



The effect of a multi-component toxin binder in aflatoxin B₁-contaminated diets on growth performance, blood parameters, and liver histology of broilers

Yasmine Bahri¹ | Hossein Moravej²

1. Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: yasmine.bahri@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: hmoraveg@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 16 October 2022

Received in revised form:

23 May 2023

Accepted: 24 May 2023

Published online: 6 July 2023

Keywords:

Aflatoxin B₁,

Broiler,

Growth performance,

Liver histology,

Toxin Binder.

ABSTRACT

Introduction: Aflatoxins are produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* mold, and aflatoxin B₁ is the most dangerous form of this toxin. In addition, aflatoxin B₁ in poultry causes low productivity and high sensitivity to diseases and the use of inorganic and organic toxin binders is one of the nutritional strategies to confront aflatoxins.

Materials and Methods: In this research, the effects of adding multi-component toxin binder to diets containing aflatoxin B₁ on growth performance, blood parameters, and liver histology by using 180 male broilers day-olds (Ross 308) in a factorial experiment (3×3), with three levels of toxin binder (0.0, 0.5, and 1.0 kg/ton) and three levels of aflatoxin B₁ (0.0, 0.5, and 1.0 mg/kg) were studied based on a completely randomized design in nine treatments, four replications, and five chickens in each replicate.

Results: The results showed that using the 1.0 kg/ton of toxin binder, significantly reduced negative effects of 0.5 mg/kg of aflatoxin B₁ on the average daily weight gain, live weight and average daily feed intake in the total period (P<0.05). But the birds consuming the treatment containing 0.5 mg/kg of aflatoxin B₁ and 1.0 kg/ton of toxin binder did not show a significant difference, in the average feed conversion ratio compared to all treatments except the treatment that containing 0.0 mg/kg of aflatoxin B₁ and 0.5 kg/ton of toxin binder. The regression equation (Y= 7.5298x+ 53.377) with (R²= 0.78), was obtained to predict the average daily weight gain of birds fed with treatments containing 0.5 mg/kg of aflatoxin B₁ and different levels of toxin binder. Feeding chickens with diets containing aflatoxin B₁, significantly decreased the serum concentration of cholesterol, albumin, and total protein and increased serum concentration of creatinine and urea (P<0.05). In addition, there were not significant effects for the main and interaction of aflatoxin B₁ and toxin binder for the blood serum alkaline phosphatase. For liver histological results, portal inflammation was evident in all treatments, but the amount of fibrosis and necrosis was higher in treatments with 0.5 and 1.0 mg/kg of aflatoxin B₁ than 0.0 level of its, and in the liver of birds fed with the highest level of aflatoxin B₁ (1.0 mg/kg), micro and macro lipid vesicles were observed, which indicates a fatty liver. Also, some hepatocytes lost their cytoplasm due to the storage of a type of glycogen and in some parts, a proliferation of fibroblasts with fine collagen fibers deposition, was observed. The toxin binder did not prevent of the negative effects of aflatoxin B₁ on the destruction of liver tissue.

Conclusion: Based on the results, adding 1.0 kg/ton level of multi-component toxin binder to diets containing 0.5 mg/kg aflatoxin B₁ can improve the average daily weight gain, live weight, and average daily feed intake of broilers.

Cite this article: Bahri, Y., & Moravej, H. (2023). The effect of a multi-component toxin binder in aflatoxin B₁-contaminated diets on growth performance, blood parameters, and liver histology of broilers. *Journal of Animal Production*, 25 (2), 183-199. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2023.349981.623709>





اثر جاذب سم چندجزئی در جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین B₁ بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و بافت‌شناسی کبد جوجه گوشتی

یاسمین بحری^۱ | حسین مروج^۲✉

۱. گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: yasmine.bahri@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hmoraveg@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵

کلیدواژه‌ها:

آفلاتوکسین B₁,

بافت‌شناسی کبد،

جاذب سم،

جوجه گوشتی،

عملکرد رشد.

اثرات افزودن جاذب سم چندجزئی به جیره‌های حاوی سم آفلاتوکسین B₁ بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و بافت‌شناسی کبد با استفاده از ۱۸۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۳ با سه سطح جاذب (صفر، ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن) و سه سطح آفلاتوکسین B₁ (صفر، ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با نه تیمار، چهار تکرار و پنج جوجه در هر تکرار به مدت ۴۲ روز بررسی شد. استفاده از سطح یک کیلوگرم در تن جاذب سم، تنها در سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B₁ توانست تأثیر معنی‌داری در کاهش اثرات منفی صفات عملکرد رشد مانند میانگین افزایش وزن روزانه، وزن زنده و خوراک مصرفی روزانه در کل دوره پرورش داشته باشد. تغذیه جوجه‌ها با جیره‌های حاوی آفلاتوکسین B₁، سبب کاهش غلظت سرمی کلسترول، آلبومین و پروتئین کل و افزایش کراتینین و اوره شد (P<۰/۰۵). در نتایج بافت‌شناسی کبد، بروز التهاب سیاهرگ باب کبدی در تمام تیمارها مشهود بود، اما میزان فیبروز و نکروز در تیمارهای حاوی سطوح ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم بیش‌تر از سطح صفر سم بود. استفاده از جاذب سم در جیره، اثری بر تغییرات بافتی کبد نداشت. براساس نتایج حاصل، افزودن جاذب سم چندجزئی به میزان یک کیلوگرم در تن به جیره‌های حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B₁ می‌تواند باعث بهبود صفات عملکرد رشد در کل دوره پرورش جوجه‌های گوشتی شود.

استناد: بحری، یاسمین و مروج، حسین (۱۴۰۲). اثر جاذب سم چندجزئی در جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین B₁ بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و بافت‌شناسی کبد جوجه گوشتی. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۵ (۲)، ۱۸۳-۱۹۹. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2023.349981.623709>



۱. مقدمه

آلودگی محصولات تولیدی طیور مثل گوشت و تخم‌مرغ برای انسان خطرآفرین است و یکی از دلایل این آلودگی می‌تواند ناشی از آلودگی خوراک طیور باشد. بین سلامت انسان و کیفیت جیره غذایی مورداستفاده حیوانات اهلی رابطه تنگاتنگی وجود دارد و هدف تمام کارخانجات خوراک دام و طیور، تولید خوراک عاری از سموم و آلودگی است. حضور مایکوتوکسین‌ها در گیاهان، نمونه بارزی از سموم طبیعی است که اثرات منفی برای مصرف‌کننده به‌دنبال دارد، مایکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که توسط گونه‌های خاصی از قارچ‌ها تولید می‌شوند و در شرایط محیطی خاصی نیز رشد می‌کنند. این شرایط خاص به دو دسته عوامل داخلی (نظیر ترکیب اجزای خوراک، اسیدیته، رطوبت غلات و فعالیت آبی) و عوامل خارجی (نظیر رطوبت نسبی و حرارت محیط، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن محیط و سطح غلات) تقسیم می‌شوند (شیوازاد و صیداوی، ۱۳۹۳). مایکوتوکسین‌های اصلی خود به سه دسته آفلاتوکسین‌ها، تریکوتسن‌ها، اوکراتوکسین‌ها و انواع دیگر مثل فومونسین، ارگوت و زیرانون تقسیم‌بندی می‌شوند.

آفلاتوکسین‌ها توسط کپک *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پاراسیتیکوس* تولید می‌شوند که آفلاتوکسین B₁ معمول‌ترین و خطرناک‌ترین شکل سم آفلاتوکسین است. حد مجاز آفلاتوکسین‌ها در خوراک طیور در مقایسه با سایر مایکوتوکسین‌ها کم‌تر است و بنابراین، خوراک طیور در معرض خطر بالای آلودگی با آفلاتوکسین‌ها قرار دارد. آفلاتوکسین‌ها در ذرت، که یکی از منابع اصلی انرژی برای طیور است و همچنین سایر خوراک‌ها، مانند کنجاله بادام‌زمینی و کنجاله پنبه‌دانه یافت می‌شوند. خطرات ناشی از آفلاتوکسین B₁ در طیور با بهره‌وری پایین و حساسیت زیاد در برابر بیماری‌ها همراه است که می‌تواند تأثیرات منفی بر درآمد تولیدکنندگان طیور و همچنین سلامت انسان داشته باشد، همچنین آفلاتوکسین B₁ به‌عنوان یک سم کبدی قوی، سرطان‌زا و جهش‌زا شناخته می‌شود و سومین عامل مهم سرطان کبد، به‌ویژه در آفریقای جنوبی و کشورهای در حال توسعه آسیاست. آفلاتوکسین B₁ می‌تواند بر تولید، کیفیت گوشت و تخم، استخوان، اندام‌های ایمنی، پانکراس، روده، کبد، کلیه و اندام‌های تولیدمثلی پرندگان تأثیر بگذارد (Fouad *et al.*, 2019). به‌دلیل تأثیرات مضر آفلاتوکسین B₁ بر سلامت انسان، اتحادیه اروپا میزان مجاز آفلاتوکسین B₁ موجود در غذای انسان را به دو میکروگرم در کیلوگرم محدود کرده است (Fouad *et al.*, 2019)، همچنین حداکثر حد مجاز کل آفلاتوکسین در خوراک طیور ۲۰ میکروگرم در کیلوگرم است (Iqbal *et al.*, 2016).

