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*) و ۷- تیمار ACPMO (جیره پایه با توکسین بایندر و اسیدهای آلی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*). هر گروه به شش تکرار تقسیم شد که در هر تکرار ۱۰ قطعه پرنده نر و ماده وجود داشت. به‌جز گروه کنترل، جوجه‌ها در تمام طول دوره پرورش تحت چالش آفلاتوکسین B_1 (۵۰۰ ppb) بودند، اما از روز ۱۵ آزمایش به‌مدت ۱۰ روز متوالی تحت چالش *کلستریدیوم پرفرنژنس* (1×10^8 cfu در هر میلی‌لیتر سوسپانسیون) قرار گرفتند. هر کدام از ترکیبات اسیدهای آلی و توکسین بایندر در تمام طول آزمایش با غلظت ۰/۲ درصد به جیره پایه اضافه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که چالش آفلاتوکسین سبب تضعیف نرخ رشد ویژه و نسبت بازده انرژی شد ($P<0/05$) و استفاده از توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی سبب کاهش این اثرات منفی شد. هم‌چنین چالش هم‌زمان آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب تضعیف نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین و نرخ رشد ویژه شد ($P<0/05$). استفاده از توکسین بایندر تنها سبب بهبود نرخ رشد ویژه شد، اما در ترکیب با اسیدهای آلی سبب بهبود نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین شد. چالش هم‌زمان آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب افزایش سطح لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) سرم خون شد ($P<0/05$) و استفاده از توکسین بایندر سبب بهبود صفت مذکور شد، اما در ترکیب با اسیدهای آلی عملکرد بهتری داشت. هم‌چنین به‌کارگیری توکسین بایندر در جیره سبب کاهش نسبت LDL به لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)، ضریب آتروژنیک و نسبت ریسک قلبی در جوجه‌های تحت چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* شد و در ترکیب با اسیدهای آلی پتانسیل بالاتری از خود نشان داد ($P<0/05$). چالش آفلاتوکسین و چالش هم‌زمان آن با *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب افزایش اتلاف آب در اثر پخت‌وپز در فیله بزرگ سینه و کاهش اتلاف آب ناشی از پرس و ماده خشک در فیله بزرگ سینه و کعب ران شد ($P<0/05$). هم‌چنین چالش آفلاتوکسین سبب افزایش وزن نسبی قلب ($P<0/05$) و چالش آن با *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب کاهش وزن نسبی سینه و افزایش اوزان نسبی قلب و کبد شد ($P<0/05$). استفاده از ترکیب توکسین بایندر و اسیدهای آلی نسبت به توکسین بایندر پتانسیل بالاتری جهت بهبود این صفات داشت.

نتیجه‌گیری: در صورت وجود آفلاتوکسین در جیره جوجه‌های گوشتی، استفاده از توکسین بایندر در جیره مفید است و در صورت بروز هم‌زمان عفونت‌های ثانویه نظیر کلونیزاسیون *کلستریدیوم پرفرنژنس* بهتر است از اسیدهای آلی به‌عنوان عامل کمکی در کنار توکسین بایندر استفاده شود.

استناد: کریمی زندی، مریم؛ شیرزادی، حسن؛ قاسمی، حسینعلی؛ کریمی ترشیزی، محمد امیر؛ طاهرپور، کامران و رحمت‌نژاد، عنایت (۱۴۰۵). تأثیر توکسین بایندر و اسیدهای آلی بر شاخص‌های عملکردی، پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون، صفات لاشه و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی چالش‌یافته با آفلاتوکسین B_1 و کلستریدیوم پرفرنژنس. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۸ (۱)، ۹۱-۱۰۹.

DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2025.401403.62386

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

آفلاتوکسین‌ها که متابولیت‌های ثانویه تولیدشده توسط قارچ‌های *آسپرژیلوس فلاووس* (*Aspergillus flavus*) و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* (*Aspergillus parasiticus*) هستند، شایع‌ترین نوع مایکوتوکسین‌ها در خوراک طیور هستند. آفلاتوکسین B_1 رایج‌ترین و از نظر بیولوژیکی فعال‌ترین فرم آفلاتوکسین می‌باشد که منجر به آسیب کبدی، سرطان‌زایی، جهش سلولی و کاهش ایمنی در حیوانات می‌شود (Mehrim & Salem, 2013). آفلاتوکسین B_1 باعث کاهش خوراک مصرفی، عملکرد رشد، پاسخ ایمنی، آسیب به اندام‌ها، برهم‌زدن تعادل میکروبیوتای روده، ایجاد اختلال در سدّ میکروبی روده و افزایش تلفات می‌شود (Lai *et al.*, 2022). آفلاتوکسین B_1 با کاهش بیان پروتئین‌های اتصالات سخت [زونولا اوکلودنس-۱ (*Zonula occludens*-1)، اوکلودین (Occludin) و کلائودین (Claudin)] در فضای بین انتروسیت‌های روده و القای آپوپتوز سلولی می‌تواند سبب اختلال در ساختار موکوسی روده شود (Zhang *et al.*, 2022) که می‌تواند زمینه را برای استقرار باکتری‌های پاتوژنیک در مخاط روده و ورود به جریان خون فراهم کند. هم‌چنین گزارش شده است که آفلاتوکسین با کاهش توان فاگوسیتوزی ماکروفاژها و پاسخ اولیه آنتی‌بادی منجر به سرکوب ایمنی سلولی و هومورال در طیور می‌شود که این امر پرنده را مستعد آنتریت نکروتیک می‌کند (El-Hamid *et al.*, 2017).

آنتریت نکروتیک یک بیماری مهم از نظر اقتصادی است که صنعت طیور را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. تخمین زده شده است که هزینه‌های سالانه ناشی از این بیماری در جهان به بیش از دو میلیارد دلار می‌رسد. عامل ایجادکننده آنتریت نکروتیک، سویه‌های *کلستریدیوم پرفرنژنس* نوع A هستند که با تولید سموم آلفا و NetB باعث تلفات تقریباً ۱۵-۱۰ درصدی می‌شوند. کاهش استفاده از داروهای ضد میکروبی در خوراک طیور یکی از دلایل اصلی افزایش بروز این بیماری در طیور تجاری است. هم‌چنین تغییرات جیره، جیره پُر فیبر، شرایط بد بستر، بهداشت ضعیف، بیماری کوکسیدیوز و شرایط بد پرورش از عوامل مستعدکننده آنتریت نکروتیک هستند (El-Hamid *et al.*, 2017). از نشانه‌های این بیماری در طیور می‌توان به آسیب مخاط روده، کاهش هضم و جذب مواد غذایی، کاهش مصرف آب و خوراک، کاهش رشد، تضعیف ضریب تبدیل خوراک، کاهش اثربخشی واکسن‌های کوکسیدیوز، افسردگی و در نهایت مرگ اشاره کرد (Cravens *et al.*, 2013; Lai *et al.*, 2022).

Yilmaz و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که آفلاتوکسین با کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و غلظت گلوتاتیون احیاشده و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد باعث افزایش پراکسیداسیون لیپیدی، تولید مالون‌دی‌آلدهید و القای استرس اکسیداتیو می‌شود. علاوه بر این، گزارش شده است زمانی که لیپیدها توسط آنزیم‌های لیپولیتیک و متابولیسم میکروبی تجزیه شوند، پراکسیداسیون لیپیدی اتفاق می‌افتد که با فاسدنمودن چربی باعث کاهش کیفیت گوشت می‌شود (An *et al.*, 2020). استرس اکسیداتیو با تخریب میوفیبریل‌های اکتین و میوزین و هم‌چنین تخریب پروتئین‌های کلاژن و الاستین، توان کاهش ظرفیت نگهداری آب توسط گوشت را دارد و لذا می‌تواند کیفیت گوشت را کاهش دهد، هم‌چنین می‌تواند باعث تحلیل بافت‌های عضلانی و کاهش اوزان نسبی لاشه و قطعات آن می‌شود.

بنابراین در صورتی‌که در زمان مصرف جیره حاوی آفلاتوکسین B_1، باکتری *کلستریدیوم پرفرنژنس* نیز کلونیزه شود کیفیت و کمیت گوشت به میزان بیش‌تری تحت تأثیر قرار می‌گیرد و استفاده از توکسین بایندر به‌تنهایی ممکن است توان غلبه بر اثرات منفی ناشی از این مایکوتوکسین و توکسین‌های کلستریدیومی را نداشته باشد. بنابراین، در این پژوهش پتانسیل یک توکسین‌بایندر و یک محصول اسیدی‌فایر تجاری در راستای کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* بر شاخص‌های عملکردی، پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون و کیفیت و کمیت گوشت جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره آلوده به آفلاتوکسین B_1 و تحت چالش *کلستریدیوم پرفرنژنس* موردبررسی قرار گرفت.

۲. روش پژوهش

۲. ۱. پرنده‌ها و تیمارهای آزمایشی

در این پژوهش با استفاده از تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ (نر و ماده) تأثیر توکسین بایندر و اسیدهای آلی بر شاخص‌های عملکردی، پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون، صفات لاشه و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی چالش‌یافته با آفلاتوکسین B1 و *کلستریدیوم پرفرنژنس* موردبررسی قرار گرفت. آزمایش فوق در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار و شش تکرار (۱۰ قطعه پرنده در هر تکرار) اجرا شد. پرنده‌ها در قفس‌های چهار طبقه باتری پرورش داده شدند و قبل از شروع آزمایش به‌صورت تصادفی به واحدهای آزمایشی اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی به شرح ذیل بودند؛ ۱- تیمار کنترل (جیره پایه بدون افزودنی و بدون چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*)؛ ۲- تیمار A (جیره پایه بدون افزودنی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین)؛ ۳- تیمار AM (جیره پایه با توکسین بایندر و چالش‌یافته با آفلاتوکسین)؛ ۴- تیمار AMO (جیره پایه با توکسین بایندر و اسیدهای آلی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین)؛ ۵- تیمار ACP (جیره پایه بدون افزودنی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*)؛ ۶- تیمار ACPM (جیره پایه با توکسین بایندر و چالش‌یافته با آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*) و ۷- تیمار ACPMO (جیره پایه با توکسین بایندر و اسیدهای آلی و چالش‌یافته با آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس*).

