Vol 26, No. 3, Autumn 2024

University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

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

The effect of a multi-component toxin binder in aflatoxin B_1-contaminated diets on growth performance in different raising periods, carcass traits and immune parameters of broilers

Yasmine Bahri[1] | **Hossein Moravej**[2]✉

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 22 January 2024
Received in revised form
22 August 2024
Accepted 24 August 2024
Published online 30 September 2024

Keywords:
Aflatoxin B_1
Broilers
Carcass traits
Immune parameters
Toxin Binders

ABSTRACT

Introduction: Aflatoxin B_1 is the most dangerous form of aflatoxins that could be produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* molds. Contamination of feedstuffs with aflatoxins is problematic during the manufacturing, processing, storage, and transportation stages, and it has adverse effects on the health and productivity of poultry and human health. By using inorganic and organic toxin binders in poultry feed, aflatoxins are not allowed to be absorbed through the animal's digestive system, and it is considered a good solution to reduce their negative effects.

Materials and Methods: In this research, the effects of adding a multi-component toxin binder to diets containing aflatoxin B_1 were investigated on growth performance, carcass traits, and immune parameters of broilers, by using 180 one-day-old male broilers (Ross 308) in a 3×3 factorial arrangement in a completely randomized design with three levels of toxin binder (0.0, 0.5, and 1.0 kg/ton) and three levels of aflatoxin B_1 (0.0, 0.5, and 1.0 mg/kg) in nine treatments, four replications, and five chickens in each replicate.

Results and Discussion: The results showed that the using of 1.0 kg/ton of toxin binder significantly reduced the negative effects of 0.5 mg/kg of aflatoxin B_1 on the average daily feed intake and weight gain in the finisher and entire production periods and the final live weight in whole production period ($P<0.05$). The regression equations ($Y= -25.033x+ 65.734$) with ($R^2= 0.97$), ($Y= -23.961x+ 64.844$) with ($R^2= 0.91$), and ($Y= -15.133x+ 64.319$) with ($R^2= 0.75$) were obtained to predict the average daily weight gain of birds fed with treatments containing 0.0, 0.5, and 1.0 kg/ton of "Delta bond®" toxin binder and different levels of aflatoxin B_1, respectively. Feeding chickens with diets containing aflatoxin B_1 significantly increased liver and spleen weights ($P<0.05$). All treatments containing 1.0 mg/kg of aflatoxin B_1 and treatments containing 0.5 mg/kg of aflatoxin B_1 and 0.0 and 0.5 kg/ton of toxin binder showed a significant decrease in the bursa of Fabricius weight compared to the other treatments ($P<0.05$). In addition, the treatment containing 1.0 mg/kg of aflatoxin B_1 without a toxin binder increased heart weight compared to the other treatments ($P<0.05$). In the case of immune parameters, the amount of heterophils and the ratio of heterophils to lymphocytes were significantly increased and the number of lymphocytes was significantly decreased as the aflatoxin B_1 level increased ($P<0.05$). Furthermore, there were no significant effects for the main and interaction of aflatoxin B_1 and the toxin binder for the Newcastle antibody titer.

Conclusion: Based on the results, the addition of 1.0 kg/ton of a multi-component toxin binder to diets containing 0.5 mg/kg aflatoxin B_1 can improve the average daily feed intake and weight gain in the finisher and entire production periods, final live weight, and bursa of Fabricius weight of broilers.

Cite this article: Bahri, Y., & Moravej, H. (2024). The effect of a multi-component toxin binder in aflatoxin B1-contaminated diets on growth performance in different raising periods, carcass traits and immune parameters of broilers. *Journal of Animal Production*, 26 (3), 355-373. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.371489.623777

© The Author(s).
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.371489.623777

دوره بیست و ششم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

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

اثر جاذب سم چندجزئی در جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین B_1 بر عملکرد رشد در دوره‌های مختلف پرورش، صفات لاشه و فراسنجه‌های ایمنی جوجه‌های 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

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

کلیدواژه‌ها:

آفلاتوکسین B_1

جاذب سم

جوجه‌های گوشتی

صفات لاشه

فراسنجه‌های ایمنی

چکیده

اثرات افزودن جاذب سم چند جزئی به جیره‌های حاوی سم آفلاتوکسین B_1 بر عملکرد رشد، صفات لاشه و فراسنجه‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی با استفاده از ۱۸۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه تجاری راس ۳۰۸، در نه تیمار، چهار تکرار و پنج قطعه جوجه در هر تکرار و با سه سطح جاذب سم (صفر، ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن) و سه سطح آفلاتوکسین B_1 (صفر، ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌مدت ۴۲ روز بررسی شد. نتایج نشان دادند که استفاده از سطح یک کیلوگرم در تن جاذب سم، تنها در سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 توانست تأثیر معنی‌داری بر کاهش اثرات منفی سم بر صفات عملکرد تولیدی مانند میانگین خوراک مصرفی روزانه و میانگین افزایش وزن روزانه در دوره پایانی و کل دوره پرورش، وزن زنده در کل دوره پرورش و وزن بورس فابرسیوس داشته باشد ($P<۰/۰۵$). با افزایش سطوح سم آفلاتوکسین B_1 در جیره، وزن نسبی کبد، طحال، تعداد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت افزایش یافتند ($P<۰/۰۵$). براساس نتایج حاصل، افزودن جاذب سم چندجزئی به میزان یک کیلوگرم در تن به جیره‌های حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 می‌تواند باعث بهبود صفات عملکرد رشد در دوره پایانی و کل دوره پرورش و وزن بورس فابرسیوس جوجه‌های گوشتی شود. برای پیش‌بینی میانگین افزایش وزن روزانه در کل دوره پرورش در جیره‌های حاوی سطح یک کیلوگرم در تن جاذب سم و سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 می‌توان از معادله تابعیت ($Y= -15.133x + 64.319$) با ($R^2=۰/۷۵$) استفاده نمود.

استناد: بحری، یاسمین و مروج، حسین (۱۴۰۳). اثر جاذب سم چندجزئی در جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین B1 بر عملکرد رشد در دوره‌های مختلف پرورش، صفات لاشه و فراسنجه‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۶ (۳)، ۳۵۵-۳۷۳.

DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.371489.623777

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

صنعت پرورش طیور یکی از موفق و پرسودترین بخش‌های کشاورزی در نقاط مختلف جهان است، زیرا گوشت طیور در مقایسه با گوشت گاو و گوسفند، با توجه به الگوی اسیدهای چرب موجود در چربی آن، برای مصرف انسان سالم‌تر و ارزان‌تر است و طول دوره پرورش طیور نیز کوتاه‌تر است. چنین مزایایی همراه با افزایش جمعیت انسانی، افزایش درآمد و شهرنشینی، نیاز به محصولات طیور را در سراسر جهان افزایش داده است. مایکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه سمی هستند که توسط قارچ‌های رشته‌ای خاصی تولید می‌شوند. این ترکیبات سمی در غذای انسان و خوراک حیوانات وجود دارند و باعث ایجاد واکنش‌های مسمومیت در انسان و حیوان می‌شوند. بیش از ۲۵ درصد از محصولات غذایی جهان به مایکوتوکسین‌ها آلوده هستند. در میان مایکوتوکسین‌های مختلف، آفلاتوکسین‌ها که معمولاً در خوراک رایج طیور وجود دارند، برای طیور بسیار سمی محسوب می‌شوند و هم‌چنین می‌توانند با تأثیرگذاری بر سلامت انسان و رفاه و بهره‌وری حیوانات، باعث زیان‌های اقتصادی قابل‌توجهی شوند (Umaya *et al*., 2021).

آفلاتوکسین‌ها توسط جنس *آسپرژیلوس* قارچ‌ها و به‌طورعمده توسط *آسپرژیلوس پارازیتیکوس*، *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس نومیوس* تولید می‌شوند. حدود ۱۸ نوع مختلف آفلاتوکسین در طبیعت وجود دارند و در میان آن‌ها، آفلاتوکسین B_1، آفلاتوکسین B_2، آفلاتوکسین G_1 و آفلاتوکسین G_2 برای انسان و حیوانات بسیار سمی هستند. حداکثر مقدار مجاز کل آفلاتوکسین‌ها در خوراک طیور، ۲۰ میکروگرم در کیلوگرم است (Iqbal *et al*., 2016) و به‌دلیل تأثیرات مضر آفلاتوکسین B_1 بر سلامت انسان، اتحادیه اروپا میزان مجاز آفلاتوکسین B_1 موجود در غذای انسان را به دو میکروگرم در کیلوگرم محدود کرده است (Fouad *et al*., 2019). آلودگی مواد خوراکی به آفلاتوکسین‌ها، در طی مراحل ساخت، فرآوری، ذخیره‌سازی و حمل و نقل، مشکل‌ساز است. با این‌حال، آلودگی مواد غذایی و خوراک با مایکوتوکسین‌ها، اجتناب‌ناپذیر است و اکثر روش‌های معرفی‌شده برای مقابله با مایکوتوکسین‌ها، آلودگی به‌وجودآمده در مواد خوراکی را کاهش نمی‌دهند و فقط از افزایش آلودگی جلوگیری می‌کنند. یکی از راه‌کارهای مبارزه با مایکوتوکسین‌ها، کنترل روش‌های نگهداری و مدیریتی کشاورزی قبل و بعد از برداشت مواد خوراکی است که می‌توان به مواردی چون انتخاب بذر مناسب، کاشت گونه‌های مقاوم‌تر غلات به آلودگی، کنترل علف‌های هرز، استفاده از آفت‌کش‌ها، بررسی کیفیت دانه و انبار نگهداری (دما، اکسیژن، رطوبت، وجود حشرات)، عاری‌بودن کامیون‌های جمع‌آوری و انتقال غلات از قارچ‌های قابل ملاحظه اشاره کرد (Alvarado *et al*., 2017).