از راه کارهای مقابله با مایکوتوکسین‌ها می‌توان به کاهش pH خوراک با اضافه‌کردن اسیدهای آلی مثل اسید پروپیونیک (سم را از بین نمی‌برد و فقط تولید سم بیش‌تر را متوقف می‌کند)، کاهش رطوبت غلات به سطح حدود ۱۳-۱۲ درصد، کاهش رطوبت نسبی محیط به زیر ۷۰ درصد، کاهش دمای محیط نگهداری، کاهش سطح اکسیژن محیط انبار به حدود پنج درصد و کم‌تر کردن سطح تماس غلات اشاره نمود (شیوازاد و صیداوی، ۱۳۹۳). استفاده از روش‌های فیزیکی (نظیر جداسازی، پوست‌گیری، خیساندن، آسیاب مرطوب، آسیاب خشک، تیمارهای حرارتی و پرتوافکنی) و روش‌های شیمیایی (استفاده از اسید و آنزیم)، روش‌های میکروبیولوژی (استفاده از باکتری و مخمر) و روش‌های مهندسی ژنتیک نیز برای مقابله با آفلاتوکسین‌ها متداول است (Pickova *et al.*, 2021).

استفاده از جاذب‌های غیرآلی و آلی از راه کارهای تغذیه‌ای برای مبارزه با آفلاتوکسین‌ها می‌باشد. از جاذب‌های غیرآلی یا معدنی می‌توان به آلومینوسیلیکات، خاک دیاتومه، زغال فعال، کلینوپتیلولیت، آلومینوسیلیکات کلسیم سدیم هیدراته، بنتونیت و نانو جاذب‌های آفلاتوکسین نظیر نانو رس و نانو کامپوزیت اکسید گرافن مغناطیسی با کیتوزان اشاره نمود. مخمرها (مانند ساکارومایسز سرویزیه)، پروبیوتیک‌ها (مانند لاکتوباسیلوس / سیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس پلانتروم، اتروکوکوس فاسیوم و باسیلوس سوبتیلیس) و آنتی‌اکسیدان‌ها (مانند عصاره دانه یورتیکا دیوسیا، عصاره پروانتوسیانیدین

دانه انگور و کورکومینوئیدها) از جاذب‌های آلی آفلاتوکسین‌ها می‌باشند. گزارش شده است که ترکیب آنتی‌اکسیدان‌ها با سایر جاذب‌ها می‌تواند مؤثرتر از استفاده آن‌ها به تنهایی باشد (Fouad *et al.*, 2019). در حال حاضر محصولات تجاری متنوعی به‌عنوان جاذب سموم در بازار وجود دارد. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر جاذب سم چندجزئی دلتا باند در کاهش اثرات منفی سم آفلاتوکسین B₁ بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و بافت‌شناسی کبد جوجه‌های گوشتی بود.

۲. پیشینه پژوهش

در اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰، پژوهش درباره آفلاتوکسین‌ها زمانی آغاز شد که در مجموع حدود ۱۰۰,۰۰۰ پولت بوقلمون در مزرعه‌ای در لندن با تغذیه توسط کنجاله بادام زمینی برزیلی، به‌وسیله عامل ناشناخته‌ای که آن زمان آن را "عامل x" نامیدند کشته شدند. ویلیام پرسی بلونت (۱۹۶۸-۱۹۰۵) دانشمند و مشاور دامپزشکی در پرورش طیور، تحقیقات میدانی و آزمایشی گسترده‌ای انجام داد و نتایج آزمایش‌ها به این صورت بود که اکثر جوجه‌های مبتلا، به‌دلیل ضعف روی زمین می‌ماندند و در عرض ۲۴-۴۸ ساعت می‌مردند، هم‌چنین میزان مرگ‌ومیر آن‌ها حدود ۵۰-۹۰ درصد بود. بلونت نشان داد که رابطه‌ای بین سمیت خوراک، کنجاله بادام زمینی برزیلی و بیماری وجود دارد و به‌طور دقیق با اشاره به نشانه‌های بیماری به‌ویژه ضایعات کبدی، فرض بروز بیماری به‌دلیل عوامل عفونی را رد کرد. بررسی‌های دامپزشکی نشان می‌دادند که این اختلال در اثر مسمومیت ایجاد شده، اما ماده سمی تا آن روز ناشناخته بود (Pickova *et al.*, 2021).

تلاش‌های بلونت به شناسایی عامل بیماری منجر نشد، اما پژوهش‌های او مبنای محکمی برای سایر دانشمندان فراهم کرد تا پیشرفت سریعی به سوی شناسایی عامل بیماری داشته باشند. در نهایت، مطالعات بر روی کنجاله بادام زمینی نشان داد که یک متابولیت سمی طبیعی که توسط هجوم کپک‌ها تولید می‌شود باعث اثرات سمی حاد در حیوانات می‌شود و بعد از پژوهش‌های فراوان متوجه شدند که سم تولیدشده توسط قارچ آسپرژیلوس فلاووس دلیل این عارضه است و آن را آفلاتوکسین نامیدند (Pickova *et al.*, 2021). همان‌گونه که در مقدمه به آن اشاره شد، آلودگی مواد خوراکی به آفلاتوکسین‌ها بسیار مشکل‌ساز است، زیرا مصرف این خوراک آلوده توسط پرندگان، باعث بروز مشکلات مربوط به سلامتی و بهره‌وری در آن‌ها می‌شود و به‌دنبال آن سلامت انسان‌ها نیز در معرض خطر قرار می‌گیرد.

نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که افزودن سطوح دو و چهار میکروگرم در گرم (میلی‌گرم در کیلوگرم) آفلاتوکسین B₁ به جیره جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸، باعث کاهش معنی‌دار افزایش وزن، مصرف خوراک و بازدهی خوراک (Nazarizadeh & Pourreza, 2019) و افزودن ۱۰۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ در خوراک جوجه‌های کاب، باعث کاهش مقادیر میانگین افزایش وزن روزانه و خوراک مصرفی روزانه شد اما تأثیری بر ضریب تبدیل غذایی نداشت (Magnoli *et al.*, 2017).

در رابطه با اثرات سم آفلاتوکسین در فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، مقادیر اوره با افزودن سطوح ۴۰ میکروگرم در کیلوگرم و دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ افزایش (Chen *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2018)، اما با افزودن دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین تغییراتی نشان نداد (Basmacioglu *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2019). مقادیر کراتینین سرم نیز با افزودن سطوح ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۴۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ افزایش (Liang *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2018) و در مقابل با افزودن دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین کاهش نشان داد (Basmacioglu *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2019). در نتایج پژوهش‌های دیگر مشاهده شده است که غلظت آلانین آمینوترانسفراز در خون پرندگان گوشتی، پس از تغذیه با سطوح یک و دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ افزایش

(Basmacioglu et al., 2005) و دو میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش (Cruz et al., 2019; Sridhar et al., 2015) یافت و تغذیه با سطح ۴۰ میکروگرم در کیلوگرم تغییراتی نشان نداد (Denli & Okan, 2006). غلظت آلکالین فسفاتاز نیز با سطوح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ افزایش (Rashidi et al., 2020)، یک و دو میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش (Chen et al., 2014) و ۴۰ و ۸۰ میکروگرم در کیلوگرم عدم تغییر (Denli & Okan, 2006) نشان داده است. هم‌چنین با استفاده از سطح دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ کاهش معنی‌دار در مقادیر آلبومین، پروتئین کل و کلسترول (Cruz et al., 2019) و ۱۰۰ میکروگرم در کیلوگرم، عدم تغییر در مقادیر پروتئین کل و آلبومین (Magnoli et al., 2017) مشاهده شد.

براساس نتایج مطالعه‌ای، استفاده از سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B₁ آسیب‌هایی را در کبد پرندگان گوستی مثل تخریب سلول‌های کبدی و هایپرپلازی مجرای صفراوی نشان داد (Sridhar et al., 2015) و در پژوهش دیگری، بافت کبد پرندگان تغذیه‌شده با سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁، آسیب‌های قابل ملاحظه‌ای مثل تغییرات چربی، هایپرپلازی مجرای صفراوی، فساد ناشی از احتباس آب و فیروز نشان داد (Rashidi et al., 2020). همان‌گونه که در مقدمه به آن اشاره شد، یکی از روش‌های مقابله با اثرات منفی سم آفلاتوکسین استفاده از مواد جاذب سم است. به‌طور مثال، در پژوهشی استفاده از ۰/۲ درصد جاذب سم کورکومین و ۰/۳ درصد پلیمرهای سلولز به تنهایی و یا ترکیب شده با یکدیگر، توانست از اثرات منفی آفلاتوکسین B₁ بر شاخص‌های وزن بدن، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در کل دوره جلوگیری کند اما تأثیر معنی‌داری در خوراک مصرفی نشان نداد (Cruz et al., 2019).