جوجه‌ها از ابتدای دوره آغازین تا انتهای آزمایش تحت چالش آفلاتوکسین B_1 (۵۰۰ ppb) و از روز ۱۵ تا ۲۴ آزمایش به‌مدت ۱۰ روز متوالی تحت چالش *کلستریدیوم پرفرنژنس* (cfu ۱×۱۰^{۸} در هر میلی‌لیتر سوسپانسیون، ATCC 13124، انستیتو پاستور ایران) قرار گرفتند. توکسین بایندر و اسیدهای آلی از ابتدای دوره آغازین تا انتهای آزمایش با غلظت ۰/۲ درصد جایگزین ماسه بادی در جیره پایه شدند و در دسترس جوجه‌ها قرار گرفتند. اسیدهای آلی (ویواسید®) استفاده‌شده در این پژوهش ترکیبی از اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (SCFA) و تری‌کربوکسیلیک اسید (TCA) شامل اسید فرمیک، اسید استیک، اسید پروپیونیک و اسید سیتریک است و توکسین‌بایندر (مگنوتوکس®) هم یک ترکیب چند جزئی حاوی آلومینوسیلیکات‌ها، زغال فعال، دیواره سلولی مخمر، اسیدهای آلی و میکروارگانیزم‌های تجزیه‌کننده سموم قارچی نظیر *باسیلوس سوبتیلیس*، *باسیلوس لیکنی‌فورمیس*، *باسیلوس کوآگولانس* و *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* (Karimi Torshizi & Sedaghat, 2023) است، که هر دو محصول از یک شرکت تولیدکننده تجاری (شرکت ویوان، مشهد، ایران) تهیه شدند. جیره پایه برای دوره‌های آغازین (۱۰-صفر روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) مطابق توصیه راهنمای پرورشی جوجه گوشتی سویه (راس ۳۰۸) فرموله شد. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه در دوره‌های مختلف پرورش در جدول (۱) گزارش شده است.

۲. ۲. شاخص‌های عملکردی

در پایان دوره پرورش، افزایش وزن جوجه‌ها و خوراک مصرفی هر قفس اندازه‌گیری شد و از روی این داده‌ها شاخص‌های عملکردی شامل نرخ رشد ویژه، نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین محاسبه شد. نرخ رشد ویژه که نشان‌دهنده درصد افزایش اندازه یا ابعاد بدن در روز است مطابق رابطه (۱) محاسبه شد (Lugert *et al.*, 2016). هم‌چنین نسبت‌های بازده پروتئین و انرژی مطابق روابط (۲) و (۳) محاسبه شد (Dev *et al.*, 2020).

$$\text{نرخ رشد ویژه (درصد در روز)} = \frac{\text{Log}\left(\text{میانگین وزن اولیه}\right) - \text{Log}\left(\text{میانگین وزن نهایی}\right)}{\text{طول دوره}} \times 100 \qquad \text{رابطه ۱)}$$

رابطه ۲) $$\text{نسبت بازده پروتئین} = \frac{\text{افزایش وزن بدن (گرم)}}{\text{پروتئین مصرفی (گرم)}} \times 100$$

رابطه ۳) $$\text{نسبت بازده انرژی} = \frac{\text{افزایش وزن بدن (گرم)}}{\text{انرژی مصرفی (کیلوکالری)}} \times 100$$

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه در دوره‌های مختلف پرورش

مواد خوراکی (درصد)	جیره آغازین	جیره رشد	جیره پایانی
	صفر تا ۱۰ روزگی	۱۱ تا ۲٤ روزگی	۲۵ تا ٤۲ روزگی
ذرت	۵۳/۷۵	۵۸/۴۵	۶۳/۸۷
برنج[1]	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲
کنجاله گلوتن ذرت	۵/۲۴	۵/۸۱	۴/۵۳
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام)	۳۲/۴۳	۲۸/۰۰	۲۴/۲۱
روغن ذرت	۲/۱۰	۲/۱۴	۲/۱۵
مواد ویتامین- معدنی[2]	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
دی کلسیم فسفات	۲/۱۲	۱/۶۹	۱/۳۹
کربنات کلسیم	۰/۸۹	۰/۶۶	۰/۶۱
نمک طعام	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۸
جوش شیرین	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۴
ال- لایزین هیدروکلراید	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۴۱
دی ال- متیونین	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۳۲
ال- ترئونین	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱۴
ال- آرژنین	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۶
ال- والین	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۷
ماسه بادی[3]	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰
ترکیب شیمیایی (درصد، در غیر اینصورت گزارش شده است)			
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲،۹۷۵	۳،۰۵۰	۳،۱۰۰
پروتئین خام	۲۳/۰۰	۲۱/۵۰	۱۹/۵۰
لینولئیک اسید	۱/۳۱	۱/۳۹	۱/۵۰
فیبر خام	۳/۵۹	۳/۳۹	۳/۲۲
کلسیم	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۶۵
فسفر قابل دسترس	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۶
سدیم	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۸
پتاسیم	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۶۹
کلر	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳
تعادل کاتیون-آنیون (میلی اکی‌والان در کیلوگرم)	۲۲۶	۲۰۷	۱۹۱
لایزین قابل هضم	۱/۳۲	۱/۱۸	۱/۰۸
آرژنین قابل هضم	۱/۴۰	۱/۲۷	۱/۱۷
ترئونین قابل هضم	۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۷۲
متیونین قابل هضم	۰/۷۱	۰/۶۴	۰/۶۰
متیونین- سیستین قابل هضم	۱/۰۰	۰/۹۲	۰/۸۶
تریپتوفان قابل هضم	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۷
لوسین قابل هضم	۱/۸۷	۱/۸۲	۱/۶۵
ایزولوسین قابل هضم	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۶۹
والین قابل هضم	۱/۰۰	۰/۹۱	۰/۸۴

۱. در جیره گروه‌هایی که در معرض آفلاتوکسین B_1 قرار داشتند، برنج آلوده به آفلاتوکسین (با غلظت ۶۹/۸۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) که قبلاً با قارچ *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* (PTCC 5286؛ سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران) کشت داده شده بود، به‌طور کامل جایگزین برنج شد.

۲. مقدار ویتامین‌ها و مواد معدنی در هر کیلوگرم جیره: ویتامین A، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D_3، ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۸ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K_3، ۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۶/۶ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۰ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، سه میلی‌گرم؛ اسید فولیک، یک میلی‌گرم؛ تیامین، ۱/۸ میلی‌گرم؛ B_{12}، ۱۵ میکروگرم؛ بیوتین، ۰/۱ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۰ میلی‌گرم؛ کولین، ۵۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۲ میلی‌گرم؛ ید، ۱ میلی‌گرم؛ مس، ۱۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۵۰ میلی‌گرم؛ روی، ۸۵ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم.

۳. برای تنظیم جیره‌های حاوی توکسین بایندر و اسیدهای آلی در دوره‌های مختلف، هر یک از این ترکیبات به میزان ۰/۲ درصد جایگزین ماسه بادی شدند.

۲. ۳. پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون

در سن ۴۲ روزگی، از هر واحد آزمایشی دو قطعه پرنده (نر) با میانگین وزنی نزدیک به میانگین گروه، انتخاب و از طریق ورید بال خون‌گیری انجام شد. به‌منظور جدا شدن سرم، نمونه‌های خون در دمای اتاق قرار داده شدند. پس از انعقاد خون و جداشدن سرم، نمونه‌های سرم به میکروتیوب انتقال و با استفاده از دستگاه سانتریوفوژ مدل 3-30K (سیگما، آلمان) به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول، HDL، LDL و VLDL با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی خون (BT-1500, Biotechnica, Italy) و کیت‌های شرکت پارس آزمون تعیین شد. هم‌چنین شاخص‌های آتروژنیک سرم خون شامل نسبت ریسک قلبی، ضریب آتروژنیک و شاخص آتروژنیک مطابق روابط (۴)، (۵) و (۶) محاسبه شدند (Dev *et al.*, 2020).

رابطه ۴) $$\text{نسبت ریسک قلبی} = \frac{\text{کلسترول تام}}{\text{HDL}}$$

رابطه ۵) $$\text{ضریب آتروژنیک} = \frac{\text{کلسترول تام} - \text{HDL}}{\text{HDL}}$$

رابطه ۶) $$\text{شاخص آتروژنیک} = \log\left(\frac{\text{تری‌گلیسرید}}{\text{HDL}}\right)$$

۲. ۴. صفات لاشه و ترکیبات شیمیایی و کیفیت گوشت سینه و ران

در سن ۴۲ روزگی به‌منظور بررسی اوزان نسبی صفات لاشه، pH و ترکیبات شیمیایی و کیفیت سینه و ران تعداد دو قطعه پرنده (نر) با میانگین وزنی نزدیک به میانگین گروه از هر تکرار کشتار شد. پس از کشتار و انجام عملیات پرکنی و جداکردن سر و پاها و خالی‌نمودن محتویات شکم، اوزان لاشه قابل طبخ، سینه، ران، قلب، کبد، طحال، تیموس و بورس فابریسیوس برحسب وزن زنده مطابق رابطه (۷) محاسبه شد.

رابطه ۷) $$\text{وزن نسبی اجزاء لاشه یا اندام‌های احشایی} = \frac{\text{وزن هر ازیک اجزاء لاشه یا اندام‌های احشایی (گرم)}}{\text{وزن زنده (گرم)}} \times 100$$

برای بررسی pH و ترکیبات شیمیایی و کیفیت سینه و ران، فیله بزرگ سینه (سمت چپ) و کعب ران (سمت چپ) پرنده‌های کشتار شده جدا و پس از قرار دادن داخل کیسه‌های زیپ کیپ استریل به یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) منتقل شد. بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در یخچال، ترکیب شیمیایی آن‌ها شامل مقادیر ماده خشک و خاکستر (AOAC, 1995) تعیین و از تفاضل آن‌ها مقدار ماده آلی محاسبه شد. هم‌چنین اسیدیته آن‌ها با استفاده از یک pH متر پرتابل (مدل PH818، ساخت کشور چین) و مقادیر اتلاف آب ناشی از تراوش (Drip loss)، اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز (Cooking loss)، اتلاف آب ناشی از پرس (Press loss) فیله بزرگ سینه و کعب ران مطابق روش‌های ذکرشده در پژوهش شیرزادی همکاران (۱۳۹۹) اندازه‌گیری شد.