یکی دیگر از راه‌کارهای مبارزه با مایکوتوکسین‌ها، رفع آلودگی در خوراک‌های آلوده‌شده به مایکوتوکسین‌ها با استفاده از جاذب‌های سم است. مواد جاذب در خوراک، به‌صورت انتخابی به مایکوتوکسین‌ها متصل می‌شوند و اجازه جذب آن‌ها را در طی عبور از دستگاه گوارش حیوان نمی‌دهند. منشأ جاذب‌های سم می‌تواند معدنی (مانند خاک رس) و یا آلی (با منشأ میکروبی) باشد. از جاذب‌های سم معدنی می‌توان به هیدرات سدیم کلسیم آلومینوسیلیکات، بنتونیت، زئولیت و کلینوپتیلولیت و از جاذب‌های سم آلی می‌توان به هیومیک‌اسید، مخمرها، عصاره مخمر و باکتری‌های مولد اسید لاکتیک اشاره کرد (Alvarado *et al*., 2017). مطالعات درون‌تنی نشان داده‌اند که اکثر جاذب‌های معدنی به‌عنوان جاذب‌های کارآمد آفلاتوکسین شناخته شده‌اند، اما به‌نظر می‌رسد توانایی بسیار محدودی برای اتصال به سایر مایکوتوکسین‌ها دارند. متاسفانه، جاذب‌های معدنی به‌عنوان جاذب ریزمغذی‌ها نیز شناخته شده‌اند و اثرات منفی بر زیست‌فراهمی ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و مواد معدنی در خوراک دارند. این جاذب‌ها هم‌چنین دارای معایب زیست‌محیطی هستند، در حالی‌که جاذب‌های آلی (مانند دیواره سلولی مخمر) در مقایسه با همتایان معدنی خود، ظرفیت بیش‌تری برای اتصال به طیف گسترده‌تری از مایکوتوکسین‌ها دارند و زیست‌تخریب‌پذیر هستند (Xu *et al*., 2022).

باید به این نکته توجه شود که در طول فرایند ازبین‌بردن سموم خوراک، مایکوتوکسین‌ها باید غیرفعال شوند، هیچ محصول سمی تولید نشود و هیچ‌گونه تغییری در خواص تغذیه‌ای خوراک به‌وجود نیاید. هم‌چنین خواص جاذب‌ها مانند ساختار فیزیکی، اثر بخشی در سطوح مختلف pH دستگاه گوارش (اسیدی و خنثی)، بار کلی و اندازه منافذ در ارزیابی کارایی آن‌ها مهم است. با این‌حال، به‌علت وجود تنوع در ساختارهای شیمیایی مایکوتوکسین‌ها، یافتن یک روش واحد برای ازبین‌بردن مایکوتوکسین‌ها، بسیار دشوار است (Alvarado *et al*., 2017). در حال حاضر، محصولات تجاری متنوعی به‌عنوان جاذب سموم در بازار وجود دارند. هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر جاذب سم چندجزئی دلتا باند® در کاهش اثرات منفی سم آفلاتوکسین B_1 بر عملکرد رشد، صفات لاشه و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی بود.

۲. پیشینه پژوهش

نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که آلودگی تجربی جیره جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸، با سطح ۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 باعث کاهش افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی روزانه، شاخص کارایی تولید و افزایش ضریب تبدیل غذایی (Alharthi *et al*., 2022b) و استفاده از سطح دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 در جوجه‌های کاب، باعث کاهش در افزایش وزن بدن، وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک شد اما تفاوتی از لحاظ میزان خوراک مصرفی، بین تیمارهای حاوی سم و شاهد دیده نشد (Solis-Cruz *et al*., 2019). در رابطه با اثرات سم آفلاتوکسین بر صفات لاشه، آلودگی جیره در سطوح ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۲۵۰ و ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، باعث کاهش وزن سینه شده است، اما هیچ تغییری در وزن ران کامل و بغل ران گزارش نشده است (Alharthi *et al*., 2022a; Alharthi *et al*., 2022b; Makki *et al*., 2013; Rashidi *et al*., 2020). با استفاده از آفلاتوکسین B_1 در مقادیر ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم و دو و چهار میلی‌گرم در کیلوگرم، وزن قلب نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Nazarizadeh & Pourreza, 2019; Zabiulla *et al*., 2021)، درحالی‌که در مطالعات دیگر، آلودگی جیره با سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم و سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، تغییراتی را در وزن نسبی قلب به‌وجود نیاوردند (Makki *et al*., 2013; Sridhar *et al*., 2015).

براساس نتایج سایر مطالعات، وزن کبد با افزودن سطوح ۰/۲۵، ۰/۳، یک، دو و چهار میلی‌گرم در کیلوگرم و ۲۵۰ و ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، افزایش نشان داده است (پارسافر و همکاران، ۱۳۹۸؛ Alharthi *et al*., 2022a; Alharthi *et al*., 2022b; Fouad *et al*., 2019; Makki *et al*., 2013; Nazarizadeh & Pourreza, 2019; Solis-Cruz *et al*., 2019; Verma *et al*., 2004)، در حالی‌که افزودن سطح ۱۰۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، نتوانست تغییری در وزن کبد ایجاد کند (Magnoli *et al*., 2017).

نتایج تعدادی از پژوهش‌ها نشان دادند که افزودن سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم و دو و ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 به جیره، باعث کاهش وزن بورس فابرسیوس پرندگان گوشتی شد (Chen *et al*., 2014; Makki *et al*., 2013; Verma *et al*., 2004)، در حالی‌که در مطالعه دیگری، با استفاده از سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، وزن بورس فابرسیوس نسبت به تیمار شاهد، افزایش معنی‌داری نشان داد (Galarza-Seeber *et al*., 2016) و در پژوهش دیگری، وزن بورس فابرسیوس با افزودن ۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 به جیره پرندگان، تغییری به‌همراه نداشت (Alharthi *et al*., 2022b). با افزودن ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم و دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، افزایش وزن طحال مشاهده شد (Solis-Cruz *et al*., 2019; Zabiulla *et al*., 2021)، در حالی‌که در پژوهش‌های دیگر، با

افزودن سطوح ۰/۲۵، ۰/۵، یک و دو میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 و ۲۵۰ و ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 به جیره جوجه‌های گوشتی، تفاوتی از نظر وزن طحال مشاهده نشد (Alharthi *et al*., 2022b; Makki *et al*., 2013; Verma *et al*., 2004).

مقادیر هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های آلوده به سطوح ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1، افزایش نشان دادند (محسنی سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Galarza-Seeber *et al*., 2016; Rashidi *et al*., 2020). نتایج مطالعات دیگر نشان دادند که با استفاده از سم آفلاتوکسین B_1 در مقادیر ۰/۵، یک، ۱/۵، دو و چهار میلی‌گرم در کیلوگرم و استفاده از سم آفلاتوکسین در سطح دو میلی‌گرم در کیلوگرم، در میزان لنفوسیت سرم خون کاهش مشاهده شد (محسنی سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Basmacioglu *et al*., 2005; Galarza-Seeber *et al*., 2016; Nazarizadeh & Pourreza, 2019; Rashidi *et al*., 2020). هم‌چنین در مطالعه‌ای، با افزودن دو میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1، کاهش معنی‌داری در مقادیر تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل نسبت به تیمار شاهد دیده شد (Solis-Cruz *et al*., 2019)، در حالی‌که در پژوهش دیگری، اضافه کردن ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 به جیره پرندگان، تغییری در میزان تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل به‌وجود نیاورد (Rashidi *et al*., 2020).

همان‌گونه که در مقدمه به آن اشاره شد، برای مقابله با اثرات منفی آفلاتوکسین‌ها، روش‌های متنوعی وجود دارد که یکی از آن‌ها استفاده از مواد جاذب سم است. این مواد جاذب بسته به عوامل مختلف، نتایج متفاوتی در جذب سم آفلاتوکسین و یا جلوگیری از اثرات منفی آفلاتوکسین بر شاخص‌های عملکرد رشد، صفات لاشه یا سیستم ایمنی نشان می‌دهند. به‌طور مثال، زمانی‌که در خوراک جوجه‌های گوشتی، آفلاتوکسین B_1 وجود داشت، استفاده از خاک رس بنتونیت باعث کاهش باقیمانده آفلاتوکسین B_1 در کبد پرندگان به میزان ۸۷–۴۱ درصد شد و یا استفاده از *لاکتوباسیلوس کازئی* باعث کاهش جذب آفلاتوکسین در مجاری روده مدل موش شد (Liu *et al*., 2022). هم‌چنین در پژوهش دیگری، استفاده از جاذب سم بنتونیت و زئولیت در سطح ۰/۴ درصد جیره نسبت به تیمار حاوی سطح ۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، باعث افزایش شاخص اضافه وزن روزانه و فاکتور بازدهی تولید و کاهش ضریب تبدیل خوراک در طول دوره پایانی و کل دوره پرورش شد و توانست مانع از افزایش وزن کبد شود (Alharthi *et al*., 2022b).

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳. ۱. تهیه محیط کشت برای تولید سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم

محیط کشت برای تولید سم آفلاتوکسین B_1، از آزمایشگاه گروه پرورش و تولید طیور دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهیه و به‌روش زیر تولید شد. قارچ *آسپرژیلوس فلاووس*، سویه (NRRL-2999) در محیطی که حاوی درصدهای مختلفی از سیب‌زمینی، دکستروز و آگار بود، به‌مدت هفت تا ۲۱ روز در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شد. سپس کلیه محتویات به‌دست‌آمده برای تولید آفلاتوکسین B_1 به محیط حاوی سبوس برنج منتقل و در نهایت برای سنجش محتوای آفلاتوکسین B_1 در سبوس برنج از روش کروماتوگرافی بر روی صفحات لایه نازک استفاده شد (Shotwell *et al*., 1966). هر یک کیلوگرم محیط کشت تهیه شده، حاوی ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 بود که برای ساخت جیره تیمارهای مختلف آلوده به سم، از مقادیر متفاوت محیط کشت استفاده شد. جاذب سم "دلتا باند®" نیز 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.