۳. روش‌شناسی پژوهش

تهیه محیط کشت سم آفلاتوکسین: محیط کشت این سم، از آزمایشگاه گروه پرورش و تولید طیور دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهیه و به روش زیر تولید شد. قارچ *آسپرژیلوس فلاووس*، سویه (NRRL-2999) در محیطی که حاوی درصد‌های مختلفی از سیب‌زمینی، دکستروز و آگار است، به مدت هفت تا ۲۱ روز در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شد، سپس کلیه محتویات به‌دست‌آمده برای تولید آفلاتوکسین به محیط حاوی سیوس برنج منتقل و در نهایت برای سنجش محتوای آفلاتوکسین در سیوس برنج از روش کروماتوگرافی بر روی صفحات لایه نازک استفاده شد (Shotwell et al., 1966). هر یک کیلوگرم محیط کشت تهیه‌شده، حاوی ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین بود که برای ساخت جیره تیمارهای مختلف حاوی سم، از مقادیر متفاوت محیط کشت استفاده شد.

جاذب سم: جاذب سم "دلنا باند" از تولیدات شرکت "کروموژن" است که براساس کاتالوگ این محصول، ترکیبات آن شامل آلومینیوم سیلیکات، زغال فعال، خاک دیاتومه و ترکیبات آلی جایگزین دیواره مخمر است.

گروه‌های آزمایشی: در این آزمایش از ۱۸۰ قطعه جوجه گوستی نر سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزنی ۴۰ گرم، در نه تیمار، چهار تکرار و پنج قطعه جوجه در هر تکرار از یک تا ۴۲ روزگی استفاده شد. سطوح مورد بررسی، شامل سه سطح آفلاتوکسین B₁ (صفر، ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم) و سه سطح جاذب سم (صفر، ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن) بودند. جیره‌های خوراکی متناسب با احتیاجات توصیه شده دفترچه راهنمای پرورش جوجه‌های گوستی راس ۳۰۸ (۲۰۱۴) در قالب سه دوره آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) در اختیار جوجه‌ها قرار گرفتند. مشخصات جیره مربوط به تیمارهای شاهد در جدول (۱) نشان داده شده است. با توجه به محیط کشت سیوس برنج برای تولید سم آفلاتوکسین و سطوح مختلف جاذب‌های سم، همان‌طور که در جدول (۲) مشخص می‌باشد، میزان ۵/۱ درصد سیوس برنج در جیره شاهد استفاده شد که در جیره تیمارهای دیگر، این سطح بسته به میزان جایگزینی سم و

جاذب تغییر یافت. واکسیناسیون پرندگان، طبق برنامه مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه تهران، در روزهای مختلف دوره پرورش انجام شد. در سه روز اول دوره، روشنایی ۲۴ ساعته و پس از آن ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت خاموشی تا پایان دوره اجرا شد، همچنین پرورش پرندگان بر روی بسترهایی با مساحت یک مترمربع انجام شد و در طول دوره پرورش پرندگان به طور آزادانه به آب و غذا دسترسی داشتند.

جدول ۱. ارقام و ترکیب شیمیایی جیره شاهد (بدون آفلاتوکسین و جاذب سم)

دوره پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)	دوره رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)	دوره آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)	ارقام جیره (درصد)
۶۰/۰۱	۵۰/۴۶	۴۷/۲۰	ذرت، دانه
۲۸/۵۹	۳۵/۹۸	۳۹/۶۹	کنجاله سویا
۵/۱۰	۵/۱۰	۵/۱۰	سبوس برنج ^۱
۲/۸۷	۴/۶۲	۳/۷۹	روغن
۱/۳۸	۱/۶۴	۱/۸۴	دی کلسیم فسفات
۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۹۶	کربنات کلسیم
۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	مکمل ویتامینه و مواد معدنی ^۲
۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۲	دی ال متیونین
۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۲۰	لیزین هیدروکلرید
۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۹	ترفونین
۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۱	نمک طعام
ترکیب جیره			
۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۸۰۰	انرژی قابل سوخت‌وساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)
۱۷/۶۷	۲۰/۱۱	۲۱/۴۷	پروتئین خام (درصد)
۰/۷۱	۰/۸۱	۰/۹۰	کلسیم (درصد)
۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۴۵	فسفر قابل دسترس (درصد)
۱/۰۴	۱/۲۱	۱/۳۴	لیزین (درصد)
۰/۵۲	۰/۵۹	۰/۶۶	متیونین (درصد)
۰/۸۲	۰/۹۳	۱/۰۱	متیونین + سیستین (درصد)
۱/۲۰	۱/۴۱	۱/۵۳	آرژنین (درصد)
۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۹۱	ترفونین (درصد)
۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۷	تریپتوفان (درصد)

۱. نحوه جایگزینی محیط کشت و جاذب سم به جای سبوس برنج در جدول (۲) مشخص شده است.

۲. هر کیلوگرم مکمل ویتامینه و معدنی تأمین کننده موارد زیر بود: ۹۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۴۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۳ گرم ویتامین K3، ۲ گرم ویتامین B1، ۷ گرم ویتامین B2، ۱۴ گرم ویتامین B3، ۵۵ گرم ویتامین B5، ۳ گرم ویتامین B6، ۱/۷۵ گرم ویتامین B9، ۰/۱۵ گرم ویتامین B12، ۶۲۵ گرم کولین، ۱۲۰ گرم منگنز، ۴۰ گرم آهن، ۱۰۰ گرم روی، ۱۶ گرم مس، ۱/۲۵ گرم ید و ۰/۳ گرم سلنیوم

جدول ۲. نحوه جایگزینی محیط کشت و جاذب سم به جای سبوس برنج در تیمارهای مختلف

جمع	جاذب سم (درصد)	محیط کشت سم (درصد)	سبوس برنج (درصد)	تیمار سم آفلاتوکسین × جاذب سم (کیلوگرم/تن)
۵/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۱۰	صفر
۵/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۰	۵/۰۵	صفر
۵/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۰	۵/۰۰	صفر
۵/۱۰	۰/۰۰	۲/۵۰	۲/۶۰	صفر
۵/۱۰	۰/۰۵	۲/۵۰	۲/۵۵	۰/۵
۵/۱۰	۰/۱۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱/۰
۵/۱۰	۰/۰۰	۵/۰۰	۰/۱۰	صفر
۵/۱۰	۰/۰۵	۵/۰۰	۰/۰۵	۱/۰
۵/۱۰	۰/۱۰	۵/۰۰	۰/۰۰	۱/۰

ارزیابی عملکرد: عملکرد پرندگان در پایان دوره پرورش (۴۲ روزگی)، براساس میانگین خوراک مصرفی روزانه، میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین ضریب تبدیل غذایی و وزن زنده نهایی ارزیابی شد. لازم به ذکر است، با توجه به بروز تلفات در طی دوره آزمایش، میانگین خوراک مصرفی روزانه و میانگین افزایش وزن روزانه براساس روز مرغ و روابط (۱) تا (۳) محاسبه شدند.

رابطه ۱) مجموع روزهایی که پرنده های تلف شده زنده بوده اند = روزمرغ

$$+ \left(\text{تعداد پرنده زنده پایان هر دوره} \times \text{تعداد روزهای هر دوره} \right)$$

رابطه ۲) میانگین خوراک مصرفی روزانه هر تکرار بر اساس روزمرغ (گرم)

$$= \left[\frac{\text{مجموع خوراک مصرفی روزانه هر تکرار در پایان هر دوره}}{\text{روزمرغ}} \right]$$

میانگین افزایش وزن روزانه هر تکرار بر اساس روزمرغ (گرم)

رابطه ۳)

$$= \left[\frac{\text{مجموع وزن پرنده های تلف شده در روز تلفات} + \text{اختلاف مجموع وزن پرنده های زنده انتها و ابتدای هر دوره}}{\text{روزمرغ}} \right]$$

ارزیابی فراسنجه‌های خونی: در انتهای دوره (۴۲ روزگی)، یک پرنده با رعایت وزنی معادل میانگین وزن همان تکرار انتخاب و ۰/۵ میلی‌لیتر خون از ورید بال هر پرنده گرفته شد و برای ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی خون مانند اوره، کراتینین، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، پروتئین کل، آلبومین و کلسترول با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت "آرناپات" ارسال شد.