۲. ۵. آنالیز آماری

داده‌های حاصل با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (نسخه۹/۱) برای مدل (۸) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$ رابطه ۸)

در این رابطه، Y_{ij}، مقدار مشاهده تیمار iام در تکرار jام؛ μ، میانگین جامعه؛ T_i، اثر تیمار iام و e_{ij}، اثر خطای آزمایش مربوط به تیمار iام در تکرار jام می‌باشد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳. ۱. شاخص‌های عملکردی

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر شاخص‌های عملکردی جوجه‌های گوشتی در کل دوره در جدول (۲) گزارش شده است. نتایج نشان داد که چالش آفلاتوکسین سبب تضعیف نرخ رشد ویژه و نسبت بازده انرژی شد (P<۰/۰۵) و استفاده از توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی سبب کاهش این اثرات منفی شد. هم‌چنین چالش هم‌زمان آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب تضعیف نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین و نرخ رشد ویژه شد (P<۰/۰۵). استفاده از توکسین بایندر تنها سبب بهبود نرخ رشد ویژه شد، اما در ترکیب با اسیدهای آلی سبب بهبود نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین شد.

جدول ۲. تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر شاخص‌های عملکردی جوجه‌های گوشتی (۴۲- صفر روزگی)

تیمارها	نسبت بازده انرژی	نسبت بازده پروتئین	نرخ رشد ویژه
کنترل	۱۹/۷^{a}	۲/۹۹^{a}	۴/۴۹^{a}
A	۱۸/۷^{bc}	۲/۸۵^{ab}	۴/۴۳^{bc}
AM	۱۹/۵^{ab}	۲/۹۵^{a}	۴/۴۷^{ab}
AMO	۱۹/۶^{ab}	۲/۹۸^{a}	۴/۴۷^{ab}
ACP	۱۸/۲^{c}	۲/۷۵^{b}	۴/۳۷^{c}
ACPM	۱۸/۵^{c}	۲/۸۰^{b}	۴/۴۱^{bc}
ACPMO	۱۸/۸^{abc}	۲/۸۵^{ab}	۴/۴۳^{bc}
SEM	۰/۳	۰/۰۵	۰/۰۲
P- value	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱

a-c: حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ است.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

A: آفلاتوکسین؛ AM: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر چند جزئی؛ AMO: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی؛ ACP: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم؛ ACPM: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر چند جزئی؛ ACPMO: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی.

گزارش شده است که مسمومیت با آفلاتوکسین از طریق اختلال در سدّهای مکانیکی، ایمنی، شیمیایی و میکروبی روده سبب کاهش عملکرد سد مخاطی روده می‌شود که منجر به افزایش نفوذپذیری روده و ورود باکتری‌ها به سیستم فیزیولوژیک می‌شود (Lai *et al.*, 2022). هم‌چنین Zhang و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که آفلاتوکسین B_1 با کاهش بیان پروتئین‌های اتصالات سخت بین انتروسیت‌های روده و القای آپوپتوز سلولی ممکن است سبب اختلال در ساختار موکوسی روده شود (Zhang *et al.*, 2022). آفلاتوکسین B_1 سبب تخریب سلول‌های اپیتلیال در ژژنوم، نازک شدن دیواره روده، کاهش نسبت ارتفاع پُرز به عمق کریپت، کاهش تعداد پُرزها، کاهش بیان ژن پروتئین‌های اتصالات سخت نظیر زونولا اوکلودنس-۱، اوکلودین و کلائودین می‌شود، هم‌چنین بیان ژن موسین-۲ و بیان ژن ضد آپوپتوزی Bcl-2 را کاهش و بیان ژن پیش آپوپتوزی Bax را افزایش می‌دهد (Zhang *et al.*, 2022). هم‌چنین گزارش شده است که آفلاتوکسین سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های هضم‌کننده پروتئین، نشاسته و لیپیدها می‌شود (Murugesan *et al.*, 2015). بنابراین، دلیل تضعیف شاخص‌های عملکردی ناشی از تغذیه آفلاتوکسین را می‌توان به تخریب سلول‌های اپیتلیال و

کاهش سطح جذب روده و هم‌چنین به کاهش فعالیت آنزیم‌های گوارشی نسبت داد که نتیجه این تغییرات کاهش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی و درنهایت تضعیف شاخص‌های عملکردی است.

هم‌چنین در پژوهش حاضر، چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* در مقایسه با چالش آفلاتوکسین اثرات شدیدتری بر شاخص‌های عملکردی داشت که با نتایج El-Hamid و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد (El-Hamid *et al.*, 2017). Alkhulaifi و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که چالش *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب افزایش کلونیزاسیون *کلستریدیوم پرفرنژنس* و کاهش جمعیت لاکتوباسیلوس می‌شود (Alkhulaifi *et al.*, 2022). چالش *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب کاهش ارتفاع پرز و مساحت سطح جذب روده می‌شود (Alkhulaifi *et al.*, 2022). بنابراین، چالش *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب تقویت اثرات منفی آفلاتوکسین بر پرزهای روده می‌شود و بدین ترتیب باعث بدترشدن شاخص‌های عملکردی می‌شود.

گزارش شده است که استفاده از توکسین بایندر در جیره جوجه‌های گوشتی از طریق افزایش بیان ژن‌های کلائودین-۱ و اوکلودین و کاهش بیان کلائودین-۲ در بافت ژژنوم سبب حفظ انسجام اتصالات سخت بین انتروسیت‌های روده می‌شود و بدین ترتیب عملکرد سد مخاطی روده را در تا حدودی افزایش دهد (Lai *et al.*, 2022). با توجه به این‌که توکسین‌بایندر استفاده شده در این پژوهش حاوی آلومینوسیلیکات‌ها، زغال فعال، دیواره سلولی مخمر باکتری‌های پروبیوتیکی است، لذا علت بهبود شاخص‌های عملکردی را می‌توان به جذب آفلاتوکسین و هم‌چنین بهبود جمعیت میکروبی روده نسبت داد، که ماحصل آن‌ها بهبود عملکرد سد مخاطی و افزایش سطح جذب روده است که درنهایت منجر به افزایش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی و بهبود شاخص‌های عملکردی می‌شود.

گزارش شده است که استفاده از اسیدهای آلی ضمن کاهش کلونیزاسیون باکتری‌های پاتوژنیک سبب افزایش رشد جمعیت باکتری‌های مفید می‌شود (Heidari *et al.*, 2018). اسیدهای آلی پتانسیل مهار کلونیزاسیون باکتری‌های پاتوژنیک نظیر *کلستریدیوم پرفرنژنس* را دارند (Otite *et al.*, 2024). اسیدهای آلی با تنظیم بیان ژن پروتئین‌های اتصالات سخت روده نظیر کلائودین و زونولا اوکلودنس-۱ و تحریک تکثیر سلول‌های گابلت سبب افزایش ارتفاع و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت می‌شوند (Vera-Álava *et al.*, 2023). هم‌چنین در پژوهشی ذرت آلوده به آفلاتوکسین B_1 (با غلظت ۹۳ نانوگرم در گرم) در محیط آبی حاوی اسید سیتریک قرار داده شد و گزارش شد که محیط اسیدی سبب تجزیه آن تا ۹۶/۷ درصد می‌شود (Méndez-Albores *et al.*, 2008). آفلاتوکسین B_1 در محیط اسیدی ابتدا تبدیل به ساختار β-کتواسید می‌شود و سپس حلقه لاکتونی آن هیدرولیز و تبدیل به آفلاتوکسین D_1 می‌شود (Méndez-Albores *et al.*, 2008) که سمیتی بیست برابر کم‌تر از آفلاتوکسین B_1 دارد (Salgado-Tránsito *et al.*, 2011). بنابراین اسیدی‌فایرها به‌دلیل کاهش رشد پاتوژن‌ها و توانایی تجزیه آفلاتوکسین می‌توانند یک ترکیب یدک‌کننده مناسب برای توکسین بایندرها باشند.

۳. ۲. پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون در جدول (۳) آمده است. نتایج نشان داد که مقادیر تری‌گلیسرید، HDL، VLDL و شاخص آتروژنیک تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. با این‌حال، چالش هم‌زمان آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب افزایش سطح LDL سرم شد ($P<۰/۰۵$) و کلسترول نیز تمایل به افزایش داشت. استفاده از توکسین بایندر سبب بهبود صفات مذکور شد، اما در ترکیب با اسیدهای آلی تأثیر عملکرد بهتری داشت. هم‌چنین به‌کارگیری توکسین بایندر در جیره سبب کاهش نسبت LDL به HDL، ضریب

آتروژنیک و نسبت ریسک قلبی در جوجه‌های تحت چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* شد و در ترکیب با اسیدهای آلی پتانسیل بالاتری از خود نشان داد (P<۰/۰۵).