۳. ۲. مدیریت پرورش

در مطالعه حاضر، از ۱۸۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه تجاری راس ۳۰۸ با میانگین وزنی ۴۰ گرم، در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۳ با سه سطح آفلاتوکسین B_1 (صفر، ۰/۵ و یک میلی‌گرم در کیلوگرم) و سه سطح جاذب سم (صفر، ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن) در قالب طرح کاملاً تصادفی با نه تیمار، چهار تکرار و پنج قطعه جوجه در هر تکرار از سن یک تا ۴۲ روزگی استفاده شد. جیره‌های غذایی براساس احتیاجات مواد مغذی توصیه شده توسط راهنمای پرورش جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ (Aviagen, 2014) در قالب سه دوره آغازین (سن یک تا ۱۰ روزگی)، رشد (سن ۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (سن ۲۵ تا ۴۲ روزگی) تنظیم شدند. با توجه به محیط کشت سبوس برنج برای تولید سم آفلاتوکسین B_1 و سطوح مختلف جاذب‌های سم، میزان ۵/۱ درصد سبوس برنج در جیره شاهد استفاده شد که در جیره تیمارهای دیگر، این سطح بسته به میزان جایگزینی سم و جاذب تغییر یافت (جدول ۱) و مشخصات جیره مربوط به تیمار شاهد در جدول (۲) نشان داده شده است. در سه روز اول دوره آزمایش، مدت روشنایی ۲۴ ساعت و پس از آن ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت خاموشی تا پایان دوره در نظر گرفته شد. پرندگان بر روی بسترهایی با مساحت یک مترمربع پرورش داده شدند و در طول دوره پرورش، آزادانه به آب و خوراک دسترسی داشتند.

جدول ۱. نحوه جایگزینی محیط کشت و جاذب سم به جای سبوس برنج در تیمارهای مختلف

تیمار سم آفلاتوکسین B_1 × جاذب سم (میلی‌گرم/کیلوگرم) (کیلوگرم/تن)		سبوس برنج (درصد)	محیط کشت سم (درصد)	جاذب سم (درصد)	جمع
صفر	صفر	۵/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۱۰
صفر	۰/۵	۵/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۵	۵/۱۰
صفر	۱/۰	۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۰	۵/۱۰
۰/۵	صفر	۲/۶۰	۲/۵۰	۰/۰۰	۵/۱۰
۰/۵	۰/۵	۲/۵۵	۲/۵۰	۰/۰۵	۵/۱۰
۰/۵	۱/۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۰/۱۰	۵/۱۰
۱/۰	صفر	۰/۱۰	۵/۰۰	۰/۰۰	۵/۱۰
۱/۰	۰/۵	۰/۰۵	۵/۰۰	۰/۰۵	۵/۱۰
۱/۰	۱/۰	۰/۰۰	۵/۰۰	۰/۱۰	۵/۱۰

۳. ۳. ارزیابی عملکرد، صفات لاشه و فراسنجه‌های سیستم ایمنی

عملکرد پرندگان در پایان هر دوره پرورش (سنین ۱۰، ۲۴ و ۴۲ روزگی)، براساس میانگین خوراک مصرفی روزانه، میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین ضریب تبدیل خوراک 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 محاسبه شدند (بحری و مروج، ۱۴۰۲).

در انتهای دوره پرورش (سن ۴۲ روزگی) از هر تکرار، یک پرنده با رعایت وزنی حدود میانگین وزن همان تکرار انتخاب و پس از نصب پلاک بر روی پای پرنده، برای کشتار به کشتارگاه ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی دانشگاه تهران منتقل و پس از کشتار و پرکنی، تفکیک لاشه انجام شد. سینه، ران کامل، کبد، طحال، بورس فابرسیوس و قلب به‌صورت مجزا وزن شدند تا اثر تیمارهای آزمایشی بر روی آن‌ها مشخص شود و وزن نسبی بخش‌های تفکیک‌شده مانند سینه و ران کامل نسبت به وزن لاشه و کبد، طحال، بورس فابرسیوس و قلب نسبت به وزن زنده نیز

موردمحاسبه قرار گرفت. در هنگام کشتار، فراسنجه‌های وزن سینه و ران کامل، با ترازوی با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم و وزن کبد، طحال، بورس فابرسیوس و قلب، بالافاصله بعد از کشتار با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

در انتهای دوره آزمایش (سن ۴۲ روزگی)، یک قطعه پرنده با رعایت وزنی معادل میانگین وزن همان تکرار انتخاب و ۰/۵ میلی‌لیتر خون از ورید بال هر پرنده گرفته و با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت (آرناپات، تهران، ایران)، شاخص‌های سیستم ایمنی مانند تعداد هتروفیل و لنفوسیت، نسبت هتروفیل به لنفوسیت و تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره شاهد (بدون سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم)

اجزای تشکیل‌دهنده / دوره (درصد)	دوره آغازین (سن یک تا ۱۰ روزگی)	دوره رشد (سن ۱۱ تا ۲۴ روزگی)	دوره پایانی (سن ۲۵ تا ۴۲ روزگی)
دانه ذرت	۴۷/۲۰	۵۰/۴۶	۶۰/۰۱
کنجاله سویا	۳۹/۶۹	۳۵/۹۸	۲۸/۵۹
سبوس برنج [1]	۵/۱۰	۵/۱۰	۵/۱۰
روغن	۳/۷۹	۴/۶۲	۲/۸۷
دی کلسیم فسفات	۱/۸۴	۱/۶۴	۱/۳۸
کربنات کلسیم	۰/۹۶	۰/۸۹	۰/۸۱
مکمل ویتامینی و مواد معدنی [2]	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
دی ال- متیونین	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۳
ال- لیزین هیدروکلرید	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۵
ال- ترئونین	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۵
نمک طعام	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۱
ترکیب مواد مغذی جیره (محاسبه‌شده)			
انرژی قابل سوخت‌وساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۲۸۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰
پروتئین خام (درصد)	۲۱/۴۷	۲۰/۱۱	۱۷/۶۷
کلسیم (درصد)	۰/۹۰	۰/۸۱	۰/۷۱
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۳۵
سدیم (درصد)	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
کلر (درصد)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
لیزین (درصد)	۱/۳۴	۱/۲۱	۱/۰۴
متیونین (درصد)	۰/۶۶	۰/۵۹	۰/۵۲
متیونین + سیستین (درصد)	۱/۰۱	۰/۹۳	۰/۸۲
آرژنین (درصد)	۱/۵۳	۱/۴۱	۱/۲۰
ترئونین (درصد)	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۷۱
تریپتوفان (درصد)	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۱

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

۲. هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی و مواد معدنی تأمین‌کننده ۹۰۰۰۰۰۰ 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، ۰/۰۱۵ 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 بود.

۳. ۴. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری (Minitab، نسخه ۱۸) برای مدل (۱) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند (Minitab LLC, 2020).

رابطهٔ ۱) $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$

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× جاذب سم و e_{ijk}، اثر خطای آزمایش است. هم‌چنین برای پیش‌بینی اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین و جاذب سم دلتا باند® بر شاخص میانگین افزایش وزن روزانه، معادلات تابعیت برازش شد.

۴. یافته‌های پژوهش و بحث

اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد در جدول (۳) ارائه شده است. درصد تلفات مرتبط با تیمارهای آزمایشی نیز در پژوهش بحری و مروج (۱۴۰۲) ارائه شده است. در دوره آغازین، اثرات متقابل سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم بر میانگین خوراک مصرفی روزانه و میانگین ضریب تبدیل خوراک، معنی‌دار بود به‌گونه‌ای که پرندگان دریافت‌کننده تیمار بدون سم آفلاتوکسین B_1 و بدون جاذب سم نسبت به سایر تیمارها، مصرف خوراک روزانه کم‌تری داشتند (P<۰/۰۵) و تنها با تیمارهای حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 و بدون جاذب و یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب تفاوتی نشان ندادند. به‌علاوه ضریب تبدیل خوراک در پرندگان تغذیه‌شده با جیره بدون سم آفلاتوکسین B_1 و بدون جاذب، کم‌تر از سایر پرندگان بود (P<۰/۰۵). تنها اثر اصلی سم آفلاتوکسین B_1 بر میانگین افزایش وزن روزانه، معنی‌دار بود به نحوی‌که تیمارهای بدون سم آفلاتوکسین B_1 افزایش وزن روزانه بیش‌تری نسبت به سایر سطوح سم آفلاتوکسین B_1 از خود نشان دادند (P<۰/۰۵).

در دوره رشد، اثرات متقابل سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم بر میانگین خوراک مصرفی روزانه و افزایش وزن روزانه، معنی‌دار بودند به نحوی که جوجه‌های دریافت‌کننده تیمارهای بدون سم و حاوی سطوح صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، مصرف خوراک روزانه بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها داشتند (P<۰/۰۵) و تیمارهای حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و حاوی سطوح صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، مصرف خوراک روزانه کم‌تری نسبت به بقیه تیمارها از خود نشان دادند (P<۰/۰۵).

پرندگان دریافت‌کننده تیمارهای بدون سم و حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 و ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن جاذب سم، افزایش وزن روزانه بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها داشتند (P<۰/۰۵). هم‌چنین کم‌ترین میانگین افزایش وزن روزانه مربوط به تیمار حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵کیلوگرم در تن جاذب سم بود که با سایر تیمارهای حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم تفاوتی نداشت. تنها اثر اصلی سم آفلاتوکسین B_1 بر میانگین ضریب تبدیل خوراک معنی‌دار بود، به‌طوری‌که سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، ضریب تبدیل بیش‌تری نسبت به سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم نشان داد (P<۰/۰۵).