بافت‌شناسی کبد: از لوب راست کبد پرنده انتخاب‌شده هر تکرار، نمونه‌هایی با اندازه یکسان (۱×۱ سانتی‌متر) تهیه شد. بعد از نمونه‌گیری، نمونه‌های کبد در محلول فرمالین ۳۷ درصد با نسبت ۱۰۰ سی‌سی فرمالین و ۹۰۰ سی‌سی آب نگهداری و برای آزمایش‌های بافت‌شناسی به آزمایشگاه فرستاده شد. فراسنجه‌های بافت‌شناسی کبد مانند فساد بین لوبولی، بافت‌مردگی (نکروز) مرکزی، فساد بافتی (فیروز) و التهاب سیاهرگ باب کبدی با متد "Knodell" (نمره صفر کم‌ترین جراحت و چهار بیش‌ترین جراحت) رتبه‌بندی شدند (Goodman, 2007).

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های حاصل از آزمایش فاکتوریل ۳×۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار Minitab (۱۸) برای مدل آماری موجود در رابطه (۴) تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

رابطه ۴)
$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

در این رابطه، μ ، نشان‌دهنده میانگین کل جامعه؛ A_i ، اثر i امین سطح سم آفلاتوکسین؛ B_j ، اثر j امین سطح جاذب سم؛ AB_{ij} ، اثر متقابل سطوح سم آفلاتوکسین و جاذب سم و e_{ijk} ، اثر خطای آزمایش است. برای پیش‌بینی اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین و جاذب سم دلتاباند بر شاخص میانگین افزایش وزن روزانه، معادله تابعیت و ضریب تبیین (R^2) آن با استفاده از نرم‌افزار Minitab (۱۸) به‌دست آمد.

۴. یافته‌های پژوهش و بحث

اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد و درصد تلفات در کل دوره در جدول (۳) ارائه شده است. اثر متقابل سم آفلاتوکسین و جاذب در میانگین خوراک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک و وزن زنده نهایی معنی‌دار بود، به‌نحوی که پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های بدون آفلاتوکسین و سطوح صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، مصرف

خوراک روزانه بیش‌تری نسبت به پرندگان تغذیه‌شده با تیمارهای حاوی سم داشتند ($P < 0.05$). پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین و سطوح صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، نسبت به باقی پرندگان مصرف خوراک روزانه کم‌تری داشتند ($P < 0.05$). پرندگانی که جیره‌های حاوی سطح ۰/۵ آفلاتوکسین و سطوح صفر و یک جاذب را دریافت کردند، تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر در خوراک مصرفی نشان دادند و پرنده‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی سطح ۰/۵ سم و یک جاذب، خوراک روزانه بیش‌تری مصرف کردند ($P < 0.05$).

پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های بدون سم، افزایش وزن روزانه بیش‌تری نسبت به سایر پرندگان داشتند ($P < 0.05$) و در بین تیمارهای حاوی سم، افزایش وزن روزانه پرنده‌های دریافت‌کننده جیره حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب، با پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های بدون سم تفاوت معنی‌داری نشان نداد. پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و بدون جاذب و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، افزایش وزن روزانه کم‌تری داشتند ($P < 0.05$).

در خصوص میانگین ضریب تبدیل خوراک، پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، نسبت به سایر پرنده‌ها، میانگین ضریب تبدیل خوراک بیش‌تری داشتند ($P < 0.05$) و تنها با پرندگان دریافت‌کننده جیره حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب تفاوتی نشان ندادند. پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب، تفاوت معنی‌داری با سایر پرندگان، به‌جز پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب در میانگین ضریب تبدیل خوراک نشان ندادند.

هم‌چنین وزن زنده نهایی پرندگان مصرف‌کننده جیره‌های بدون سم، نسبت به سایر تیمارها، بیش‌تر بود ($P < 0.05$) و در بین تیمارهای حاوی سم، وزن زنده نهایی پرندگان مصرف‌کننده جیره حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب، تفاوت معنی‌داری با پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های بدون سم و سطوح ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن جاذب، نشان نداد. درحالی‌که پرنده‌های دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین و صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، نسبت به سایر پرنده‌ها وزن زنده نهایی کم‌تری نشان دادند ($P < 0.05$).

ضریب تغییرات مرتبط با میانگین خوراک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک و وزن زنده نهایی به‌ترتیب برابر ۲/۵۳، ۳/۶۳، ۱/۴۲ و ۲/۸۹ درصد بود که نمایانگر دقت قابل قبول تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که آفلاتوکسین اثرات منفی بر عملکرد تولیدی جوجه گوشتی دارد، اما با استفاده از جاذب سم "دلتاباند" اثرات منفی آفلاتوکسین بر روی صفات عملکردی کاهش می‌یابد. هم‌چنین تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و سطح یک کیلوگرم در تن جاذب، توان رقابت با تیمارهای حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم را در صفات عملکردی نشان داد، اما تیمار حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین و سطح یک کیلوگرم در تن جاذب، قابل‌رقابت با تیمارهای حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین نبود که تصور می‌شود دلیل آن این است که، سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین ۵۰ برابر حد مجاز وجود آفلاتوکسین در خوراک طیور است و جاذب سم با سطح یک کیلوگرم در تن، توانایی کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین را ندارد، اما تا میزان ۲۵ برابر حد مجاز یعنی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین، جاذب سم استفاده‌شده در این پژوهش عملکرد خوبی در کاهش اثرات آفلاتوکسین از خود نشان داد. مطالعات نشان داده که آفلاتوکسین باعث عارضه مسمومیت با آفلاتوکسین در پرندگان می‌شود که از نشانه‌های آن می‌توان به تحت تأثیر قرار دادن مصرف خوراک، نرخ رشد، ضریب تبدیل خوراک، حساسیت پرنده به بیماری و مرگ اشاره کرد و می‌توان گفت که مسمومیت با آفلاتوکسین

در مرغ گوشتی در دوز دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین رخ می‌دهد (Fouad *et al.*, 2019). اخیراً گزارش شده است که ۰/۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁، غلظت آستانه‌ای برای القای کاهش رشد در جوجه‌های گوشتی است (Rashidi *et al.*, 2020).

جدول ۳. اثر سم آفلاتوکسین و جاذب سم در جیره بر میانگین عملکرد رشد و درصد تلفات جوجه‌های گوشتی در کل دوره پرورش (یک تا ۴۲ روزگی)

وزن زنده نهایی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	افزایش وزن روزانه (گرم)	خوراک مصرفی روزانه (گرم)	درصد تلفات ^۱	تیمار
آفلاتوکسین (میلی‌گرم / کیلوگرم)					
۲۷۱۸/۱۵ ^a	۱/۶۰ ^a	۶۳/۵۳ ^a	۹۹/۱۲ ^a	۱/۶۶	صفر
۲۴۴۱/۵۴ ^b	۱/۵۸ ^b	۵۷/۱۴ ^b	۹۰/۵۱ ^b	۵/۰۰	۰/۵
۱۹۰۷/۲۹ ^c	۱/۵۶ ^b	۴۲/۱۶ ^c	۶۸/۰۰ ^c	۱۵/۰۰	۱/۰
۱۹/۶۲	۰/۰۱	-/۵۷	-/۶۳		SEM
جاذب (کیلوگرم / تن)					
۲۳۴۳/۸۲ ^b	۱/۵۶ ^b	۵۳/۲۲ ^b	۸۵/۱۴ ^b	۱۰/۰۰	صفر
۲۲۷۲/۴۵ ^c	۱/۶۲ ^a	۵۲/۸۶ ^b	۸۴/۳۲ ^b	۳/۳۳	۰/۵
۲۴۵۰/۷۰ ^a	۱/۵۷ ^b	۵۶/۷۵ ^a	۸۸/۱۷ ^a	۸/۳۳	۱/۰
۱۹/۶۲	۰/۰۱	-/۵۷	-/۶۳		SEM
آفلاتوکسین × جاذب					
(میلی‌گرم / کیلوگرم) (کیلوگرم / تن)					
۲۷۹۲/۵۰ ^a	۱/۵۶ ^{bcd}	۶۵/۵۴ ^a	۱۰۱/۴۶ ^a	-/۰۰	صفر
۲۶۸۳/۶۲ ^{ab}	۱/۶۶ ^a	۶۲/۹۴ ^a	۱۰۰/۰۸ ^{ab}	-/۰۰	صفر
۲۶۷۸/۳۲ ^{ab}	۱/۶۰ ^{bc}	۶۲/۱۲ ^a	۹۵/۸۳ ^b	۵/۰۰	صفر
۲۳۴۶/۱۲ ^c	۱/۵۸ ^{bcd}	۵۳/۶۱ ^c	۸۶/۳۴ ^d	۱۵/۰۰	صفر
۲۳۸۲/۵۰ ^c	۱/۵۹ ^{bc}	۵۶/۶۷ ^{bc}	۹۰/۱۷ ^{cd}	-/۰۰	۰/۵
۲۵۹۶/۰۰ ^b	۱/۵۶ ^{bcd}	۶۱/۱۴ ^{ab}	۹۵/۰۱ ^{bc}	-/۰۰	۱/۰
۱۸۹۲/۸۴ ^c	۱/۵۳ ^d	۴۰/۵۰ ^e	۶۷/۶۳ ^f	۱۵/۰۰	صفر
۱۷۵۱/۲۴ ^e	۱/۶۱ ^{ab}	۳۸/۹۸ ^e	۶۲/۷۱ ^f	۱۰/۰۰	۱/۰
۲۰۷۷/۷۹ ^d	۱/۵۵ ^{cd}	۴۶/۹۹ ^d	۷۳/۶۷ ^e	۲۰/۰۰	۱/۰
۳۳/۹۸	۰/۰۱	-/۹۹	۱/۰۹		SEM
۲/۸۹	۱/۴۲	۳/۶۳	۲/۵۳		CV%
					P value
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱		آفلاتوکسین
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱		جاذب
۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱		آفلاتوکسین × جاذب

۱. مقایسه میانگین در خصوص درصد تلفات، بدلیل عدم توزیع نرمال داده‌ها انجام نشد (با تبدیل داده نیز، توزیع نرمال نشد).

a-d: تفاوت ارقام در هر ستون، با حروف نامشابه معنی‌دار است (P < ۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین.