جدول ۳. تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر پروفایل لیپیدی و شاخص‌های سلامت سرم خون جوجه‌های گوشتی

تیمارها	تری‌گلیسرید (mg/dl)	کلسترول (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	VLDL (mg/dl)	LDL/HDL	CRR	AC	AI
کنترل	۵۳/۲	۱۳۰	۳۸/۲	۸۰/۷^{b}	۱۰/۶	۲/۱۴^{abc}	۳/۴۲^{abc}	۲/۴۲۰^{abc}	۰/۱۴۲
A	۵۲/۵	۱۴۳	۴۲/۲	۹۰/۲^{ab}	۱۰/۵	۲/۱۶^{abc}	۳/۴۲^{abc}	۲/۴۲^{abc}	۰/۰۹۴
AM	۵۹/۵	۱۴۷	۳۹/۸	۹۵/۶^{ab}	۱۱/۹	۲/۴۱^{ab}	۳/۷۲^{ab}	۲/۷۲^{ab}	۰/۱۷۵
AMO	۵۰/۳	۱۳۵	۳۹/۲	۸۵/۹^{ab}	۱۰/۱	۲/۲۱^{abc}	۳/۴۶^{abc}	۲/۴۶^{abc}	۰/۱۰۷
ACP	۵۵/۰	۱۵۴	۴۰/۰	۱۰۳/۰^{a}	۱۱/۰	۲/۵۸^{a}	۳/۸۶^{a}	۲/۸۶^{a}	۰/۱۳۸
ACPM	۵۷/۰	۱۴۰	۴۳/۳	۸۵/۶^{ab}	۱۱/۴	۱/۹۸^{bc}	۳/۲۴^{bc}	۲/۲۴^{bc}	۰/۱۱۶
ACPMO	۵۰/۲	۱۳۱	۴۲/۵	۷۸/۸^{b}	۱۰/۰	۱/۸۶^{c}	۳/۰۹^{c}	۲/۰۹^{c}	۰/۰۷۱
SEM	۳/۱	۶	۱/۹	۴/۷	۰/۶۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۲۶
P- value	۰/۳۲	۰/۰۶	۰/۴۰	۰/۰۱	۰/۳۲	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۱۴

a-c: حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ است.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

A: آفلاتوکسین؛ AM: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر چند جزئی؛ AMO: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی؛ ACP: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم؛ ACPM: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر چند جزئی؛ ACPMO: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی؛ HDL (High-Density Lipoprotein): لیپوپروتئین با چگالی بالا؛ LDL (Low-Density Lipoprotein): لیپوپروتئین با چگالی کم؛ VLDL (Very Low-Density Lipoprotein): لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم؛ AI (Atherogenic index): شاخص آتروژنیک؛ AC (Atherogenic coefficient): ضریب آتروژنیک؛ CRR (Cardiac risk ratio): نسبت ریسک قلبی.

گزارش شده است که سطوح مایکوتوکسین با هیپرکلسترولمی مرتبط است و با تأثیر بر سنتز کلسترول، اثرات مضری بر متابولیسم کلسترول کبد دارد، هم‌چنین مایکوتوکسین‌ها با اتصال به لیپوپروتئین‌های پلاسمای انسان و حیوان سبب القای هیپرکلسترولمی می‌شوند (Martins, 2015). آفلاتوکسین B_1 پس از جذب و ورود به سیستم فیزیولوژیک بدن بیش‌تر در غدد جنسی، کبد، کلیه‌ها، طحال، تیموس، غدد درون‌ریز، ریه و مغز تجمع پیدا می‌کند و سیتوکروم P_{450} سبب تبدیل آن به متابولیت ۸،۹- اپوکسید می‌شود که عامل القای استرس اکسیداتیو در بافت‌هاست (Yilmaz *et al.*, 2018). رهاسازی رادیکال‌های آزاد ناشی استرس اکسیداتیو می‌تواند با صدمه به غشاهای سلولی به‌ویژه بافت‌های کبد و کلیه که به‌ترتیب اولین و دومین اندام هدف این مایکوتوکسین هستند، باعث نشت محتویات درون سلولی به داخل خون شود. هم‌چنین، اگرچه *کلستریدیوم پرفرنژنس* توان دکنژوگه‌کردن اسیدهای صفراوی در دستگاه گوارش را دارد و با کاهش تشکیل میسل می‌تواند غلظت پروفایل لیپیدی خون را کاهش دهد، اما گزارش شده است که تأثیری بر غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول، HDL و VLDL ندارد (Khatami *et al.*, 2024). دلیل افزایش غلظت کلسترول و LDL ناشی از چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* را می‌توان به اثرات سینرژیستی ناشی از متابولیت‌های سمی آفلاتوکسین و توکسین‌های *کلستریدیوم پرفرنژنس* نسبت داد، احتمالاً به‌دلیل صدمات سلولی و تخریب غشاهای سلولی سبب تراوش محتویات آن‌ها از جمله کلسترول به داخل خون شده و همین امر باعث افزایش غلظت سرمی کلسترول و LDL شده است.

هم‌چنین با توجه به این‌که شاخص‌های سلامت سرم خون ضریبی از کلسترول تام یا LDL و VLDL به HDL هستند، لذا دلیل افزایش نسبت LDL به HDL، ضریب آتروژنیک و نسبت ریسک قلبی در جوجه‌های تحت چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* را می‌توان به افزایش غلظت کلسترول و LDL نسبت داد. افزایش این شاخص‌ها نشان‌دهنده اثرات مضر آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* بر سیستم قلبی و عرقی پرنده‌هاست، در صورت تداوم چالش و عدم درمان می‌تواند پرنده را با سندروم آسیت مواجه کند. هم‌چنین علت بهبود پروفایل لیپیدی و شاخص‌های

سلامت سرم خون جوجه‌های گوشتی در نتیجه استفاده از توکسین بایندر و اسیدهای آلی را می‌توان به جذب آفلاتوکسین توسط توکسین بایندر و کاهش کلونیزاسیون *کلستریدیوم پرفرنژنس* نسبت داد.

۳. ۳. کیفیت گوشت سینه و ران

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر کیفیت گوشت فیله بزرگ سینه و کعب ران جوجه‌های گوشتی در جدول (۴) آمده است. نتایج نشان داد که اتلاف آب ناشی از تراوش در فیله سینه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. با این‌حال، چالش آفلاتوکسین و چالش هم‌زمان آن با *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب کاهش اتلاف آب ناشی از پرس در فیله سینه شد (P<۰/۰۵). اگرچه استفاده از توکسین بایندر به‌تنهایی سبب کاهش تأثیر آفلاتوکسین بر این صفت شد (P<۰/۰۵)، اما در ترکیب با اسیدهای آلی تأثیری نداشت. هم‌چنین، توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی تأثیری روی کاهش اثر منفی چالش هم‌زمان آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* بر اتلاف آب ناشی از پرس در فیله سینه نداشت. چالش آفلاتوکسین و چالش هم‌زمان آن با *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب افزایش اتلاف آب در اثر پخت‌وپز در فیله سینه شد (P<۰/۰۵). با این‌حال، توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی سبب کاهش اثر آفلاتوکسین بر این صفت شد (P<۰/۰۵). با وجود این‌که توکسین بایندر سبب کاهش اثر منفی چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* اتلاف آب در اثر پخت‌وپز در فیله سینه شد (P<۰/۰۵)، اما در ترکیب با اسیدهای آلی مؤثر واقع نشد.

چالش آفلاتوکسین سبب کاهش اتلاف آب ناشی از پرس در کعب ران شد (P<۰/۰۵). اگرچه این اثر منفی توسط استفاده از توکسین بایندر کاهش یافت، اما ترکیب توکسین بایندر و اسیدهای آلی موجب بدتر شدن وضعیت شد. هم‌چنین، چالش هم‌زمان آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب کاهش اتلاف آب ناشی از پرس در کعب ران شد (P<۰/۰۵) و توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی مؤثر مواقع نشد. چالش آفلاتوکسین سبب افزایش اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز و اتلاف آب ناشی از تراوش در کعب ران شد. اگرچه استفاده از توکسین بایندر پتانسیل بازیابی این صفت را داشت، اما ترکیب توکسین بایندر و اسیدهای آلی مؤثر واقع نشد. چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب افزایش اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز و اتلاف آب ناشی از تراوش در کعب ران شد و استفاده از توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی سبب بهبود این صفت شد.

جدول ٤. تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر کیفیت گوشت فیله بزرگ سینه و کعب ران جوجه‌های گوشتی (درصد)

تیمارها	فیله بزرگ سینه			کعب ران		
	اتلاف آب ناشی از پرس	اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز	اتلاف آب ناشی از تراوش	اتلاف آب ناشی از پرس	اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز	اتلاف آب ناشی از تراوش
کنترل	۴۲/۸^{a}	۳۰/۳^{b}	۱۱/۵	۴۴/۸^{a}	۳۳/۶^{cd}	۱۲/۸^{ab}
A	۳۵/۳^{b}	۳۳/۲^{a}	۱۳/۰	۳۸/۵^{bc}	۳۵/۲^{bc}	۱۴/۸^{a}
AM	۴۱/۰^{a}	۲۹/۸^{bc}	۸/۵۰	۴۳/۸^{ab}	۳۱/۹^{d}	۱۰/۰^{b}
AMO	۳۱/۸^{b}	۲۸/۶^{bc}	۱۰/۸	۳۳/۸^{cd}	۳۴/۲^{bcd}	۱۵/۰^{a}
ACP	۳۴/۰^{b}	۳۵/۱^{a}	۱۲/۳	۳۶/۸^{cd}	۴۰/۱^{a}	۱۵/۳^{a}
ACPM	۳۱/۵^{b}	۲۷/۶^{c}	۹/۸	۳۵/۵^{cd}	۳۲/۹^{cd}	۱۱/۵^{ab}
ACPMO	۳۱/۵^{b}	۳۴/۱^{a}	۸/۸	۳۳/۰^{d}	۳۶/۸^{b}	۱۲/۳^{ab}
SEM	۱/۰	۰/۵	۱/۱	۱/۱	۰/۷	۱/۰
P- value	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۷	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱

a-d: حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ است.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

A: آفلاتوکسین؛ AM: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر چند جزئی؛ AMO: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی؛ ACP: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم؛ ACPM: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر چند جزئی؛ ACPMO: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی.