در دوره پایانی، اثرات متقابل سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم بر میانگین خوراک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک، معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بالاترین میانگین خوراک مصرفی، متعلق به پرندگان دریافت‌کننده تیمار بدون سم و جاذب سم (تیمار شاهد) بود و از بین تمام تیمارهای حاوی سم آفلاتوکسین B_1، تنها تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب سم، تفاوتی با تیمارهای بدون سم و حاوی سطح ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن ماده جاذب سم، نشان نداد. هم‌چنین پرندگان مصرف‌کننده تیمار حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، خوراک مصرفی روزانه کم‌تری نسبت به بقیه تیمارها داشتند (P<۰/۰۵) و تنها با تیمار حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و بدون جاذب سم، تفاوتی نشان ندادند.

جدول ۳. اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم در جیره بر میانگین عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های آغازین، رشد، پایانی و کل دوره پرورش

عامل / صفت	آغازین			رشد			پایانی			کل دوره			
	خوراک مصرفی روزانه (گرم)	افزایش وزن روزانه (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	خوراک مصرفی روزانه (گرم)	افزایش وزن روزانه (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	خوراک مصرفی روزانه (گرم)	افزایش وزن روزانه (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	خوراک مصرفی روزانه (گرم)	افزایش وزن روزانه (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	وزن زنده نهایی (گرم)
آفلاتوکسین B_1 (میلی‌گرم/ کیلوگرم)													
صفر	۲۴/۱۳	۱۸/۵۴^{a}	۱/۳۱^{b}	۶۷/۵۷^{a}	۵۰/۶۳^{a}	۱/۳۴^{ab}	۱۶۷/۷۱^{a}	۹۸/۳۹^{a}	۱/۷۳^{a}	۹۹/۱۲^{a}	۶۳/۵۳^{a}	۱/۶۰^{a}	۲۷۱۸/۱۵^{a}
۰/۵	۲۳/۹۹	۱۷/۷۱^{b}	۱/۳۸^{a}	۶۱/۱۷^{b}	۴۵/۷۹^{b}	۱/۳۲^{b}	۱۵۲/۲۰^{b}	۸۷/۴۳^{b}	۱/۷۴^{a}	۹۰/۵۱^{b}	۵۷/۱۴^{b}	۱/۵۸^{b}	۲۴۴۱/۵۴^{b}
۱/۰	۲۳/۸۹	۱۷/۰۵^{b}	۱/۴۲^{a}	۴۲/۳۴^{c}	۳۶/۱۲^{c}	۱/۳۷^{a}	۱۱۵/۲۹^{c}	۶۸/۵۵^{c}	۱/۶۷^{b}	۶۸/۰۰^{c}	۴۲/۱۶^{c}	۱/۵۶^{b}	۱۹۰۷/۲۹^{c}
SEM	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۶۲	۰/۶۸	۰/۰۱	۱/۰۲	۰/۹۱	۰/۰۱	۰/۶۳	۰/۵۷	۰/۰۱	۱۹/۶۲
جاذب سم (کیلوگرم/ تن)													
صفر	۲۲/۹۳^{b}	۱۷/۴۹	۱/۳۲^{b}	۵۵/۲۱^{b}	۴۲/۰۵	۱/۳۳	۱۴۵/۲۵^{b}	۸۵/۳۰^{b}	۱/۶۹^{b}	۸۵/۱۴^{b}	۵۳/۲۲^{b}	۱/۵۶^{b}	۲۳۴۳/۸۳^{b}
۰/۵	۲۴/۳۴^{a}	۱۷/۷۵	۱/۴۱^{a}	۵۷/۳۱^{ab}	۴۲/۷۴	۱/۳۵	۱۴۰/۹۱^{c}	۸۰/۵۳^{c}	۱/۷۷^{a}	۸۴/۳۲^{b}	۵۲/۸۶^{b}	۱/۶۲^{a}	۲۲۷۲/۴۵^{c}
۱/۰	۲۴/۷۴^{a}	۱۸/۰۵	۱/۳۷^{a}	۵۸/۵۶^{a}	۴۳/۷۹	۱/۳۴	۱۴۹/۰۴^{a}	۸۸/۵۳^{a}	۱/۶۸^{b}	۸۸/۱۷^{a}	۵۶/۷۵^{a}	۱/۵۷^{b}	۲۴۵۰/۷۰^{a}
SEM	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۶۲	۰/۶۸	۰/۰۱	۱/۰۲	۰/۹۱	۰/۰۱	۰/۶۳	۰/۵۷	۰/۰۱	۱۹/۶۲
آفلاتوکسین B_1 × جاذب سم (میلی‌گرم/کیلوگرم) (کیلوگرم/ تن)													
صفر صفر	۲۲/۰۰^{d}	۱۷/۹۹	۱/۲۰^{c}	۶۶/۹۶^{ab}	۵۱/۱۶^{a}	۱/۳۰	۱۷۳/۲۴^{a}	۱۰۳/۳۵^{a}	۱/۶۸^{bc}	۱۰۱/۴۶^{a}	۶۵/۵۴^{a}	۱/۵۶^{bcd}	۲۷۹۲/۵۰^{a}
صفر ۰/۵	۲۵/۳۳^{a}	۱۹/۱۰	۱/۳۶^{b}	۷۱/۶۲^{a}	۵۱/۵۵^{a}	۱/۳۷	۱۶۶/۱۴^{ab}	۹۶/۶۷^{ab}	۱/۸۳^{a}	۱۰۰/۰۸^{ab}	۶۲/۹۴^{a}	۱/۶۶^{a}	۲۶۸۳/۶۲^{ab}
صفر ۱/۰	۲۵/۰۵^{a}	۱۸/۵۳	۱/۳۷^{b}	۶۴/۱۳^{b}	۴۹/۱۸^{a}	۱/۳۴	۱۶۳/۷۶^{b}	۹۵/۱۷^{b}	۱/۷۰^{bc}	۹۵/۸۳^{b}	۶۲/۱۲^{a}	۱/۶۰^{bc}	۲۶۷۸/۳۲^{ab}
۰/۵ صفر	۲۲/۵۵^{cd}	۱۷/۴۶	۱/۳۸^{ab}	۵۷/۳۹^{c}	۴۲/۵۵^{b}	۱/۳۴	۱۴۷/۳۲^{c}	۸۳/۳۱^{c}	۱/۷۷^{ab}	۸۶/۳۴^{d}	۵۳/۶۱^{c}	۱/۵۸^{bcd}	۲۳۴۶/۱۲^{c}
۰/۵ ۰/۵	۲۴/۸۲^{ab}	۱۷/۸۳	۱/۴۰^{ab}	۶۲/۶۳^{b}	۴۶/۷۵^{ab}	۱/۳۲	۱۴۹/۰۰^{c}	۸۳/۸۱^{c}	۱/۷۶^{ab}	۹۰/۱۷^{cd}	۵۶/۶۷^{bc}	۱/۵۹^{bc}	۲۳۸۲/۵۰^{c}
۰/۵ ۱/۰	۲۴/۶۰^{abc}	۱۷/۸۴	۱/۳۷^{b}	۶۳/۴۸^{b}	۴۸/۰۷^{ab}	۱/۳۰	۱۶۰/۲۸^{b}	۹۵/۱۶^{b}	۱/۶۸^{bc}	۹۵/۰۱^{bc}	۶۱/۱۴^{ab}	۱/۵۶^{bcd}	۲۵۹۶/۰۰^{b}
۱/۰ صفر	۲۴/۲۵^{abc}	۱۷/۰۳	۱/۳۹^{ab}	۴۱/۲۷^{e}	۳۲/۴۳^{c}	۱/۳۴	۱۱۵/۱۹^{de}	۶۹/۲۶^{d}	۱/۶۲^{c}	۶۷/۶۳^{f}	۴۰/۵۰^{e}	۱/۵۳^{d}	۱۸۹۲/۸۴^{e}
۱/۰ ۰/۵	۲۲/۸۶^{bcd}	۱۶/۳۱	۱/۴۸^{a}	۳۷/۶۹^{e}	۲۹/۹۲^{c}	۱/۳۷	۱۰۷/۵۸^{e}	۶۱/۱۲^{e}	۱/۷۲^{bc}	۶۲/۷۱^{f}	۳۸/۹۸^{e}	۱/۶۱^{ab}	۱۷۵۱/۲۴^{e}
۱/۰ ۱/۰	۲۴/۵۷^{abc}	۱۷/۸۰	۱/۳۸^{ab}	۴۸/۰۶^{d}	۳۴/۱۲^{c}	۱/۳۸	۱۲۳/۰۹^{d}	۷۵/۲۷^{d}	۱/۶۷^{bc}	۷۳/۶۷^{e}	۴۶/۹۹^{d}	۱/۵۵^{cd}	۲۰۷۷/۷۹^{d}
SEM	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۰۲	۱/۰۷	۱/۱۹	۰/۰۲	۱/۷۷	۱/۵۸	۰/۰۲	۱/۰۹	۰/۹۹	۰/۰۱	۳۳/۹۸
CV%	۳/۸۴	۴/۵۰	۳/۲۶	۳/۷۴	۵/۵۳	۲/۳۶	۲/۴۴	۳/۷۲	۲/۶۲	۲/۵۳	۳/۶۳	۱/۴۲	۲/۸۹
P value													
آفلاتوکسین B_1	۰/۸۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
جاذب سم	۰/۰۰۱	۰/۲۴۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۲۱۲	۰/۲۶۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
آفلاتوکسین B_1 × جاذب سم	۰/۰۰۱	۰/۱۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۱۴۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱

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

SEM: خطای معیار میانگین‌ها.