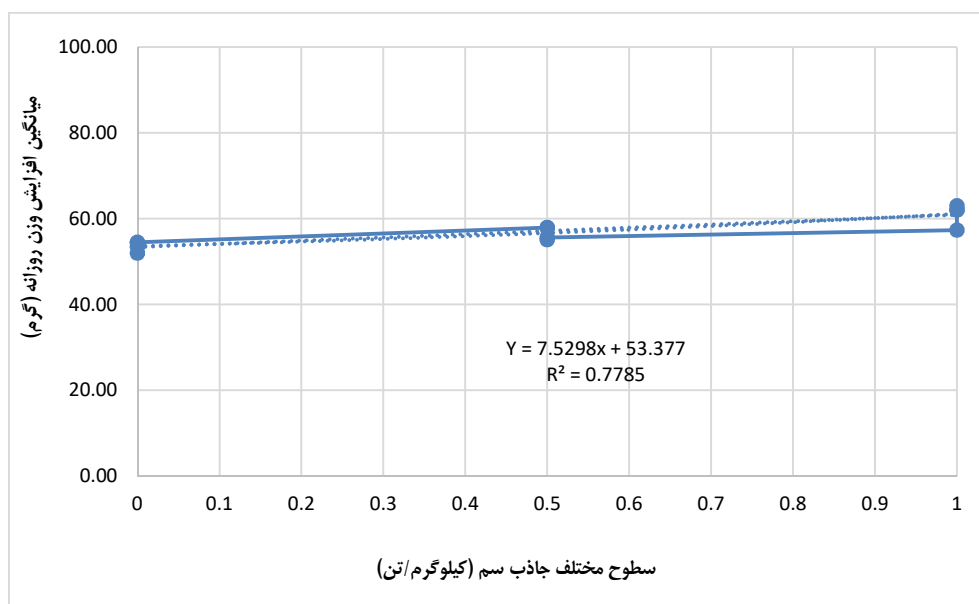
تفاوت در پاسخ به مسمومیت با آفلاتوکسین القایی نشان می‌دهد که حساسیت به آفلاتوکسین B₁ به سویه، گونه و سن جوجه‌های گوشتی بستگی دارد (Rashidi *et al.*, 2020). تقریباً مشابه نتایج این پژوهش، افزودن یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ به جوجه‌های گوشتی نه هوبارد از یک تا ۴۲ روزگی، دو میلی‌گرم بر کیلوگرم به جیره جوجه‌های گوشتی، یک میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره برای جوجه‌های نر راس از یک تا ۲۱ روزگی، ۴۰ میکروگرم بر کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ برای جوجه‌های گوشتی و ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B₁ به بلدرچین‌های ژاپنی، صفات وزن بدن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و شاخص کارایی تولید را کاهش داد (Rashidi *et al.*, 2020). به‌نظر می‌رسد اثرات نامطلوب

آفلاتوکسین بر عملکرد تولیدی در اثر بروز بی میلی، بی اشتها، بی اشتها، مهار سنتز پروتئین و لیپوژن حاصل از سم آفلاتوکسین باشد (Rajput *et al.*, 2017) و علاوه بر آن، پژوهش‌گران دیگر گزارش کردند که آفلاتوکسین B₁ می‌تواند فعالیت پانکراتولیپاز، آمیلاز و تریپسین را کاهش دهد و همچنین متابولیسم انرژی سلول را با برهم زدن گلوکونوز، چرخه اسید تری کربوکسیلیک و سنتز اسیدهای چرب تغییر دهد و در نتیجه باعث نرخ رشد کم‌تر شود (Rajput *et al.*, 2017).

پژوهش‌های دیگر بیان کرده‌اند که عوارض جانبی آفلاتوکسین B₁ بر عملکرد رشد، با کاهش قابلیت استفاده پروتئین و انرژی مرتبط است که احتمالاً به دلیل بدتر شدن بازدهی گوارشی و متابولیکی جوجه‌های گوشتی است، همچنین اثرات آفلاتوکسین بر بازدهی خوراک به دلیل متفاوت بودن ترکیبات جیره، همیشه ثابت نیست و می‌تواند تحت تأثیر منابع و سطوح مختلف پروتئین یا غلظت‌های متفاوت تریپتوفان در خوراک باشد، این تفاوت می‌تواند قابلیت استفاده پروتئین و پاسخ حیوانات به آفلاتوکسین را تغییر دهد و یا دگرگونی زیستی آفلاتوکسین را افزایش دهد (Rashidi *et al.*, 2020).

همان‌گونه که گفته شد در این آزمایش، افزودن جذب سم توانست اثرات منفی آفلاتوکسین بر عملکرد را کاهش دهد. مواد تشکیل‌دهنده جذب سم "دلنا باند" آلومینوسیلیکات، خاک دیاتومه، زغال فعال و ترکیبات آلی جایگزین دیواره مخمر است که همه این موارد به دلیل ساختار فیزیکی و شیمیایی خود، توانایی جذب سموم میکوتوکسین را دارند. آزمایش‌های دیگر نشان می‌دهد که جذب‌های سم با افزایش دادن شیرابه‌های پانکراسی، باعث هضم بیشتر مواد غذایی و خوراک مصرفی می‌شوند و از این طریق بر عملکرد پرنده تأثیر می‌گذارند و همچنین مطالعات دیگر نشان داده‌اند که جذب‌های سم از طریق افزایش پرزها و بهبود ویژگی‌های مورفولوژی روده می‌توانند باعث بهبود مصرف خوراک و عملکرد شوند (محسنی سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰).

در شکل (۱) تغییرات میانگین افزایش وزن روزانه با تغییر سطح جذب سم در جیره‌های حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین نشان داده شده است. با استفاده از معادله به دست آمده می‌توان میانگین افزایش وزن روزانه برای سطوح مختلف مابین سطح صفر و یک کیلوگرم در تن جذب را نیز پیش‌بینی نمود.



شکل ۱. نمودار و معادله تابعیت مقایسه سطوح مختلف جذب سم با یکدیگر، در سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین در میانگین افزایش وزن روزانه کل دوره

اثر تیمارهای آزمایش بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون در جدول (۴) ارائه شده است. اثرات متقابل سم و جاذب بر سطح آنزیم آلانین آمینوترانسفراز سرم با ضریب تغییرات ۳۰/۳۰ درصد معنی‌دار بود، به نحوی که پرندگان دریافت‌کننده جیره حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، با بالاترین میزان آلانین آمینوترانسفراز سرم، تنها با پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطح صفر سم و یک جاذب، ۰/۵ سم و یک جاذب و یک سم و صفر جاذب، تفاوت نشان ندادند. پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی سطح صفر سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، میزان آلانین آمینوترانسفراز سرمی کم‌تری نسبت به سایر پرنده‌ها داشتند و تنها با پرندگان دریافت‌کننده جیره ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب تفاوت نشان دادند ($P < 0.05$). اثر اصلی سم آفلاتوکسین در میزان اوره، کراتینین، پروتئین کل، آلبومین و کلسترول سرم معنی‌دار بود، به طوری که تغذیه جوجه‌ها با جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، نسبت به سطح صفر، سبب افزایش غلظت اوره در حدود ۴۵/۷ درصد شد ($P < 0.05$) و تغذیه پرندگان با جیره‌های حاوی سطوح ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، نسبت به سطح صفر سم، باعث افزایش حدود ۲۰ درصد در غلظت سرمی کراتینین شد ($P < 0.05$). در حالی که پرنده‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، حدود ۲۰/۶ درصد کاهش غلظت پروتئین کل را نسبت به سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم، نشان دادند ($P < 0.05$). با افزایش سطوح سم از سطح صفر به سطح ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم، به ترتیب در حدود ۲۲/۴ و ۲۰/۶ درصد، میزان آلبومین کاهش یافت ($P < 0.05$). همچنین با افزایش سطوح سم از سطح صفر به سطح ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم، به ترتیب در حدود ۱۷/۳ و ۱۹/۰ درصد، کاهش در میزان کلسترول سرم مشاهده شد ($P < 0.05$). به علاوه، هیچ‌کدام از اثرات اصلی و متقابل سم و جاذب در غلظت سرمی آلکالین فسفاتاز، معنی‌داری نشان نداد. مقادیر ضریب تغییرات در صفات اوره، کراتینین، آلکالین فسفاتاز، پروتئین کل، آلبومین و کلسترول به ترتیب برابر ۲۷/۸۱، ۱۵/۹۷، ۲۷/۴۹، ۱۶/۱۷، ۱۰/۵۳ و ۱۴/۲۰ درصد بوده است.