کیفیت گوشت تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی از جمله ژنتیک، محیط، خوراک، شرایط کشتار و نگهداری گوشت قرار می‌گیرد. با این‌حال، اتلاف آب ناشی از پرس، اتلاف آب ناشی از تراوش و اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز پارامترهای کیفی هستند که رابطه نزدیکی با فرآیند تردی گوشت دارند. اتلاف آب ناشی از تراوش سبب کاهش ارزش غذایی گوشت می‌شود، زیرا بخشی از مواد مغذی همراه با ترشحات از بین می‌رود که نتیجه آن ایجاد گوشتی با لطافت یا نرمی کم‌تر است (Pelicano *et al.*, 2005). هم‌چنین صرف‌نظر از روش حرارت دادن، هنگامی‌که گوشت حرارت داده می‌شود فیبرهای عضلانی آن منقبض و کوتاه می‌شوند و این عامل باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب می‌شود و در نتیجه گوشت بخشی از آب خود را از دست می‌دهد (An *et al.*, 2020). با وجود این‌که کیفیت گوشت با افزایش اتلاف آب ناشی از تراوش و اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز کاهش می‌یابد، اما بالابودن اتلاف آب ناشی از پرس دلیل بر بالابودن ظرفیت نگهداری آب توسط گوشت و افزایش کیفیت آن است و برعکس کاهش آن نشان‌دهنده پایین‌بودن کیفیت گوشت است. در حقیقت اتلاف آب ناشی از پرس شبیه‌سازی عمل جویدن است و افزایش اتلاف یا تراوش آب توسط آن نشان‌دهنده کیفیت بالا و آبداربودن گوشت است.

آفلاتوکسین سبب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن می‌شود، لذا پراکسیداسیون لیپیدی افزایش می‌یابد و در نهایت آسیب اکسیداتیو رخ می‌دهد (Zou *et al.*, 2023). مالون‌دی‌آلدهید محصول ثانویه حاصل از پراکسیداسیون لیپیدها است، زمانی‌که مقدار آن در بدن تجمع یابد، اثرات زیان‌آوری نظیر کاهش کیفیت گوشت روی حیوان دارد (Yang *et al.*, 2022). هم‌چنین گزارش شده است زمانی‌که لیپیدها توسط آنزیم‌های لیپولیتیک و متابولیسم میکروبی تجزیه شوند، پراکسیداسیون لیپیدی اتفاق می‌افتد که با فاسد نمودن چربی باعث کاهش کیفیت گوشت می‌شود (An *et al.*, 2020). با توجه به این‌که آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* ضمن ایجاد التهاب در اپیتلیوم روده سبب کاهش بیان پروتئین‌های اتصالات سخت بین انتروسیت‌های روده می‌شوند و از این طریق مسیر پاراسلولار برای ورود آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* به درون خون و عضلات فراهم می‌شود. بنابراین، دلیل کاهش کیفیت گوشت ناشی از چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* را می‌توان به تولید رادیکال‌های آزاد ناشی از آفلاتوکسین و فساد میکروبی ناشی از ورود *کلستریدیوم پرفرنژنس* به درون عضلات نسبت داد، که با تجزیه و شکستن میوفیبریل‌های اکتین و میوزین سبب افزایش اتلاف آب ناشی از تراوش و اتلاف آب ناشی از پخت‌وپز می‌شوند و به‌دلیل تخلیه آب از این دو طریق میزان اتلاف آب ناشی از پرس کاهش می‌یابد.

گزارش شده است که افزایش سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و یا کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند به‌عنوان شاخص مفیدی برای کیفیت گوشت به حساب آید (Yang *et al.*, 2022). مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که اسیدهای آلی از طریق کاهش آسیب اکسیداتیو سبب بهبود کیفیت گوشت می‌شوند که در نتیجه گوشتی پایدارتر، خوش‌طعم‌تر با بافت و رنگ بهتر حاصل می‌شود (Cai *et al.*, 2025). اسیدهای آلی از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب و مقدار رطوبت گوشت سبب کاهش اتلاف آب در گوشت می‌شوند (Sugiharto *et al.*, 2019). نتایج یک پژوهش نشان داد که افزودن اسیداستیک به جیره جوجه‌ها سبب کاهش اتلاف در حین پخت‌وپز شد (Ünal *et al.*, 2020). هم‌چنین در پژوهشی استفاده از توکسین بایندر در جیره جوجه‌های گوشتی سبب بهبود کیفیت گوشت شد (Waskar *et al.*, 2009). علت بهبود کیفیت گوشت ناشی از توکسین بایندر و اسیدهای آلی را می‌توان به کاهش اثرات پراکسیداتیو آفلاتوکسین به واسطه جذب آن توسط توکسین بایندر و ممانعت از ورود آن به درون بدن و کاهش کلونیزاسیون *کلستریدیوم پرفرنژنس* و لذا کاهش ورود این پاتوژن به درون عضلات و درنهایت کاهش پراکسیداسیون لیپیدی ناشی اثرات آنتی‌باکتریال اسیدهای آلی نسبت داد.

۳. ۴. ترکیب شیمیایی گوشت سینه و ران

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر ترکیب شیمیایی فیله بزرگ سینه و کعب ران جوجه‌های گوشتی در جدول (۵) آمده است. نتایج نشان داد که خاکستر در فیله سینه و کعب ران تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. با این‌حال، چالش آفلاتوکسین و چالش هم‌زمان آن با *کلستریدیوم پرفرنژنس* میزان ماده خشک فیله سینه و کعب ران را کاهش داد (P<۰/۰۵). اگرچه توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی سبب بهبود میزان ماده خشک فیله سینه و کعب ران در جوجه‌های تحت چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* شد (P<۰/۰۵)، اما فقط در ترکیب با اسیدهای آلی سبب بهبود این صفت در جوجه‌های چالش‌یافته با آفلاتوکسین شد (P<۰/۰۵). هم‌چنین استفاده از ترکیب توکسین بایندر و اسیدهای آلی باعث کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین بر میزان ماده آلی فیله سینه و کعب ران شد (P<۰/۰۵). در جوجه‌های تحت چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* نیز توکسین بایندر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدهای آلی سبب بهبود میزان ماده آلی فیله سینه (P<۰/۰۵) و کعب ران شد.

جدول ۵. تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر ترکیب شیمیایی فیله بزرگ سینه و کعب ران جوجه‌های گوشتی (درصد)

تیمارها	فیله بزرگ سینه			کعب ران		
	ماده خشک	خاکستر	ماده آلی	ماده خشک	خاکستر	ماده آلی
کنترل	۳۲/۹^{a}	۴/۲۵	۲۸/۶^{a}	۳۲/۴^{a}	۳/۵۰	۲۸/۹^{ab}
A	۳۱/۱^{c}	۳/۲۵	۲۷/۹^{ab}	۳۰/۹^{b}	۳/۷۵	۲۷/۱^{bc}
AM	۳۱/۸^{bc}	۳/۰۰	۲۸/۸^{a}	۳۱/۸^{ab}	۴/۰۰	۲۷/۸^{abc}
AMO	۳۲/۴^{ab}	۴/۷۵	۲۷/۶^{ab}	۳۲/۳^{a}	۲/۷۵	۲۹/۶^{a}
ACP	۲۹/۶^{d}	۴/۲۵	۲۵/۳^{b}	۲۹/۵^{c}	۳/۰۰	۲۶/۵^{c}
ACPM	۳۱/۴^{cb}	۳/۰۰	۲۸/۴^{a}	۳۱/۳^{ab}	۳/۰۰	۲۸/۳^{abc}
ACPMO	۳۱/۹^{abc}	۳/۲۵	۲۸/۶^{a}	۳۱/۶^{ab}	۴/۵۰	۲۷/۱^{bc}
SEM	۰/۲	۰/۵۱	۰/۶	۰/۲	۰/۵۱	۰/۵۱
P- value	<۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۲۱	<۰/۰۱

a-d: حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ است.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

A: آفلاتوکسین؛ AM: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر چند جزئی؛ AMO: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی؛ ACP: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم؛ ACPM: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر چند جزئی؛ ACPMO: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی.

Yilmaz و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که آفلاتوکسین ضمن افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید سبب کاهش غلظت آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی گلوتاتیون احیا شده و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوکز-۶-فسفات-دهیدروژناز در بافت‌های کبد و کلیه موش‌های آزمایشگاهی می‌شود. هم‌چنین این پژوهش‌گران بیان کردند که آفلاتوکسین با افزایش پراکسیداسیون لیپیدی باعث استرس اکسیداتیو می‌شود. علاوه بر این، گزارش شده است زمانی‌که لیپیدها توسط آنزیم‌های لیپولیتیک و متابولیسم میکروبی تجزیه شوند، پراکسیداسیون لیپیدی اتفاق می‌افتد که با فاسدنمودن چربی باعث کاهش کیفیت گوشت می‌شود (An *et al.*, 2020).

فعالیت میکروب‌ها روی گوشت تازه در زمان نگهداری آن در محیط یخچال چه به‌صورت هوازی و چه تحت بسته‌بندی وکیوم، باعث تولید انواع الکل‌ها می‌شود. متابولیسم میکروبی باعث تجزیه پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه، احیای کتون‌ها و آلدهیدهای مشتق‌شده از پراکسیداسیون لیپیدها شده و از این طریق سبب تولید انواع الکل‌ها می‌شود (Pellissery *et al.*, 2020). هم‌چنین کتون‌ها (نظیر استوئین و دی‌استیل) از طریق شیمیایی و فساد میکروبی در گوشت تازه‌ای که در شرایط جوی مختلف نگهداری می‌شود، تولید می‌شوند. لیپولیز و تجزیه میکروبی آلکان‌ها یا دهیدروژناسیون

الکل‌های ثانویه، برخی از مسیرهای احتمالی برای تولید کتون در گوشت تازه هستند. استوئین از تجزیه میکروبی گلوکز و آسپارتات تولید می‌شود (Pellissery *et al.*, 2020). اسیدهای چرب فرّار گروه دیگری از ترکیباتی هستند که به‌طور عمده از هیدرولیز تری‌گلیسیریدها و فسفولیپیدها و هم‌چنین از تجزیه اسیدهای آمینه یا اکسیداسیون کتون‌ها، استرها و آلدهیدها نیز در گوشت تازه تولید می‌شوند. پیش‌سازهای تولید ۲- و ۳- متیل بوتانوئیک اسید در گوشت تازه اسیدهای آمینه ایزولوسین، لوسین و والین هستند. اسید بوتانوئیک از تجزیه اسیدهای آمینه از طریق واکنش استیکلند (Stickland reaction) توسط باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک یا از طریق متابولیسم تخمیری بوتیریک توسط کلستریدیا در گوشت‌های بسته‌بندی وکیوم تولید می‌شود (Pellissery *et al.*, 2020).