بالاترین میزان افزایش وزن نسبت به سایر تیمارها، مربوط به جوجه‌های دریافت‌کننده تیمارهای بدون سم بود (P<۰/۰۵) و از بین تیمارهای حاوی سم، تنها تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب سم، تفاوتی با تیمارهای بدون سم و حاوی سطح ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن جاذب سم نداشت. هم‌چنین جوجه‌های دریافت‌کننده تیمار حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، نسبت به سایر تیمارها کم‌ترین میانگین افزایش وزن

روزانه را نشان دادند (P<۰/۰۵). ضریب تبدیل خوراک در تیمار بدون سم و حاوی سطح ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، نسبت به سایر تیمارها افزایش نشان داد (P<۰/۰۵)، اما با تیمارهای حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، تفاوتی نداشت. به‌علاوه کم‌ترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به پرندگان مصرف‌کننده جیره حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و بدون ماده جاذب سم بود که با تیمارهای بدون سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم و حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم تفاوت نشان داد (P<۰/۰۵).

در کل دوره، اثر متقابل سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم بر میانگین خوراک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک و وزن زنده نهایی معنی‌دار بود، به‌نحوی‌که پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های بدون آفلاتوکسین B_1 و سطوح صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، مصرف خوراک روزانه بیش‌تری نسبت به پرندگان تغذیه‌شده با تیمارهای حاوی سم داشتند (P<۰/۰۵). پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 و سطوح صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، نسبت به بقیه پرندگان، مصرف خوراک روزانه کم‌تری داشتند (P<۰/۰۵). پرندگان مصرف‌کننده جیره‌های حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 و سطوح صفر و یک کیلوگرم در تن جاذب سم، تفاوت معنی‌داری را نسبت به یکدیگر از نظر خوراک مصرفی نشان دادند و پرنده‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و سطح یک کیلوگرم در تن ماده جاذب سم، خوراک روزانه بیش‌تری مصرف کردند (P<۰/۰۵). پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های بدون سم، افزایش وزن روزانه بیش‌تری نسبت به سایر پرندگان داشتند (P<۰/۰۵) 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 سم، با پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های بدون سم، تفاوت معنی‌داری نشان نداد. پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و بدون ماده جاذب سم و یا ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، افزایش وزن روزانه کم‌تری داشتند (P<۰/۰۵).

در خصوص میانگین ضریب تبدیل خوراک، پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، نسبت به سایر پرنده‌ها میانگین ضریب تبدیل خوراک بیش‌تری داشتند (P<۰/۰۵) و تنها با پرندگان دریافت‌کننده جیره حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، تفاوتی نشان ندادند. پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب سم، تفاوت معنی‌داری با سایر پرندگان، به‌جز پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم از نظر میانگین ضریب تبدیل خوراک نشان ندادند. هم‌چنین وزن زنده نهایی پرندگان مصرف‌کننده جیره‌های بدون سم، نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بود (P<۰/۰۵) 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 سم، تفاوت معنی‌داری با پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های بدون سم و سطوح ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن جاذب سم نشان نداد، در حالی‌که پرنده‌های دریافت‌کننده جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 و صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم، نسبت به سایر پرنده‌ها وزن زنده نهایی کم‌تری داشتند (P<۰/۰۵). 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 قابل‌قبول تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد.

داده‌های حاصل از بررسی صفات مرتبط با عملکرد رشد، بیانگر اثر منفی سم آفلاتوکسین B_1 بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی و تأثیر مثبت جاذب سم "دلتا باند®" بر کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین B_1 بود. هم‌چنین تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 و سطح یک کیلوگرم در تن جاذب سم، توان رقابت با تیمارهای حاوی

سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 را از نظر صفات عملکرد رشد مانند میانگین خوراک مصرفی و میانگین افزایش وزن روزانه در دوره پایانی و کل دوره پرورش و وزن زنده نهایی در کل دوره را نشان داد، اما تیمار حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 و سطح یک کیلوگرم در تن جاذب سم، قابل رقابت با تیمارهای حاوی سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 نبود، احتمالاً به‌دلیل اینکه سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، ۵۰ برابر حد مجاز وجود آفلاتوکسین B_1 در خوراک طیور است، ماده جاذب سم با سطح یک کیلوگرم در تن، توانایی کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین B_1 را نداشته است. در حالی‌که به‌نظر می‌رسد در جیره‌های حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 (۲۵ برابر حد مجاز) ماده جاذب استفاده شده در این پژوهش، عملکرد خوبی را در کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین B_1 از خود نشان می‌دهد.

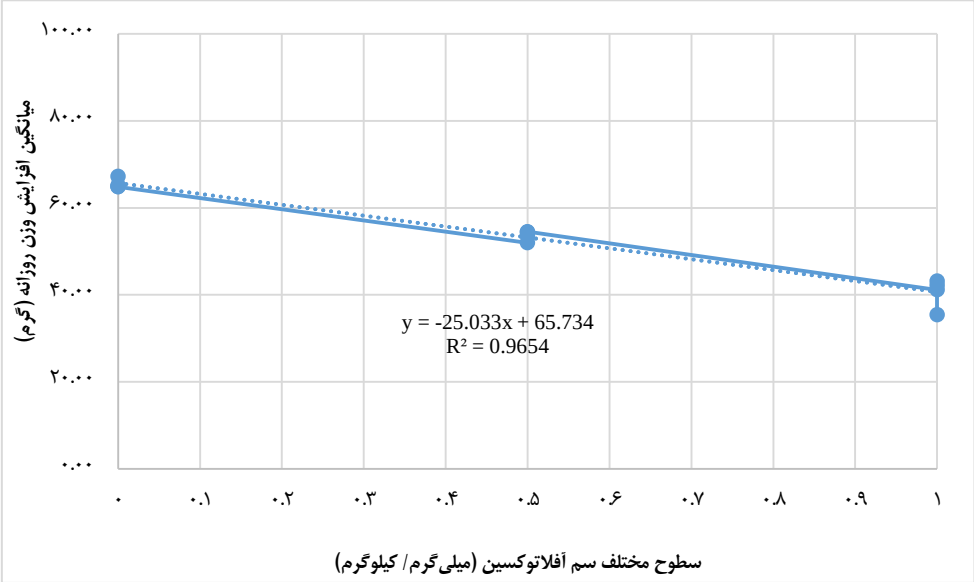
گزارش شده است استفاده از ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1، سبب کاهش مصرف خوراک و رشد و افزایش ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف پرورش می‌شود (Zabiulla *et al.*, 2021). تغییرات ضریب تبدیل در آزمایش مذکور با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی نداشته است. هم‌چنین در آزمایش مذکور استفاده از ماده جاذب سم "خاک رس اسمکتیت" در سطح ۰/۲ درصد جیره سبب بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل در تمام دوره‌های پرورش (به‌جز دوره سنی یک تا ۱۴روزگی) شده است اما اثری بر خوراک مصرفی روزانه نداشته است (Zabiulla *et al.*, 2021).

در مطالعه دیگری، جوجه‌های گوشتی که با جیره‌های حاوی ۰/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 تغذیه شده بودند، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای از نظر افزایش وزن بدن و خوراک مصرفی و افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در ضریب تبدیل خوراک در انتهای دوره آزمایش (سن ۴۲ روزگی) نشان دادند، در حالی‌که استفاده از سه ماده به‌عنوان جاذب سم در تیمارهای مجزا مانند گیاه خارمریم به مقدار ۱۰ گرم در کیلوگرم، یک توکسین بایندر چندجزئی در مقدار یک گرم در کیلوگرم و پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* (*Spirulina platensis*) در سطح ۱۰ گرم در کیلوگرم، اثرات مضر ناشی از سم آفلاتوکسین B_1 را کاهش دادند (Feshanghchi *et al.*, 2022). مقادیر آفلاتوکسین B_1 که باعث عارضه مسمومیت با آفلاتوکسین (آفلاتوکسیکوزیس) می‌شوند و بهره‌وری پرنده را مختل می‌کنند، به سویه قارچی و حساسیت گونه پرنده بستگی دارد (Fouad *et al.*, 2019). به‌طور مثال، با بررسی مطالعات گذشته می‌توان گفت که عارضه مسمومیت با آفلاتوکسین در مرغ مادر، مرغ گوشتی، بلدرچین، اردک سفید پکین و بوقلمون به‌ترتیب در دوزهای سه، دو، ۱/۵، ۱/۱، ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک (با سم تولید شده توسط *آسپرژیلوس پارازیتیکوس*) رخ می‌دهد (Fouad *et al.*, 2019). به‌نظر می‌رسد اثرات نامطلوب آفلاتوکسین B_1 بر عملکرد تولیدی در اثر بروز بی‌میلی، بی‌اشتهایی، مهار سنتز پروتئین و لیپوژنز حاصل از سم آفلاتوکسین باشد (Rajput *et al.*, 2017). علاوه بر آن، پژوهش‌گران دیگر گزارش کردند که آفلاتوکسین B_1 می‌تواند فعالیت پانکراتولیپاز، آمیلاز و تریپسین را کاهش دهد و هم‌چنین سوخت‌وساز انرژی در سلول را با برهم‌زدن گلوکونئوژنز، چرخه اسید تری‌کربوکسیلیک و سنتز اسیدهای چرب، تغییر دهد و در نتیجه باعث نرخ رشد کم‌تر شود (Rajput *et al.*, 2017).