با توجه به نتایج این آزمایش مقادیر پروتئین کل، آلبومین و کلسترول خون، با افزایش سطوح آفلاتوکسین، کاهش یافتند که این نتیجه مشابه نتیجه پژوهش دیگری بود (Basmacioglu et al., 2005)، اما جاذب سم نتوانست تأثیری بر شاخص‌های بالا داشته باشد. کبد یک اندام مرکزی برای متابولیسم لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه است، بنابراین آسیب به سلول‌های کبدی می‌تواند محتوای پلاسمایی پروتئین کل، آلبومین و کلسترول در پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی آفلاتوکسین را کاهش دهد و در نهایت می‌تواند باعث کاهش بهره‌وری طیور شود (Fouad et al., 2019).

هم‌چنین طبق نتایج پژوهش‌های دیگر، اثرات مخرب معمول آفلاتوکسین B₁ بر سلول‌های کبدی منجر به غلظت بالای آلانین آمینوترانسفراز در خون طیور می‌شود (Fouad et al., 2019)، زیرا در طی مسمومیت با آفلاتوکسین، آفلاتوکسین B₁ که به طور عمده در کبد متابولیزه می‌شود با تولید متابولیت ثانویه به نام "AFB₁-8,9-epoxide" می‌تواند به پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک متصل شود و پس از آن باعث سرطان و آسیب به سلول‌های کبدی شود و با افزایش نفوذپذیری سلول‌های کبدی به دنبال آسیب کبدی، ترانس آمینازها می‌توانند از سلول‌های کبدی آلوده به جریان خون آزاد شوند و فعالیت سرمی ترانس آمینازها، از جمله آلانین آمینوترانسفراز را افزایش دهند (Alharthi et al., 2022). نتیجه پژوهش حاضر نیز نشان‌دهنده افزایش میزان آلانین آمینوترانسفراز در سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین بود، اما در سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، میزان آلانین آمینوترانسفراز به طور معنی‌داری کاهش یافت که می‌توان این‌گونه فرض کرد که تولید آن به دلیل آسیب شدید به سلول‌های کبدی کاهش یافته است، در واقع سلول‌های کبدی تخریب شده دیگر نمی‌توانند آلانین آمینوترانسفراز تولید کنند و هم‌چنین استفاده از جاذب سم نتوانست تأثیری بر میزان آلانین آمینوترانسفراز خون داشته باشد.

جدول ۴. اثر سم آفلاتوکسین و جاذب سم در جیره بر فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی

تیمار	اوره (میلی گرم/دسی لیتر)	کراتینین (میلی گرم/دسی لیتر)	آلانین آمینوترانسفراز (واحد/لیتر)	آلکالین فسفاتاز (واحد/لیتر)	پروتئین کل (گرم/دسی لیتر)	آلبومین (گرم/دسی لیتر)	کسترول (میلی گرم/دسی لیتر)
آفلاتوکسین (میلی گرم/کیلوگرم)							
صفر	۳/۳۰ ^b	۰/۲۵ ^b	۶/۷۵ ^b	۲۵۱۳/۲۵	۲/۸۶ ^a	۱/۱۸ ^a	۱۳۲/۵۸ ^a
۰/۵	۳/۹۸ ^{ab}	۰/۳۰ ^a	۹/۶۹ ^a	۲۰۲۳/۴۲	۲/۴۹ ^{ab}	۰/۹۲ ^b	۱۰۹/۵۹ ^b
۱/۰	۴/۸۱ ^a	۰/۳۰ ^a	۶/۷۴ ^b	۲۵۲۷/۶۷	۲/۲۷ ^b	۰/۷۳ ^c	۸۸/۷۵ ^c
SEM	۰/۳۲	۰/۰۱	۰/۶۷	۱۸۷/۲۲	۰/۱۲	۰/۰۳	۴/۵۳
جاذب (کیلوگرم/تن)							
صفر	۳/۸۵	۰/۲۷	۷/۰۶	۲۴۱۸/۱۷	۲/۵۶	۰/۹۸	۱۰۹/۶۴
۰/۵	۴/۰۱	۰/۳۱	۷/۶۷	۲۳۶۱/۳۳	۲/۶۶	۰/۹۷	۱۱۰/۷۹
۱/۰	۴/۲۲	۰/۲۷	۸/۴۴	۲۲۸۴/۸۳	۲/۴۰	۰/۸۸	۱۱۰/۴۹
SEM	۰/۳۲	۰/۰۱	۰/۶۷	۱۸۷/۲۲	۰/۱۲	۰/۰۳	۴/۵۳
آفلاتوکسین × جاذب (میلی گرم/کیلوگرم) (کیلوگرم/تن)							
صفر	۲/۸۹	۰/۲۵	۷/۱۱ ^b	۲۲۲۹/۲۵	۲/۸۳	۱/۲۰	۱۲۰/۲۵
صفر	۳/۰۹	۰/۲۴	۴/۵۰ ^b	۲۷۳۲/۰۰	۲/۹۳	۱/۲۲	۱۳۴/۵۰
صفر	۳/۹۲	۰/۲۶	۸/۶۵ ^{ab}	۲۵۷۸/۵۰	۲/۸۴	۱/۱۳	۱۴۳/۰۰
۰/۵	۳/۴۲	۰/۲۸	۶/۴۶ ^b	۲۳۰۹/۷۵	۲/۷۳	۱/۰۲	۱۱۶/۶۸
۰/۵	۴/۲۶	۰/۳۳	۱۳/۰۰ ^a	۱۵۷۲/۵۰	۲/۴۳	۰/۹۰	۱۰۷/۷۵
۰/۵	۴/۲۶	۰/۳۰	۹/۶۰ ^{ab}	۲۱۸۸/۰۰	۲/۳۰	۰/۸۶	۱۰۴/۳۳
۱/۰	۵/۲۴	۰/۳۰	۷/۶۲ ^{ab}	۲۷۱۵/۵۰	۲/۱۴	۰/۷۱	۹۲/۰۰
۱/۰	۴/۶۹	۰/۳۵	۵/۵۲ ^b	۲۷۷۹/۵۰	۲/۶۲	۰/۸۰	۹۰/۱۳
۱/۰	۴/۴۹	۰/۲۷	۷/۰۶ ^b	۲۰۸۸/۰۰	۲/۰۵	۰/۶۷	۸۴/۱۳
SEM	۰/۵۶	۰/۰۲	۱/۱۶	۳۲۴/۲۷	۰/۲۱	۰/۰۵	۷/۸۴
CV%	۲۷/۸۱	۱۵/۹۷	۳۰/۳۰	۲۷/۴۹	۱۶/۱۷	۱۰/۵۳	۱۴/۲۰
P value							
آفلاتوکسین	۰/۰۱۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۱۳۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
جاذب	۰/۷۳۱	۰/۱۹۷	۰/۳۸۳	۰/۸۸۷	۰/۳۳۴	۰/۱۰۷	۰/۹۸۳
آفلاتوکسین × جاذب	۰/۴۶۶	۰/۴۰۷	۰/۰۰۲	۰/۱۹۲	۰/۳۹۶	۰/۵۰۵	۰/۲۳۲

a-d: تفاوت ارقام در هر ستون، با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین

مقادیر آلکالین فسفاتاز در این پژوهش، تحت تأثیر سطوح مختلف آفلاتوکسین و جاذب سم نبود که این نتیجه، مشابه نتیجه پژوهش Denli & Okan (2006) است، هرچند به‌طور معمول در اکثر آزمایش‌ها، مقادیر آلکالین فسفاتاز با تغییر سطح آفلاتوکسین B_1 ، تغییرات معنی‌داری نشان نداده است (Tamilmani *et al.*, 2021; Tavangar *et al.*, 2021)، اما در تعدادی دیگر از آزمایش‌ها میزان آلکالین فسفاتاز، با سطح ۴۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 افزایش معنی‌دار (Liu *et al.*, 2018) و با سطح یک و دو میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش معنی‌دار (Chen *et al.*, 2014) نشان داده است که نشان‌دهنده گسترده بودن مقادیر و دامنه قابل قبول برای این صفت است. افزایش آلکالین فسفاتاز سرم خون نشان‌دهنده آسیب سلولی است که در نتیجه مرگ بافت (نکروز) یا تغییر در نفوذپذیری غشای سلولی و آسیب عضلانی به‌دلیل اختلال در غشای سلولی، توسط پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از آفلاتوکسین B_1 به‌وجود می‌آید (Rashidi *et al.*, 2020).