بنابراین، علت تأثیر منفی چالش آفلاتوکسین و چالش هم‌زمان آن با *کلستریدیوم پرفرنژنس* بر میزان ماده خشک و ماده آلی گوشت سینه و ران را می‌توان به کاهش کیفیت گوشت نسبت داد. به‌طوری‌که آفلاتوکسین با تولید رادیکال‌های آزاد و *کلستریدیوم پرفرنژنس* با فساد میکروبی و تولید مالون‌دی‌آلدهید و افزایش رادیکال‌های آزاد ناشی از حمله ماکروفاژها به این دو پاتوژن باعث وقوع استرس اکسیداتیو در عضلات شده است که نتیجه آن تجزیه گلیکوژن، چربی و تخریب میوفیبریل‌های عضلات است. این عامل ضمن کاهش ظرفیت نگهداری آب توسط عضله و افزایش اتلاف آب ناشی از تراوش و خروج مقداری از مواد مغذی، به‌دلیل تجزیه بافتی اتفاق افتاده بخشی از ساختارهای تجزیه شده موجود در عضلات (نظیر اسیدهای چرب فرّار، الکل‌ها، کتون‌ها و غیره) در حین تعیین ماده خشک تصعید می‌شود و احتمالاً همین امر باعث کاهش درصد ماده خشک و ماده آلی در عضلات سینه و ران شده است.

۳. ۵. صفات لاشه

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر صفات لاشه جوجه‌های گوشتی در ۲۸ و ۴۲ روزگی در جدول (۶) آمده است. نتایج نشان داد که اوزان نسبی لاشه، ران، طحال، pH فیله بزرگ سینه و ران در ۲۸ روزگی تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. با این‌حال، چالش آفلاتوکسین به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش اوزان نسبی قلب و تیموس شد ($P<۰/۰۵$) و استفاده از توکسین بایندر سبب کاهش اثرات آفلاتوکسین شد. چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* سبب کاهش وزن نسبی سینه و افزایش اوزان نسبی قلب و کبد شد ($P<۰/۰۵$) و استفاده از ترکیب توکسین بایندر با اسیدهای آلی سبب بهبود وزن نسبی سینه شد و در مقایسه با توکسین بایندر تأثیر بیش‌تری روی بهبود دو صفت دیگر داشت. هم‌چنین چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* در مقایسه با تیمار AMO سبب کاهش وزن نسبی بورس فابریسیوس شد ($P<۰/۰۵$). در ۴۲ روزگی، هیچ‌یک از پارامترهای صفات لاشه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت.

در پژوهش حاضر، اگرچه وزن لاشه جوجه‌های گوشتی ناشی از چالش آفلاتوکسین و چالش هم‌زمان آن با *کلستریدیوم پرفرنژنس* کاهش یافت، اما این تأثیر معنی‌دار نبود. در تطابق با پژوهش حاضر، در پژوهشی کاهش گوشت سینه جوجه‌های گوشتی در هنگام چالش آفلاتوکسین مشاهده شد و علت آن را به اثر مستقیم آفلاتوکسین روی کاهش وزن بدن و انتقال احتمالی آفلاتوکسین به عضله نسبت داده شده است (Khodary *et al.*, 2019). آفلاتوکسین پس از ورود به بدن توسط سیتوکروم P450 تبدیل به متابولیت ۸،۹- اپوکسید می‌شود و باعث استرس اکسیداتیو در بافت‌ها می‌شود (Yilmaz *et al.*, 2018). این استرس اکسیداتیو با تخریب فیبرهای عضلانی و کلاژن می‌تواند باعث تحلیل بافت‌ها از جمله عضله سینه شود. هم‌چنین در پژوهش دیگری بیان شده است که آفلاتوکسین از عملکردهای ضروری مثل سنتز پروتئین و اسید نوکلئیک جلوگیری می‌کند و اختلال در بهره‌وری از اسیدهای آمینه و آسیب به سنتز پروتئین ممکن است از دلایل کاهش وزن نسبی سینه به هنگام چالش آفلاتوکسین باشد (Mesgar *et al.*, 2022).

جدول ٦. تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر صفات لاشه جوجه‌های گوشتی (درصد از وزن زنده)

تیمارها	لاشه	سینه	ران	قلب	کبد	بورس فابریسیوس	طحال	تیموس	pH فیله بزرگ سینه	pH کعب ران
۲۸ روزگی										
کنترل	۷۰/۶	۲۲/۳^{a}	۲۲/۴	۰/۶۳۸^{b}	۳/۱۶^{bc}	۰/۲۹۸^{ab}	۰/۱۵۸	۰/۲۰۵^{a}	۵/۵۳	۵/۷۰
A	۶۶/۳	۲۰/۰^{ab}	۲۰/۸	۰/۷۸۱^{a}	۳/۱۰^{bc}	۰/۲۶۲^{ab}	۰/۱۳۱	۰/۱۵۵^{b}	۵/۳۳	۵/۲۳
AM	۶۷/۵	۲۱/۸^{ab}	۲۲/۷	۰/۶۳۵^{b}	۳/۷۲^{ab}	۰/۲۹۳^{ab}	۰/۱۷۵	۰/۱۶۵^{ab}	۵/۳۰	۵/۳۳
AMO	۶۹/۸	۲۲/۳^{a}	۲۰/۹	۰/۷۰۳^{ab}	۲/۹۴^{c}	۰/۳۰۵^{a}	۰/۱۰۸	۰/۱۸۷^{ab}	۵/۴۰	۵/۳۳
ACP	۶۵/۷	۱۹/۳^{b}	۲۰/۳	۰/۷۵۹^{a}	۳/۹۰^{a}	۰/۲۰۰^{b}	۰/۱۳۹	۰/۱۸۵^{ab}	۵/۴۸	۵/۵۸
ACPM	۶۸/۰	۱۹/۱^{b}	۱۹/۷	۰/۷۷۰^{a}	۳/۷۳^{ab}	۰/۲۵۸^{ab}	۰/۱۸۲	۰/۱۹۱^{ab}	۵/۶۰	۵/۴۸
ACPMO	۶۶/۰	۲۲/۶^{a}	۱۹/۹	۰/۷۴۰^{ab}	۳/۴۹^{abc}	۰/۲۹۲^{ab}	۰/۱۳۷	۰/۲۰۰^{ab}	۵/۸۵	۵/۴۰
SEM	۱/۵	۰/۹	۱/۰	۰/۰۳۵	۰/۱۶	۰/۰۲۲	۰/۰۲۶	۰/۰۱۰	۰/۰۹	۰/۱۲
P- value	۰/۲۲	۰/۰۳	۰/۳۲	۰/۰۳	<۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۴۶	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۲۲
۴۲ روزگی										
کنترل	۷۱/۰	۲۴/۶	۲۲/۵	۰/۷۱۹	۲/۶۲	۰/۳۲۷	۰/۱۷۹	۰/۱۷۶	۵/۷۵	۵/۶۳
A	۶۸/۶	۲۲/۸	۲۲/۲	۰/۶۹۴	۳/۰۷	۰/۳۵۰	۰/۱۶۱	۰/۲۴۳	۵/۵۸	۵/۶۰
AM	۷۲/۰	۲۴/۱	۲۳/۳	۰/۷۴۴	۲/۸۹	۰/۳۷۸	۰/۱۵۳	۰/۱۷۵	۵/۷۵	۵/۶۵
AMO	۷۲/۹	۲۳/۶	۲۳/۴	۰/۷۱۹	۳/۰۴	۰/۳۴۶	۰/۱۴۵	۰/۲۰۰	۵/۷۰	۵/۷۰
ACP	۷۲/۰	۲۴/۱	۲۲/۹	۰/۶۵۰	۳/۱۲	۰/۲۶۶	۰/۱۳۸	۰/۲۰۹	۵/۶۳	۵/۶۵
ACPM	۶۹/۶	۲۲/۳	۲۲/۰	۰/۷۱۶	۳/۱۸	۰/۲۸۵	۰/۱۷۸	۰/۱۹۵	۵/۸۳	۵/۸۰
ACPMO	۷۰/۲	۲۳/۴	۲۱/۲	۰/۶۵۶	۳/۳۲	۰/۲۸۰	۰/۱۳۳	۰/۱۹۷	۵/۸۰	۵/۶۲
SEM	۱/۴	۰/۸	۰/۶	۰/۰۴۸	۰/۱۶	۰/۰۴۹	۰/۰۲۱	۰/۰۴۳	۰/۰۹	۰/۰۹
P- value	۰/۳۲	۰/۴۶	۰/۱۶	۰/۷۹	۰/۱۱	۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۹۴	۰/۴۰	۰/۷۵

a-c: حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح $P<0.05$ است.

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

A: آفلاتوکسین؛ AM: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر چند جزئی؛ AMO: آفلاتوکسین+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی؛ ACP: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم؛ ACPM: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر چند جزئی؛ ACPMO: آفلاتوکسین+ چالش کلستریدیوم+ توکسین بایندر+ اسیدهای آلی.

در تأیید نتایج حاضر، نتایج یک مطالعه نشان داد که چالش آفلاتوکسین سبب افزایش وزن قلب و کبد شد (Zabiulla *et al.*, 2021). در مطالعه‌ی انجام‌شده توسط پژوهش‌گران، چالش آفلاتوکسین سبب بزرگ‌شدن کبد شد (Liu *et al.*, 2017). اگرچه برخی از پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که آفلاتوکسین با اختلال در متابولیسم چربی در کبد و افزایش محتوای چربی در سلول‌های کبدی باعث بزرگ‌شدن کبد می‌شود (Zabiulla *et al.*, 2021)، در پژوهش دیگری گزارش شده است که آفلاتوکسین می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترشح سیتوکین‌های ضد التهابی را مهار کند و باعث القای پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش ترشح سیتوکین‌های پیش‌التهابی شود، در نهایت منجر به آسیب سلول‌های کبدی و نکروز می‌شود (Lai *et al.*, 2022). بنابراین در مطالعه حاضر، علت بزرگ‌شدن کبد را می‌توان به نکروز سلول‌های کبد و ایجاد سینوس‌های کبدی نسبت داد که به‌دلیل پُرشدن با مایعات میان‌بافتی وزن بالاتری دارند. همان‌طورکه در جدول (۳) ملاحظه شد، شاخص‌های سلامت سرم خون در جوجه‌های تحت چالش آفلاتوکسین و *کلستریدیوم پرفرنژنس* افزایش یافت و با توجه به این‌که این شاخص‌ها ارتباط نزدیکی با بیماری‌های قلبی و عروقی دارند، لذا بزرگ‌شدن قلب در این جوجه‌ها دور از انتظار نیست.