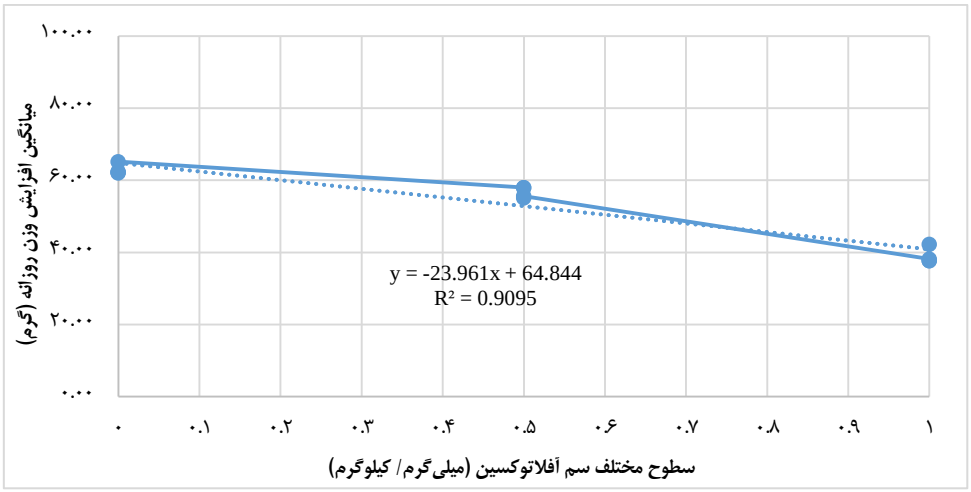
در این آزمایش، افزودن ماده جاذب سم اثرات منفی آفلاتوکسین B_1 بر عملکرد را کاهش داد. مواد تشکیل‌دهنده جاذب سم "دلتا باند®" شامل آلومینوسیلیکات، خاک دیاتومه، زغال فعال و ترکیبات آلی جایگزین دیواره مخمر هستند که به‌دلیل ساختار فیزیکی و شیمیایی خود، توانایی جذب سموم مایکوتوکسین را دارند. نتایج آزمایش‌های دیگر نشان دادند که جاذب‌های سم با افزایش‌دادن شیرابه‌های غده لوزالمعده، باعث هضم بیش‌تر مواد مغذی و خوراک مصرفی می‌شوند و از این طریق بر عملکرد پرنده تأثیر می‌گذارند. هم‌چنین جاذب‌های سم از طریق افزایش پرزها و بهبود ویژگی‌های مورفولوژی روده می‌توانند باعث بهبود مصرف خوراک و عملکرد شوند (محسنی سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰).

از سوی دیگر، جاذب‌های سمی که سرشار از پروبیوتیک‌ها و برخی از مخمرها مانند *ساکارومایسس سرویزیه* هستند، توانایی کاهش میزان آفلاتوکسین B_1 در محیط را از طریق مکانیسم تعاملی آن با پپتیدوگلیکان ضخیم دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت دارند و دفع آفلاتوکسین B_1 را افزایش می‌دهند (Feshanghchi *et al*., 2022).

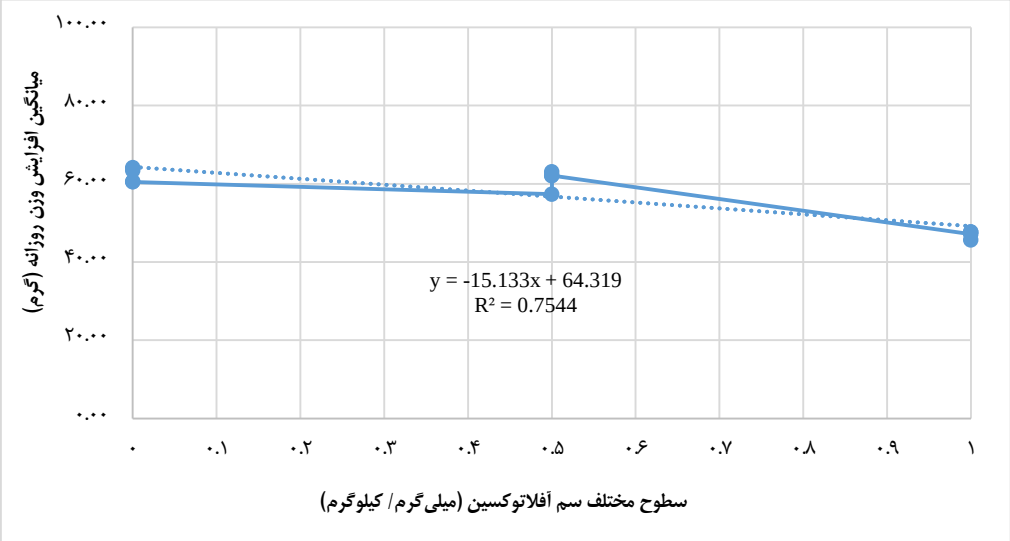
روند خطی تغییرات میانگین افزایش وزن روزانه با تغییر سطح سم آفلاتوکسین B_1 در جیره‌های حاوی سطوح صفر، ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن ماده جاذب سم، در شکل‌های (۱) تا (۳) نشان داده شده است. با استفاده از معادلات خطی برازش‌شده می‌توان میانگین افزایش وزن روزانه پرندگان را با دقت بالایی، با توجه به سطح سم آفلاتوکسین B_1 در جیره پیش‌بینی نمود.



شکل ۱. نمودار و معادله تابعیت مقایسه اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 با یکدیگر، در سطح صفر کیلوگرم در تن جاذب سم بر میانگین افزایش وزن روزانه در کل دوره



شکل ۲. نمودار و معادله تابعیت مقایسه اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 با یکدیگر، در سطح ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم بر میانگین افزایش وزن روزانه در کل دوره



شکل ۳. نمودار و معادله تابعیت مقایسه اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 با یکدیگر، در سطح یک کیلوگرم در تن جاذب سم بر میانگین افزایش وزن روزانه در کل دوره

اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات لاشه، در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج نشان دادند که هیچ‌کدام از اثرات اصلی و متقابل سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم بر شاخص‌های درصد وزن سینه و ران کامل نسبت به وزن لاشه، معنی‌دار نبودند. مطابق داده‌های جدول، تنها اثر اصلی سم بر درصد وزن کبد نسبت به وزن زنده، معنی‌دار بود، به‌طوری‌که مصرف جیره حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم توسط پرندگان نسبت به سایر سطوح، باعث افزایش درصد وزن کبد شد (P<۰/۰۵). اثرات اصلی سم و ماده جاذب سم بر درصد وزن طحال نسبت به وزن زنده، معنی‌دار بود به گونه‌ای که وزن طحال در پرندگان دریافت‌کننده سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم نسبت به بقیه سطوح، با افزایش همراه بود (P<۰/۰۵)، در حالی‌که وزن طحال پرندگان دریافت‌کننده سطوح ۰/۵ و یک کیلوگرم در تن جاذب سم، نسبت به سطح صفر کاهش نشان داد (P<۰/۰۵).

اثرات متقابل سم آفلاتوکسین B_1 و ماده جاذب سم بر درصد وزن بورس فابرسیوس و قلب نسبت به وزن زنده معنی‌دار بودند، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد وزن بورس فابریسیوس با اختلاف نسبت به سایر تیمارها، متعلق به تیمارهای بدون سم بود (P<۰/۰۵) و از بین تیمارهای حاوی سم، تنها تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن جاذب سم، تفاوت معنی‌داری با تیمارهای بدون سم و حاوی سطوح صفر و یک کیلوگرم در تن جاذب سم نداشت. هم‌چنین وزن بورس فابریسیوس پرندگان مصرف‌کننده جیره‌های حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم نسبت به سایر پرندگان کاهش نشان داد (P<۰/۰۵). بالاترین درصد وزن قلب نسبت به بقیه تیمارها، مربوط به تیمار حاوی سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم و بدون ماده جاذب سم بود (P<۰/۰۵)، در حالی‌که پایین‌ترین درصد وزن قلب متعلق به تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن جاذب سم بود (P<۰/۰۵)، اما با سایر تیمارهای حاوی سطح صفر و ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم، تفاوتی نشان نداد. ضریب تغییرات مرتبط با درصد وزن سینه و ران کامل نسبت به وزن لاشه و درصد وزن کبد، طحال، بورس فابرسیوس و قلب نسبت به وزن زنده به‌ترتیب برابر ۵/۰۰، ۶/۸۲، ۷/۰۴، ۱۲/۸۶، ۱۳/۳۲ و ۶/۵۹ درصد بود.

جدول ٤. اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم در جیره بر صفات لاشه جوجه‌های گوشتی

عامل / صفت		وزن سینه (درصد)	وزن ران کامل (درصد)	وزن کبد (درصد)	وزن طحال (درصد)	وزن بورس فابرسیوس (درصد)	وزن قلب (درصد)
آفلاتوکسین B_1 (میلی‌گرم/ کیلوگرم)							
صفر		۳۸/۵۳	۲۹/۱۹	۱/۹۴ b	۰/۰۹ b	۰/۱۷ a	۰/۴۵ b
۰/۵		۳۹/۲۷	۲۹/۱۱	۲/۰۶ b	۰/۱۰ b	۰/۱۲ b	۰/۴۴ b
۱/۰		۳۷/۹۸	۲۹/۸۲	۳/۳۸ a	۰/۱۳ a	۰/۰۹ c	۰/۵۴ a
SEM		۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱
جاذب سم (کیلوگرم/ تن)							
صفر		۳۸/۸۸	۲۸/۷۹	۲/۴۸	۰/۱۲ a	۰/۱۲ b	۰/۵۰ a
۰/۵		۳۸/۵۲	۲۹/۳۴	۲/۴۰	۰/۱۰ b	۰/۱۴ a	۰/۴۶ b
۱/۰		۳۸/۳۸	۲۹/۹۹	۲/۴۹	۰/۱۰ b	۰/۱۳ ab	۰/۴۷ ab
SEM		۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱
آفلاتوکسین B_1 × جاذب سم (میلی‌گرم/کیلوگرم) (کیلوگرم/ تن)							
صفر	صفر	۳۷/۸۱	۲۹/۰۹	۲/۰۲	۰/۱۱	۰/۱۶ ab	۰/۴۴ bc
صفر	۰/۵	۳۹/۰۶	۲۷/۸۱	۱/۸۸	۰/۰۹	۰/۱۹ a	۰/۴۵ bc
صفر	۱/۰	۳۸/۷۲	۳۰/۶۶	۱/۹۱	۰/۰۸	۰/۱۷ ab	۰/۴۶ bc
۰/۵	صفر	۳۹/۵۹	۲۸/۵۲	۲/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۱ c	۰/۴۵ bc
۰/۵	۰/۵	۳۹/۲۹	۲۹/۳۰	۱/۹۳	۰/۱۰	۰/۱۱ c	۰/۴۲ c
۰/۵	۱/۰	۳۸/۹۲	۲۹/۵۱	۲/۱۵	۰/۰۹	۰/۱۵ b	۰/۴۵ bc
۱/۰	صفر	۳۹/۲۴	۲۸/۷۵	۳/۳۳	۰/۱۵	۰/۰۹ c	۰/۶۱ a
۱/۰	۰/۵	۳۷/۲۰	۳۰/۹۰	۳/۳۸	۰/۱۲	۰/۱۱ c	۰/۵۱ b
۱/۰	۱/۰	۳۷/۵۰	۲۹/۸۰	۳/۴۲	۰/۱۲	۰/۰۷ c	۰/۵۱ b
SEM		۰/۹۷	۱/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۱۶
CV%		۵/۰۰	۶/۸۲	۷/۰۴	۱۲/۸۶	۱۳/۳۲	۶/۵۹
P value							
آفلاتوکسین B_1		۰/۲۷۹	۰/۶۴۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
جاذب سم		۰/۸۰۷	۰/۳۵۴	۰/۳۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۳۰	۰/۰۱۷
آفلاتوکسین B_1 × جاذب سم		۰/۵۱۶	۰/۳۳۹	۰/۴۵۸	۰/۷۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱

a-e: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

SEM: خطای معیار میانگین‌ها.