در مطالعه حاضر میزان اوره خون با بالا رفتن سطوح آفلاتوکسین افزایش یافت که مشابه یافته‌های دیگر بود (Chen et al., 2014; Liu et al., 2018) و با نتیجه پژوهش دیگری مغایرت داشت (Basmacioglu et al., 2005)، همچنین افزودن جاذب سم تأثیر مثبتی بر کاهش مقادیر آن نداشت. می‌توان نتیجه گرفت که علل اصلی افزایش اوره، نارسایی کلیه، کاهش حجم گردش خون در بدن، خونریزی گوارشی و افزایش کاتابولیسم است (Liu et al., 2018). در این آزمایش محتوای کراتینین سرم خون با افزایش سطوح سم، افزایش یافت و این نتیجه، مشابه نتیجه پژوهش دیگری بود (Liang et al., 2015)، اما در مطالعه دیگری مقادیر کراتینین کاهش معنی‌داری نشان داد (Basmacioglu et al., 2005)، همچنین استفاده از جاذب نیز نتوانست تأثیرات منفی آفلاتوکسین را کاهش دهد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که آفلاتوکسین B₁ می‌تواند وزن نسبی کلیه را افزایش دهد و میزان فیلتراسیون گلومرولی کلیوی را کاهش دهد و افزایش محتوای کراتینین سرم ممکن است ناشی از اختلال دفع کلیه باشد، زیرا کلیه به سرعت کراتینین را در پرندگان دفع می‌کند (Liang et al., 2015).

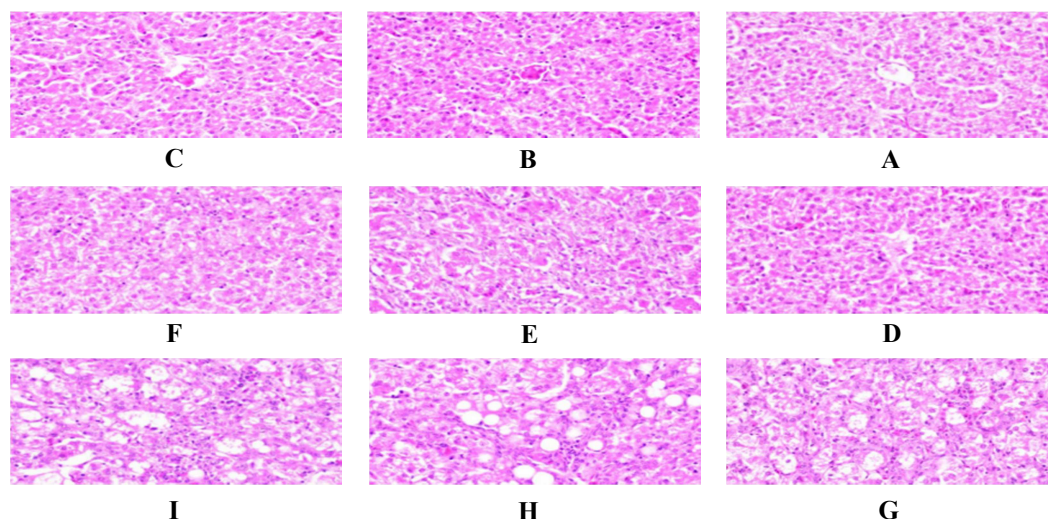
نتایج مربوط به بافت‌شناسی کبد با روش رتبه‌بندی "knodell" در جدول (۵) ارائه شده است (Goodman, 2007). در پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطوح ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین، فساد بین لوبولی، نکروز مرکزی و فیبروز بافتی بیش‌تری نسبت به پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد و به‌علاوه التهاب سیاهرگ باب کبدی در پرندگان تغذیه‌شده با تمام جیره‌ها، حتی جیره‌های حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم وجود داشت. به‌طور مثال با توجه به داده‌های جدول، در پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، مجموع نمرات شاخص‌های فساد بین لوبولی، نکروز، فیبروز سلول‌ها و التهاب سیاهرگ باب کبد با نمره ۸/۵ تا ۹/۵، حدود سه تا چهار برابر نمرات مربوط به سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم و حدود دو تا چهار برابر نمرات مربوط به سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین استفاده از جاذب سم در جیره‌های حاوی سم، نتوانست از اثرات منفی سم آفلاتوکسین بر بافت کبد جلوگیری کند.

جدول ۵. اثر سم آفلاتوکسین و جاذب سم در جیره بر میانگین فراسنجه‌های بافت‌شناسی کبد در جوجه‌های گوشتی

جمع میانگین داده‌ها	تیمارهای آزمایشی			
	التهاب سیاهرگ باب کبدی	فساد بافتی (فیبروز)	فساد بین لوبولی و بافت‌مردگی مرکزی (نکروز)	جاذب (میلی‌گرم/کیلوگرم) (کیلوگرم/تن)
۲/۰	۲/۰	۰/۰	۰/۰	صفر
۳/۰	۳/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵
۳/۰	۳/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۰
۲/۵	۲/۰	۰/۰	۰/۵	صفر
۵/۰	۳/۰	۱/۰	۱/۰	۰/۵
۵/۰	۳/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۸/۵	۲/۵	۳/۰	۳/۰	صفر
۹/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۰/۵
۹/۵	۳/۰	۳/۰	۳/۵	۱/۰

همان‌طور که در شکل (۲) مشخص است، هپاتیت متوسط تا شدید و التهاب مجاری صفراوی در همه تیمارها وجود دارد. وضعیت و ظاهر بافت‌شناسی نسبتاً مناسبی (بدون در نظر گرفتن پاسخ‌های التهابی) در کبد پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطح صفر سم و سطوح صفر و ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن جاذب و سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و بدون جاذب مشاهده می‌شود، درحالی‌که در کبد پرندگان دریافت‌کننده باقی جیره‌های حاوی سطوح ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین، سطوح مختلف تغییرات وابسته به فساد، مانند وجود سلول‌های واکوئله یا حفره‌دار

که نشان‌دهنده تغییرات چربی و فساد آن است، از دست‌دادن سیتوپلاسم در برخی سلول‌های کبدی به دلیل ذخیره نوعی گلیکوژن، تجزیه و نکروز (مرگ سلولی) به همراه تکثیر فیبروبلاست‌ها و رسوب رشته‌های ریز کلاژن مشاهده شد. به علاوه، در کبد پرندگان تغذیه‌شده با بالاترین سطح سم، یعنی یک میلی‌گرم در کیلوگرم نیز وزیکول‌های میکرو و ماکرولیبید که نشان‌دهنده کبد چرب است دیده شد. همچنین جاذب سم، تأثیر مثبتی در کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین بر تخریب بافت کبد نشان نداد.



شکل ۲. تصاویر بافت‌شناسی کبد جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف سم آفلاتوکسین و جاذب سم با دقت 40X.

A: سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم و صفر کیلوگرم در تن جاذب، B: سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، C: سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب، D: سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و صفر کیلوگرم در تن جاذب، E: سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، F: سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب، G: سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و صفر کیلوگرم در تن جاذب، H: سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب، I: سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب.

براساس نتیجه این آزمایش، در تیمارهای حاوی سطح ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین، میانگین فساد بین لوبولی و بافت‌مردگی مرکزی (نکروز) و فیبروز بافتی بیش‌تر از تیمارهای حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین با افزایش سطوح سم در جیره‌ها، در سلول‌های بافت کبد تغییرات چربی و نشانه‌های کبد چرب، تجزیه، نکروز و ضایعات سلولی، تکثیر فیبروبلاست‌ها و از دست‌دادن سیتوپلاسم سلولی مشاهده شد، درحالی‌که استفاده از سطوح مختلف جاذب سم نتوانست اثرات منفی سم آفلاتوکسین را خنثی کند که مشابه نتایج این پژوهش، در پژوهش‌های دیگر دیده شد (پارسافر و همکاران، ۱۳۹۸؛ Rashidi *et al.*, 2020; Sridhar *et al.*, 2015; Zabiulla *et al.*, 2021). به‌صورت کلی از نظر میکروسکوپی، در سلول‌های کبد پرندگان که در معرض خوراک آلوده به آفلاتوکسین قرار می‌گیرند فساد حفره‌مانند، کیست‌های بزرگ چربی فاسد شده، تحلیل بالونی، تراکم و فیبروز مشاهده شده است، همچنین سلول‌های کبدی تغییر یافته، با هم ترکیب می‌شوند و کیست‌های چربی تشکیل می‌دهند و ساختار کبد را به‌طور کامل تغییر می‌دهند (Sridhar *et al.*, 2015). در پژوهش دیگری بررسی تصاویر میکروسکوپی بافت‌شناسی کبد نشان داد که در جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین، تجمع چربی در کبد جوجه‌ها افزایش یافت و به‌دنبال آن یکنواختی سیتوپلاسم سلول‌های کبد به حاشیه رفتن هسته سلول و نکروز هپاتوسیت‌ها رخ داد (پارسافر و همکاران، ۱۳۹۸).