گزارش شده است که استفاده از توکسین بایندر توانایی حافظت از جوجه‌های گوشتی در مقابل مایکوتوکسین‌ها را دارد و از کاهش وزن آن‌ها پیشگیری می‌کند (Zabiulla *et al.*, 2021). هم‌چنین بهبود کیفیت گوشت در زمان استفاده از اسیدهای آلی مشاهده شده است (Cai *et al.*, 2025). علت بهبود وزن نسبی اندام‌های جوجه‌های گوشتی ناشی از توکسین بایندر و اسیدهای آلی را می‌توان به پتانسیل آن‌ها در جذب، تجزیه و خنثی‌سازی آفلاتوکسین و کاهش باکتری‌های پاتوژنیک دستگاه گوارش نسبت داد که نتیجه آن افزایش رشد پرنده است.

۴. نتیجه‌گیری

در صورت وجود آفلاتوکسین در جیره جوجه‌های گوشتی، استفاده از توکسین بایندر در جیره مفید است و در صورت بروز هم‌زمان عفونت‌های ثانویه نظیر کلونیزاسیون *کلستریدیوم پرفرنژنس* بهتر است از اسیدهای آلی به‌عنوان عامل کمکی در کنار توکسین بایندر استفاده شود.

۵. ملاحظات اخلاقی

این پژوهش براساس استانداردهای اخلاقی مصوب انجام گرفت و به تأیید کمیته اخلاق کار با حیوانات دانشگاه ایلام رسید (شماره تأیید: IR.ILAM.REC.1404.019). تمامی فرایندها مطابق با الزامات مطرح‌شده در «راهنمای مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی» اجرا شد.

۶. مشارکت نویسندگان

مریم کریمی‌زندی: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش‌ها، گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات و تهیه پیش‌نویس مقاله؛
حسن شیرزادی: استاد راهنمای رساله؛ طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، مطالعه و بازبینی مقاله؛
حسینعلی قاسمی: استاد راهنمای دوم رساله؛ مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، مطالعه و بازبینی مقاله؛
محمد امیر کریمی ترشیزی: استاد مشاور رساله؛ مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله؛
کامران طاهرپور: استاد مشاور رساله؛ مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله؛
عنایت رحمت‌نژاد: استاد مشاور رساله؛ مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. حامی مالی

پژوهش حاضر با حمایت مالی شرکت ویوان (مشهد، ایران) و معاونت پژوهشی دانشگاه ایلام انجام شد.

۹. تشکر و قدردانی

از شرکت ویوان (مشهد، ایران) به‌خاطر تأمین منابع مالی برای اجرای طرح رساله و همچنین از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ایلام به‌خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های این طرح و فراهم‌نمودن امکانات لازم برای اجرای آن، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱۰. منابع

شیرزادی، ح.، نظری، ز.، طاهرپور، ک. (۲۰۲۰). تأثیر پودر گیاهان آویشن زوفایی و سرخارگل بر کیفیت عضله سینه جوجه‌های گوشتی چالش‌یافته با کمپیلوباکتر ژژونی. تولیدات دامی، ۲۲(۱)، ۱۵۳-۱۶۴.

Refereces

Alkhulaifi, M. M., Alqhtani, A. H., Alharthi, A. S., Al Sulaiman, A. R., & Abudabos, A. M. (2022). Influence of prebiotic yeast cell wall extracts on growth performance, carcase attributes, biochemical metabolites, and intestinal morphology and bacteriology of broiler chickens challenged with Salmonella typhimurium and Clostridium perfringens. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 1190-1199.

An, J. S., Yun, W., Lee, J. H., Oh, H. J., Kim, T. H., Cho, E. A., Kim, G. M., Kim, K. H., Lee, S. D., & Cho, J. H. (2020). Effects of exogenous emulsifier supplementation on growth performance, energy digestibility, and meat quality in broilers. *Journal of animal science and technology*, 62(1), 43-51.

AOAC. (1995). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Cai, F., Huang, M., Liu, W., Wan, X., Qiu, K., & Xu, X. (2025). Dietary addition of compound organic acids improves the growth performance, carcass trait, and body health of broilers. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1536606.

Cravens, R., Goss, G., Chi, F., De Boer, E., Davis, S., Hendrix, S., Richardson, J., & Johnston, S. (2013). The effects of necrotic enteritis, aflatoxin B1, and virginiamycin on growth performance, necrotic enteritis lesion scores, and mortality in young broilers. *Poultry Science*, 92(8), 1997-2004.

Dev, K., Mir, N. A., Biswas, A., Kannoujia, J., Begum, J., Kant, R., & Mandal, A. (2020). Dietary synbiotic supplementation improves the growth performance, body antioxidant pool, serum biochemistry, meat quality, and lipid oxidative stability in broiler chickens. *Animal Nutrition*, 6(3), 325-332.

El-Hamid, A., Ellakany, H., Rizk, M., Elbestawy, A., & Abdelfatah, S. (2017). Effect of Combined Clostridium perfringens Infection and Aflatoxicosis in Broiler Chickens. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, 52(1), 15-27.

Heidari, M., Sadeghi, A., & Rezaeipour, V. (2018). Effects of acidifier supplementation and toxin binder on performance, carcass, blood metabolites, intestinal morphology, and microbial population in broiler chickens. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8(3), 469-476.

Karimi Torshizi, M. A., & Sedaghat, A. (2023). A consortium of detoxifying bacteria mitigates the aflatoxin B1 toxicosis on performance, health, and blood constituents of laying hens. *Poultry Science*, 102(5), 102601.

Khatami, S. A., Shakouri, M. D., & Evrigh, N. H. (2024). Effect of Butyric Acids Glycerides and Eugenol on Growth Performance, Intestinal Morphology and Bacteriological Examination in Broilers under Necrotic Enteritis Challenge. *Poultry Science Journal*, 12(2), 179-192.

Khodary, M., Nasr El-Deen, N., & Gamal El-Deen, I. (2019). Effect of experimental Clostridium perfringens infection on some immunological, hematological and biochemical values in broiler chickens. *Zagazig Veterinary Journal*, 47(2), 222-233.

Lai, Y., Sun, M., He, Y., Lei, J., Han, Y., Wu, Y., Bai, D., Guo, Y., & Zhang, B. (2022). Mycotoxins binder supplementation alleviates aflatoxin B1 toxic effects on the immune response and intestinal barrier function in broilers. *Poultry Science*, 101(3), 101683.

Liu, N., Wang, J., Gu, K., Deng, Q., & Wang, J. (2017). Effects of aflatoxin, Clostridium perfringens and yeast cell wall on the growth performance and gut health of broilers. *European Poultry Science*, 81, 1-10.

Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C., & Krieter, J. (2016). A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in Aquaculture*, 8(1), 30-42.

Martins, I. J. (2015). Overnutrition determines LPS regulation of mycotoxin induced neurotoxicity in neurodegenerative diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(12), 29554-29573.

Mehrim, A. I., & Salem, M. F. (2013). Medicinal herbs against aflatoxicosis in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Clinical signs, postmortem lesions and liver histopathological changes. *Egyptian Journal For Aquaculture*, 3(1), 13-25.

Méndez-Albores, A., Nicolas-Vazquez, I., Miranda-Ruvalcaba, R., & Moreno-Martínez, E. (2008). Mass spectrometry/mass spectrometry study on the degradation of B-aflatoxins in maize with aqueous citric acid. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 3(2), 482-489.

Mesgar, A., Aghdam Shahryar, H., Bailey, C. A., Ebrahimnezhad, Y., & Mohan, A. (2022). Effect of dietary L-threonine and toxin binder on performance, blood parameters, and immune response of broilers exposed to aflatoxin B1. *Toxins*, 14(3), 192.

Murugesan, G., Ledoux, D., Naehrer, K., Berthiller, F., Applegate, T., Grenier, B., Phillips, T., & Schatzmayr, G. (2015). Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. *Poultry Science*, 94(6), 1298-1315.

Otite, S. V., Lag-Brotons, A. J., Ezemonye, L. I., Martin, A. D., Pickup, R. W., & Semple, K. T. (2024). Volatile Fatty Acids Effective as Antibacterial Agents against Three Enteric Bacteria during Mesophilic Anaerobic Incubation. *Molecules*, 29(9), 1908.

Pelicano, E. R. L., Souza, P., Souza, H., Oba, A., Boiago, M., Zeola, N., Scatolini, A., Bertanha, V., & Lima, T. (2005). Carcass and cut yields and meat qualitative traits of broilers fed diets containing probiotics and prebiotics. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(3), 169-175.

Pellissery, A. J., Vinayamohan, P. G., Amalaradjou, M. A. R., & Venkitanarayanan, K. (2020). Spoilage bacteria and meat quality. Meat Quality Analysis. Elsevier, pp. 307-334.

Salgado-Tránsito, L., Del Río-García, J., Arjona-Román, J., Moreno-Martínez, E., & Méndez-Albores, A. (2011). Effect of citric acid supplemented diets on aflatoxin degradation, growth performance and serum parameters in broiler chickens. *Archivos de medicina veterinaria*, 43(3), 215-222.

Alkhulaifi, M. M., Alqhtani, A. H., Alharthi, A. S., Al Sulaiman, A. R., & Abudabos, A. M. (2022). Influence of prebiotic yeast cell wall extracts on growth performance, carcase attributes, biochemical metabolites, and intestinal morphology and bacteriology of broiler chickens challenged with Salmonella typhimurium and Clostridium perfringens. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 1190-1199.