در این پژوهش، سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم اثری بر درصد وزن سینه و ران کامل نسبت به وزن لاشه نداشتند، در حالی‌که براساس پژوهشی دیگر، آلوده‌شدن جیره جوجه‌های گوشتی به سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1، باعث کاهش معنی‌دار وزن نسبی سینه شد اما تأثیری بر درصد وزن بغل ران نسبت به وزن لاشه نداشت (Rashidi *et al.*, 2020). هم‌چنین در پژوهش‌های دیگر، با افزایش سطوح آفلاتوکسین B_1، کاهش درصد وزن سینه و عدم تغییر در وزن ران کامل نسبت به وزن زنده مشاهده شد (Alharthi *et al*., 2022a;Alharthi *et al*., 2022b; Makki *et al*., 2013). به‌علاوه در مطالعه دیگری، آفلاتوکسین B_1 باعث کاهش درصد وزن سینه نسبت به وزن زنده شد، اما در وزن ران تغییری مشاهده نشد (Mesgar *et al.*, 2022). احتمالاً افزایش تشکیل رادیکال‌های آزاد و یا کاهش سطح آنتی‌اکسیدان‌ها در بدن در اثر سم آفلاتوکسین باعث تنش اکسیداتیو می‌شود که می‌تواند از طریق روش‌های فیزیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی سبب تخریب بافت‌های بدن شود (پارسافر و همکاران، ۱۳۹۸). پژوهش‌های دیگر نشان داده‌اند

که اختلالات ناشی از آفلاتوکسین B_1 در عملکرد کبد و یکپارچگی روده، احتمالاً مسئول کاهش سرعت رشد و بازده لاشه جوجه‌های گوشتی است (Alharthi *et al.*, 2022a).

بورس فابرسیوس در پرندگان، یک اندام لنفاوی اولیه برای تکثیر و تنوع سلول‌های B است و وضعیت رشد بورس فابرسیوس معمولاً براساس وزن آن ارزیابی می‌شود. در مطالعه حاضر، درصد وزن بورس فابرسیوس نسبت به وزن زنده، با افزایش سطوح آفلاتوکسین B_1 کاهش یافت که مشابه نتایج پژوهش‌های دیگر بود (Chen *et al.*, 2014; Makki *et al.*, 2013; Verma *et al.*, 2004) و با نتیجه مطالعه دیگری مغایرت داشت (Galarza-Seeber *et al.*, 2016). به‌علاوه، در این پژوهش استفاده از ماده جاذب سم توانست کاهش وزن بورس را تعدیل کند که مشابه نتیجه مطالعه دیگری بود (Makki *et al.*, 2013). در پژوهش حاضر، سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 باعث افزایش درصد وزن کبد نسبت به وزن زنده شد که مشابه نتایج پژوهش‌های دیگر بود (پارسافر و همکاران، ۱۳۹۸؛ Alharthi *et al.*, 2022a; Fouad *et al.*, 2019; Makki *et al.*, 2013; Verma *et al.*, 2004). کبد اندام اصلی است که مایکوتوکسین‌ها را پردازش و سم‌زدایی می‌کند و بدن را در برابر اثرات سمی آن‌ها محافظت می‌کند (Fouad *et al.*, 2019)، در حالی‌که آفلاتوکسین B_1 می‌تواند باعث سوخت‌وساز نامتعادل لیپیدها شود و رسوب چربی را در کبد بزرگ شده، افزایش دهد و همین امر باعث افزایش وزن و رنگ پریدگی کبد نیز می‌شود (پارسافر و همکاران، ۱۳۹۸).

طبق نتایج این پژوهش، با افزایش سطوح آفلاتوکسین B_1، درصد وزن قلب نسبت به وزن زنده، افزایش نشان داد و افزودن ماده جاذب سم توانست اثرات آفلاتوکسین B_1 مبنی بر افزایش وزن قلب را کاهش دهد. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش وزن قلب، تا سن ۲۱ روزگی و اثربخشی ماده جاذب سم، در پژوهشی دیگر دیده شد (Zabiulla *et al.*, 2021). در آن مطالعه، با بررسی بافت قلب مشخص شد که در بافت قلب پرندگان دریافت‌کننده آفلاتوکسین در سن ۲۱ روزگی، ورم خفیف عضله قلب، جمع‌شدن خون و خونریزی میوکارد و ورم خفیف پریکارد وجود داشت. هم‌چنین در پایان آزمایش (۴۲ روزگی)، ماهیچه‌های قلب پرندگان، درجه خفیف تا متوسطی از خونریزی و تغییرات مربوط به فساد، ورم خفیف اطراف عروق، ورم و جمع‌شدن خون، التهاب‌های مرکزی و بزرگ‌شدن بیش از حد دریچه‌های بطنی به‌همراه باریک‌شدن مجرای بطن‌ها همراه با احتباس گهگاهی خون را نشان داد، اما پرندگانی که با خاک رس اسمکتیت تغذیه شده بودند، بهبود قابل‌توجهی را نشان دادند. هم‌چنین ورم مرکزی خفیف عضله قلب، جمع‌شدن خفیف خون عروقی و درجه خفیف ورم میوکارد و پریکارد در روزهای ۲۱ و ۴۲ دوره آزمایش مشاهده شد (Zabiulla *et al.*, 2021). در حالی‌که در پژوهش‌های دیگری، اضافه‌کردن سطوح مختلف آفلاتوکسین به جیره پرندگان، تغییرات معنی‌داری را در وزن نسبی قلب به‌وجود نیاوردند (Makki *et al.*, 2013; Sridhar *et al.*, 2015).

در این آزمایش، وزن نسبی طحال با افزایش سطوح آفلاتوکسین B_1، افزایش یافت و استفاده از ماده جاذب سم توانست از افزایش وزن طحال جلوگیری کند. در پژوهشی مشابه، مشاهده شد که طحال پرندگان تغذیه‌شده با آفلاتوکسین در روز ۲۱ دوره آزمایش، نقصان لنفاوی چند کانونی همراه با گرفتگی عروقی داشت و تا پایان سن ۴۲ روزگی، با تشکیل فولیکول ثانویه چند کانونی، تکثیر بافت شبکه‌ای، فساد و تورم اطراف عروق خونی ادامه یافت اما گروهی که جیره حاوی خاک رس اسمکتیت را دریافت کرده بود، تغییرات احتقانی خفیف، ورم و تخلیه لنفوسیتی را نشان داد (Zabiulla *et al.*, 2021). در مطالعات دیگری، وزن نسبی طحال با افزایش سطوح آفلاتوکسین، تغییرات معنی‌داری نشان نداد (Makki *et al.*, 2013; Verma *et al.*, 2004).

اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های سیستم ایمنی در جدول (۵) ارائه شده است. تنها اثر اصلی مرتبط با سم آفلاتوکسین B_1، بر میزان هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون به‌ترتیب با ضریب تغییرات ۳۸/۷۹ و ۵۶/۴۲ درصد،

معنی‌دار بود، به گونه‌ای که از نظر میزان هتروفیل، سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 نسبت به سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم، ۵۶/۸ درصد و نسبت به سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، ۶۴/۵ درصد کاهش نشان داد (P<۰/۰۵). کم‌ترین میزان نسبت هتروفیل به لنفوسیت با اختلاف نسبت به بقیه سطوح سم آفلاتوکسین B_1، مرتبط با سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم سم بود که نسبت به سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم، ۷۴/۲ درصد و نسبت به سطح یک میلی‌گرم در کیلوگرم سم، ۸۱/۲ درصد کاهش نشان داد (P<۰/۰۵). اثر متقابل سم و ماده جاذب سم بر میزان لنفوسیت خون با ضریب تغییرات ۱۶/۶۴ درصد، معنی‌دار بود، به‌طوری‌که پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های بدون سم، از نظر میزان لنفوسیت خون نسبت به سایر پرندگان، افزایش نشان دادند (P<۰/۰۵) و در بین تیمارهای حاوی سم، تنها تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و ۰/۵ کیلوگرم در تن ماده جاذب سم، تفاوتی با تیمارهای بدون سم و حاوی سطوح صفر و ۰/۵ کیلوگرم در تن ماده جاذب سم، نشان نداد. هم‌چنین، پایین‌ترین میزان لنفوسیت خون در تیمار حاوی سطح ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم و یک کیلوگرم در تن ماده جاذب سم نسبت به تیمارهای بدون سم، مشاهده شد (P<۰/۰۵). اثرات اصلی و متقابل سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم هیچ‌کدام بر تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل معنی‌دار نبودند.