هم‌چنین در پژوهش حاضر، التهاب سیاهرگ باب کبدی در همه تیمارها حتی تیمارهای حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین مشاهده شد که به‌نظر می‌رسد مشاهده التهاب سیاهرگ باب کبد در تیمارهای بدون سم آفلاتوکسین به‌دلیل فشار متابولیکی ناشی از سرعت رشد بالای جوجه گوشتی اصلاح ژنتیکی شده باشد. بررسی شده است که انبساط و گشادشدن شریان‌ها به‌دلیل افزایش جریان خون به بافت می‌تواند باعث تراکم سلول‌های کبدی شود. متابولیسم آهسته کبد منجر به تجمع محصولات متابولیک در کبد می‌شود و همین مسأله باعث تورم و بزرگ‌شدن سلول‌های کبدی می‌شود. ممکن است فساد حفره‌مانند سلول‌های کبدی به‌دلیل اختلال در انتقال چربی باشد و هایپریپلازی مشاهده شده در مجرای صفراوی، می‌تواند به‌دلیل اثر مستقیم آفلاتوکسین بر سلول‌های اپیتلیال صفراوی و یا تولید بیش‌ازحد پروستاگلاندین‌ها باشد (Zabiulla et al., 2021).

به‌صورت کلی در سایر پژوهش‌ها لیپیدوز، نکروز، فیبروز، اشکال غیرهمسان سلول‌های کبدی و هایپریپلازی صفراوی به‌عنوان نشانه‌های میکروسکوپی مسمومیت مزمن با آفلاتوکسین گزارش شده است (پارسافر و همکاران، ۱۳۹۸). ظاهراً جاذب سم دلتاباند، تأثیر مثبتی در کاهش اثرات منفی سم آفلاتوکسین بر تخریب بافت کبد ندارد، با توجه به این نتایج به‌نظر می‌رسد که میزان تخریب بافت کبد در سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم با سطوح مختلف جاذب به اندازه‌ای نبوده است که بر میانگین وزن زنده نهایی تأثیر معنی‌دار بگذارد، لذا همان‌طور که در نتایج صفات عملکرد رشد ذکر شد، میانگین وزن زنده نهایی پرندگان دریافت‌کننده جیره حاوی سطح ۰/۵ سم و یک جاذب با تیمارهای بدون سم و حاوی سطح ۰/۵ و یک جاذب، اختلاف معنی‌داری نداشت.

۵. نتیجه‌گیری

به‌صورت کلی با توجه به اثرات مثبت جاذب سم "دلتاباند" در کاهش اثرات منفی سم آفلاتوکسین، به‌نظر می‌رسد که افزودن جاذب سم چندجزئی به میزان یک کیلوگرم در تن به جیره‌های حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B₁ می‌تواند باعث بهبود صفات عملکرد تولیدی مانند میانگین خوراک مصرفی روزانه، میانگین افزایش وزن روزانه و وزن زنده نهایی در جوجه‌های گوشتی شود.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- پارسافر، مولود؛ محیطی اصلی، مازیار و فرزانه، محسن (۱۳۹۸). آثار جاذب‌های مختلف بر عملکرد و فراسنجه‌های کبدی جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین. *علوم دامی/ایران*، ۵۰ (۴)، ۳۳۹-۳۲۹. doi: 10.22059/ijas.2020.273823.653680
- لیسن، استیون و سامرز، جان دی. (۱۳۹۳). *تغذیه طیور*. جلد دوم. ترجمه محمود شیوازاد و علیرضا صیداوی. تهران: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- محسنی سلطانی، دانیال؛ آقاشاهی، علی‌رضا؛ اقدم شهریار، حبیب؛ ابراهیم نژاد، یحیی و حسینی، سید عبدالله (۱۴۰۰). اثرات افزودن توکسین بایندرها و پری‌بیوتیک، بر عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین B₁. *تولیدات دامی*، ۲۳ (۳)، ۴۰۹-۴۲۰. doi: 10.22059/jap.2021.314509.623577

References

- Alharthi, A. S., *et al.* (2022). Protective Effect of Date Pits on Growth Performance, Carcass Traits, Blood Indices, Intestinal Morphology, Nutrient Digestibility, and Hepatic Aflatoxin Residues of Aflatoxin B1-Exposed Broilers. *Agriculture*, 12(4), 476.
- Basmacioglu, H., *et al.* (2005). Effect of dietary esterified glucomannan on performance, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to aflatoxin. *Czech Journal of Animal Science*, 50(1), 31-39.
- Chen, X., *et al.* (2014). Efficiency of hydrated sodium calcium aluminosilicate to ameliorate the adverse effects of graded levels of aflatoxin B1 in broiler chicks. *Poultry science*, 93(8), 2037-2047.
- Denli, M., & Okan, F. (2006). Efficacy of different adsorbents in reducing the toxic effects of aflatoxin B1 in broiler diets. *South African Journal of Animal Science*, 36(4), 222-228.
- Fouad, A. M., *et al.* (2019). Harmful effects and control strategies of aflatoxin b1 produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* strains on poultry. *Toxins*, 11(3), 176.
- Goodman, Z. D. (2007). Grading and staging systems for inflammation and fibrosis in chronic liver diseases. *Journal of hepatology*, 47(4), 598-607.
- Iqbal, S. Z., *et al.* (2016). A limited survey of aflatoxins and zearalenone in feed and feed ingredients from Pakistan. *Journal of food protection*, 79(10), 1798-1801.
- Leeson, S., & Summers, J. D. (2014). *Poultry Nutrition* (M. Shivazad & A. Saidavi, Trans.; Vol. II). University of Tehran Publishing Institute. (In Persian).
- Liang, N., *et al.* (2015). Effect of sodium selenite on pathological changes and renal functions in broilers fed a diet containing aflatoxin B1. *International journal of environmental research and public health*, 12(9), 11196-11208.
- Liu, N., *et al.* (2018). Effects of lactic acid bacteria and smectite after aflatoxin B1 challenge on the growth performance, nutrient digestibility and blood parameters of broilers. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(4), 953-961.
- Magnoli, A. P., *et al.* (2017). Use of yeast (*Pichia kudriavzevii*) as a novel feed additive to ameliorate the effects of aflatoxin B1 on broiler chicken performance. *Mycotoxin research*, 33(4), 273-283.
- Mohsenisoltani, D., *et al.* (2021). The effects of toxin binders and prebiotics on performance, intestine microbial population, stress and antioxidant indexes of broiler chicks fed with diets contaminated with aflatoxin B1. *Animal Production*, 23(3), 409-420. (In Persian)
- Nazarizadeh, H., & Pourreza, J. (2019). Evaluation of three mycotoxin binders to prevent the adverse effects of aflatoxin B1 in growing broilers. *Journal of Applied Animal Research*.
- Parsafar, M., *et al.* (2019). Effects of different adsorbents on the performance and liver parameters of broilers fed diets contaminated with aflatoxin. *Iranian Journal of Animal Science (IJAS)*, 50(4). (In Persian)
- Pickova, D., *et al.* (2021). Aflatoxins: History, significant milestones, recent data on their toxicity and ways to mitigation. *Toxins*, 13(6), 399.
- Rajput, S. A., *et al.* (2017). Ameliorative effects of grape seed proanthocyanidin extract on growth performance, immune function, antioxidant capacity, biochemical constituents, liver histopathology and aflatoxin residues in broilers exposed to aflatoxin B1. *Toxins*, 9(11), 371.
- Rashidi, N., *et al.* (2020). Effects of licorice extract, probiotic, toxin binder and poultry litter biochar on performance, immune function, blood indices and liver histopathology of broilers exposed to aflatoxin-B1. *Poultry science*, 99(11), 5896-5906.
- Shotwell, O. L., *et al.* (1966). Production of aflatoxin on rice. *Applied microbiology*, 14(3), 425-428.
- Solis-Cruz, B., *et al.* (2019). Evaluation of cellulosic polymers and curcumin to reduce aflatoxin B1 toxic effects on performance, biochemical, and immunological parameters of broiler chickens. *Toxins*, 11(2), 121.

- Sridhar, M., *et al.* (2015). Effect of dietary resveratrol in ameliorating aflatoxin B1-induced changes in broiler birds. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 99(6), 1094-1104.
- Tamilmani, T., *et al.* (2021). Performance, immune response and blood biochemical traits of broiler chickens fed graded levels of dietary aflatoxin and ochratoxin combination. *Indian Journal of Animal Research*, 55(6), 704-709.
- Tavangar, P., *et al.* (2021). Efficacy of phytobiotic and toxin binder feed additives individually or in combination on the growth performance, blood biochemical parameters, intestinal morphology, and microbial population in broiler chickens exposed to aflatoxin B1. *Tropical Animal Health and Production*, 53(3), 335.
- Zabiulla, I., *et al.* (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.