An, J. S., Yun, W., Lee, J. H., Oh, H. J., Kim, T. H., Cho, E. A., Kim, G. M., Kim, K. H., Lee, S. D., & Cho, J. H. (2020). Effects of exogenous emulsifier supplementation on growth performance, energy digestibility, and meat quality in broilers. *Journal of animal science and technology*, 62(1), 43.

AOAC. (1995). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Cai, F., Huang, M., Liu, W., Wan, X., Qiu, K., & Xu, X. (2025). Dietary addition of compound organic acids improves the growth performance, carcass trait, and body health of broilers. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1536606.

Cravens, R., Goss, G., Chi, F., De Boer, E., Davis, S., Hendrix, S., Richardson, J., & Johnston, S. (2013). The effects of necrotic enteritis, aflatoxin B1, and virginiamycin on growth performance, necrotic enteritis lesion scores, and mortality in young broilers. *Poultry Science*, 92(8), 1997-2004.

Dev, K., Mir, N. A., Biswas, A., Kannoujia, J., Begum, J., Kant, R., & Mandal, A. (2020). Dietary synbiotic supplementation improves the growth performance, body antioxidant pool, serum biochemistry, meat quality, and lipid oxidative stability in broiler chickens. *Animal Nutrition*, 6(3), 325-332.

El-Hamid, A., Ellakany, H., Rizk, M., Elbestawy, A., & Abdelfatah, S. (2017). Effect of Combined Clostridium perfringens Infection and Aflatoxicosis in Broiler Chickens. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, 52(1), 15-27.

Heidari, M., Sadeghi, A., & Rezaeipour, V. (2018). Effects of acidifier supplementation and toxin binder on performance, carcass, blood metabolites, intestinal morphology, and microbial population in broiler chickens. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8(3), 469-476.

Karimi Torshizi, M. A., & Sedaghat, A. (2023). A consortium of detoxifying bacteria mitigates the aflatoxin B1 toxicosis on performance, health, and blood constituents of laying hens. *Poultry Science*, 102(5), 102601.

Khatami, S. A., Shakouri, M. D., & Evrigh, N. H. (2024). Effect of Butyric Acids Glycerides and Eugenol on Growth Performance, Intestinal Morphology and Bacteriological Examination in Broilers under Necrotic Enteritis Challenge. *Poultry Science Journal*, 12(2).

Khodary, M., Nasr El-Deen, N., & Gamal El-Deen, I. (2019). Effect of experimental Clostridium perfringens infection on some immunological, hematological and biochemical values in broiler chickens. *Zagazig Veterinary Journal*, 47(2), 222-233.

Lai, Y., Sun, M., He, Y., Lei, J., Han, Y., Wu, Y., Bai, D., Guo, Y., & Zhang, B. (2022). Mycotoxins binder supplementation alleviates aflatoxin B1 toxic effects on the immune response and intestinal barrier function in broilers. *Poultry Science*, 101(3), 101683.

Liu, N., Wang, J., Gu, K., Deng, Q., & Wang, J. (2017). Effects of aflatoxin, Clostridium perfringens and yeast cell wall on the growth performance and gut health of broilers. *European Poultry Science*, 81, 1-10.

Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C., & Krieter, J. (2016). A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in Aquaculture*, 8(1), 30-42.

Martins, I. J. (2015). Overnutrition determines LPS regulation of mycotoxin induced neurotoxicity in neurodegenerative diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(12), 29554-29573.

Mehrim, A. I., & Salem, M. F. (2013). Medicinal herbs against aflatoxicosis in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Clinical signs, postmortem lesions and liver histopathological changes. *Egyptian Journal For Aquaculture*, 3(1), 13-25.

Méndez-Albores, A., Nicolas-Vazquez, I., Miranda-Ruvalcaba, R., & Moreno-Martínez, E. (2008). Mass spectrometry/mass spectrometry study on the degradation of B-aflatoxins in maize with aqueous citric acid. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 3(2), 482-489.

Mesgar, A., Aghdam Shahryar, H., Bailey, C. A., Ebrahimnezhad, Y., & Mohan, A. (2022). Effect of dietary L-threonine and toxin binder on performance, blood parameters, and immune response of broilers exposed to aflatoxin B1. *Toxins*, 14(3), 192.

Murugesan, G., Ledoux, D., Naehrer, K., Berthiller, F., Applegate, T., Grenier, B., Phillips, T., & Schatzmayr, G. (2015). Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. *Poultry Science*, 94(6), 1298-1315.

Otite, S. V., Lag-Brotons, A. J., Ezemonye, L. I., Martin, A. D., Pickup, R. W., & Semple, K. T. (2024). Volatile Fatty Acids Effective as Antibacterial Agents against Three Enteric Bacteria during Mesophilic Anaerobic Incubation. *Molecules*, 29(9), 1908.

Pelicano, E. R. L., Souza, P., Souza, H., Oba, A., Boiago, M., Zeola, N., Scatolini, A., Bertanha, V., & Lima, T. (2005). Carcass and cut yields and meat qualitative traits of broilers fed diets containing probiotics and prebiotics. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(3), 169-175.

Pellissery, A. J., Vinayamohan, P. G., Amalaradjou, M. A. R., & Venkitanarayanan, K. (2020). Spoilage bacteria and meat quality. Meat Quality Analysis. Elsevier, pp. 307-334.

Salgado-Tránsito, L., Del Río-García, J., Arjona-Román, J., Moreno-Martínez, E., & Méndez-Albores, A. (2011). Effect of citric acid supplemented diets on aflatoxin degradation, growth performance and serum parameters in broiler chickens. *Archivos de medicina veterinaria*, 43(3), 215-222.

Sugiharto, S., Yudiarti, T., Isroli, I., Widiastuti, E., Wahyuni, H., Sartono, T., Nurwantoro, N., & Al-Baarri, A. (2019). Effect of dietary supplementation of formic acid, butyric acid or their combination on carcass and meat characteristics of broiler chickens. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 44(3), 286-294.

Ünal, K., Alagöz, E., Cabi, A., & Sarıçoban, C. (2020). Determination of the effect of some acidic solutions on the tenderness and quality properties of chicken breast meat. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 34(1), 19-23.

Vera-Álava, J. O., Arteaga-Solórzano, J. G., & Reyna-Gallegos, S. L. (2023). Organic acids, microbiota, gut health and productive response in broilers chickens: Organic Acids in Broilers Chickens. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 15(2), e1019-e1019.

Waskar, V., Devangare, A., Gosavi, P., Ravikanth, K., Maini, S., & Rekhe, D. (2009). Meat quality Attributes of broilers supplemented with Herbal Toxin Binder product. *Veterinary World*, 2(7), 274-277.

Yang, T., Du, M., Wang, X., Wang, J., Li, J., Jiang, X., Zhang, R., & Si, D. (2022). Effects of dietary Clostridium butyricum on carcass traits, antioxidant capacity, meat quality, and fatty acid composition of broilers. *Agriculture*, 12(10), 1607.

Yilmaz, S., Kaya, E., Karaca, A., & Karatas, O. (2018). Aflatoxin B1 induced renal and cardiac damage in rats: protective effect of lycopene. *Research in Veterinary Science*, 119, 268-275.

Zabiulla, I., Malathi, V., Swamy, H., Naik, J., Pineda, L., & Han, Y. (2021). The efficacy of a smectite-based mycotoxin binder in reducing aflatoxin B1 toxicity on performance, health and histopathology of broiler chickens. *Toxins*, 13(12), 856.

Zhang, M., Li, Q., Wang, J., Sun, J., Xiang, Y., & Jin, X. (2022). Aflatoxin B1 disrupts the intestinal barrier integrity by reducing junction protein and promoting apoptosis in pigs and mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 247, 114250.

Zou, Y., Liu, S.-B., Zhang, Q., & Tan, H.-Z. (2023). Effects of Aflatoxin B1 on growth performance, carcass traits, organ index, blood biochemistry and oxidative status in Chinese yellow chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*, 85(9), 1015-1022.

Sugiharto, S., Yudiarti, T., Isroli, I., Widiastuti, E., Wahyuni, H., Sartono, T., Nurwantoro, N., & Al-Baarri, A. (2019). Effect of dietary supplementation of formic acid, butyric acid or their combination on carcass and meat characteristics of broiler chickens. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(3), 286-294.

Ünal, K., Alagöz, E., Cabi, A., & Sarıçoban, C. (2020). Determination of the effect of some acidic solutions on the tenderness and quality properties of chicken breast meat. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 34(1), 19-23.

Vera-Álava, J. O., Arteaga-Solórzano, J. G., & Reyna-Gallegos, S. L. (2023). Organic acids, microbiota, gut health and productive response in broilers chickens: Organic Acids in Broilers Chickens. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA* 15(2), e1019-e1019.

Waskar, V., Devangare, A., Gosavi, P., Ravikanth, K., Maini, S., & Rekhe, D. (2009). Meat quality Attributes of broilers supplemented with Herbal Toxin Binder product. *Veterinary World*, 2(7), 274-277.

Yang, T., Du, M., Wang, X., Wang, J., Li, J., Jiang, X., Zhang, R., & Si, D. (2022). Effects of dietary Clostridium butyricum on carcass traits, antioxidant capacity, meat quality, and fatty acid composition of broilers. *Agriculture*, 12(10), 1607.

Yilmaz, S., Kaya, E., Karaca, A., & Karatas, O. (2018). Aflatoxin B1 induced renal and cardiac damage in rats: protective effect of lycopene. *Research in Veterinary Science*, 119, 268-275.

Zabiulla, I., Malathi, V., Swamy, H., Naik, J., Pineda, L., & Han, Y. (2021). The efficacy of a smectite-based mycotoxin binder in reducing aflatoxin B1 toxicity on performance, health and histopathology of broiler chickens. *Toxins*, 13(12), 856.

Zhang, M., Li, Q., Wang, J., Sun, J., Xiang, Y., & Jin, X. (2022). Aflatoxin B1 disrupts the intestinal barrier integrity by reducing junction protein and promoting apoptosis in pigs and mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 247, 114250.

Zou, Y., Liu, S.-B., Zhang, Q., & Tan, H.-Z. (2023). Effects of Aflatoxin B1 on growth performance, carcass traits, organ index, blood biochemistry and oxidative status in Chinese yellow chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*, 85(9), 1015-1022.