جدول ۵. اثر سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 و جاذب سم در جیره بر فراسنجه‌های سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی

عامل / صفت		هتروفیل (درصد)	لنفوسیت (درصد)	هتروفیل/ لنفوسیت	تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل (واحد بین المللی)
آفلاتوکسین B_1 (میلی‌گرم/ کیلوگرم)					
صفر		۱۷/۱۷ b	۷۲/۸۳ a	۰/۲۵ b	۴/۵۳
۰/۵		۳۹/۷۵a	۴۳/۷۵ b	۰/۹۷ a	۴/۰۰
۱/۰		۴۸/۴۴ a	۳۹/۸۳ b	۱/۳۳ a	۴/۲۱
SEM		۳/۹۳	۲/۵۰	۰/۱۴	۰/۲۳
جاذب سم (کیلوگرم/ تن)					
صفر		۳۵/۹۰	۵۰/۶۷	۰/۸۷	۴/۳۳
۰/۵		۳۴/۸۸	۵۲/۳۳	۰/۸۱	۴/۳۳
۱/۰		۳۴/۵۸	۵۳/۴۲	۰/۸۶	۴/۰۷
SEM		۳/۹۳	۲/۵۰	۰/۱۴	۰/۲۳
آفلاتوکسین B_1 × جاذب سم (میلی‌گرم/کیلوگرم) (کیلوگرم/ تن)					
صفر	صفر	۱۶/۷۵	۶۹/۲۵ ab	۰/۲۴	۴/۵۰
صفر	۰/۵	۲۲/۵۰	۶۹/۰۰ ab	۰/۳۳	۴/۷۵
صفر	۱/۰	۱۲/۲۵	۸۰/۲۵ a	۰/۱۶	۴/۳۳
۰/۵	صفر	۳۶/۷۵	۴۴/۳۸ c	۰/۸۵	۴/۵۰
۰/۵	۰/۵	۴۱/۰۰	۵۲/۶۳ bc	۰/۸۱	۳/۵۰
۰/۵	۱/۰	۴۱/۵۰	۳۴/۲۵ c	۱/۲۵	۴/۰۰
۱/۰	صفر	۵۴/۱۹	۳۸/۳۷ c	۱/۵۳	۴/۰۰
۱/۰	۰/۵	۴۱/۱۳	۳۵/۳۸ c	۱/۲۹	۴/۷۵
۱/۰	۱/۰	۵۰/۰۰	۴۵/۷۵ c	۱/۱۸	۳/۸۸
SEM		۶/۸۱	۴/۳۴	۰/۲۴	۰/۴۰
CV%		۳۸/۷۹	۱۶/۶۴	۵۶/۴۲	۱۸/۶۳
P value					
آفلاتوکسین B_1		۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۳۱۸
جاذب سم		۰/۹۷۰	۰/۷۳۹	۰/۹۴۲	۰/۶۹۰
آفلاتوکسین B_1 × جاذب سم		۰/۵۲۳	۰/۰۱۲	۰/۵۱۴	۰/۲۷۸

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

SEM: خطای معیار میانگین‌ها.

به‌دنبال کاهش وزن بورس فابریسیوس در اثر آلودگی جیره با سم آفلاتوکسین B_1، میزان تولید لنفوسیت نیز کاهش یافت که مشابه نتایج پژوهش‌های دیگر بود (محسنی سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Basmacioglu *et al*., 2005; Galarza-Seeber *et al*., 2016; Rashidi *et al*., 2020). کاهش میزان لنفوسیت، نشان‌دهنده آن است که تکثیر سلول‌های B در بورس فابرسیوس، مختل شده است و ایمنی خونی در جوجه‌ها می‌تواند بر این اساس توسط آفلاتوکسین B_1، کاهش یابد (Chen *et al*., 2014). همان‌طورکه اشاره شد، در این مطالعه استفاده از ماده جاذب سم توانست کاهش وزن بورس فابریسیوس را تعدیل کند، اما تأثیری بر میزان لنفوسیت تولیدشده نداشت. از سوی دیگر، مقادیر هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت که معیاری برای سنجش وضعیت سیستم ایمنی پرندگان است (در واقع هر چه نسبت هتروفیل به لنفوسیت در پرندگان پایین‌تر باشد، سیستم ایمنی پرنده وضعیت بهتری دارد)، با افزودن سطوح مختلف آفلاتوکسین B_1 به جیره، افزایش یافت که با نتایج سایر پژوهش‌ها شباهت دارد (محسنی سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Basmacioglu *et al*., 2005; Galarza-Seeber *et al*., 2016). در حالی‌که افزودن ماده جاذب سم، تأثیر مثبتی در کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین B_1 بر میزان هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت نداشت. براساس گزارش سایر پژوهش‌گران، تکثیر گلبول‌های سفید خون (لکوسیت‌ها) در پرندگانی که از مسمومیت با آفلاتوکسین B_1 رنج می‌برند، مشهود می‌باشد (Rashidi *et al*., 2020). به‌علاوه، تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل تغییرات معنی‌داری را در نتیجه استفاده از سم آفلاتوکسین B_1 نشان نداد که مشابه نتیجه پژوهش دیگری بود (Rashidi *et al*., 2020).

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طورکلی براساس نتایج پژوهش حاضر، به‌نظر می‌رسد با توجه به اثرات مثبت جاذب سم "دلتاباند®" در کاهش اثرات منفی سم آفلاتوکسین B_1، افزودن ماده جاذب سم چندجزئی به میزان یک کیلوگرم در تن به جیره‌های حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سم آفلاتوکسین B_1 بتواند باعث بهبود صفات عملکرد رشد مانند میانگین خوراک مصرفی روزانه و میانگین افزایش وزن روزانه در دوره پایانی و کل دوره پرورش، وزن زنده نهایی و درصد وزن بورس فابرسیوس نسبت به وزن زنده جوجه‌های گوشتی شود و جهت پیش‌بینی میانگین افزایش وزن روزانه در کل دوره پرورش در جیره‌های حاوی سطح یک کیلوگرم در تن ماده جاذب سم و سطوح مختلف سم آفلاتوکسین B_1 می‌توان از معادله تابعیت ($Y= -15.133x + 64.319$) با (R^2=۰/۷۵) استفاده نمود.

۶. تشکر و قدردانی

از شرکت کروموژن و پرسنل ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی دانشگاه تهران، به‌دلیل فراهم‌نمودن امکانات انجام طرح آزمایشی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

بحری، یاسمین و مروج، حسین (۱۴۰۲). اثر جاذب سم چند جزئی در جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین B_1 بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و بافت‌شناسی کبد جوجه گوشتی. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۵(۲)، ۱۸۳-۱۹۹.
https://doi.org/10.22059/jap.2023.349981.623709

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)، ۳۲۹-۳۳۹. https://doi.org/10.22059/ijas.2020.273823.653680

محسنی سلطانی، دانیال؛ آقاشاهی، علیرضا؛ اقدم شهریار، حبیب؛ ابراهیم نژاد، یحیی و حسینی، سید عبداله (۱۴۰۰). اثرات افزودن توکسین بایندرها و پری‌بیوتیک، بر عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین B_1. تولیدات دامی، ۲۳ (۳)، ۴۰۹-۴۲۰. https://doi.org/10.22059/jap.2021.314509.623577

References

Alharthi, A.S., Al Sulaiman, A.R., Aljumaah, R.S., Alabdullatif, A.A., Elolimy, A.A., Alqhtani, A.H., Al-Garadi, M.A., & Abudabos, A. M. (2022a). 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. https://doi.org/10.3390/agriculture12040476

Alharthi, A.S., Al Sulaiman, A.R., Aljumaah, R.S., Alabdullatif, A.A., Ferronato, G., Alqhtani, A.H., Al-Garadi, M.A., Al-sornokh, H., & Abudabos, A.M. (2022b). The efficacy of bentonite and zeolite in reducing aflatoxin B1 toxicity on production performance and intestinal and hepatic health of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *21*(1), 1181-1189. https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2101389

Alvarado, A.M., Zamora-Sanabria, R., & Granados-Chinchilla, F. (2017). A focus on aflatoxins in feedstuffs: levels of contamination, prevalence, control strategies, and impacts on animal health. *Aflatoxin-Control, Analysis, Detection and Health Risks*, 116-152. https://doi.org/10.5772/intechopen.69468

Aviagen, W. (2014). Ross 308 Broiler Nutrition Specifications. *Aviagen Group, Huntsville*.

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. *Animal Production*, *25*(2), 183-199. https://doi.org/10.22059/jap.2023.349981.623709 .(In Persian).

Basmacioglu, H., Oguz, H., Ergul, M., Col, R., & Birdane, Y. (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. https://doi.org/10.17221/3992-CJAS

Chen, K., Fang, J., Peng, X., Cui, H., Chen, J., Wang, F., Chen, Z., Zuo, Z., Deng, J., & Lai, W. (2014). Effect of selenium supplementation on aflatoxin B1-induced histopathological lesions and apoptosis in bursa of Fabricius in broilers. *Food and Chemical Toxicology*, *74*, 91-97. https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.09.003

Feshanghchi, M., Baghban-Kanani, P., Kashefi-Motlagh, B., Adib, F., Azimi-Youvalari, S., Hosseintabar-Ghasemabad, B., Slozhenkina, M., Gorlov, I., Zangeronimo, M.G., & Swelum, A.A. (2022). Milk Thistle (*Silybum marianum*), Marine Algae (*Spirulina platensis*) and toxin binder powders in the diets of broiler chickens exposed to aflatoxin-B1: Growth performance, humoral immune response and cecal microbiota. *Agriculture*, *12*(6), 805. https://doi.org/10.3390/agriculture12060805

Fouad, A.M., Ruan, D., El-Senousey, H.K., Chen, W., Jiang, S., & Zheng, C. (2019). Harmful effects and control strategies of aflatoxin B1 produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* strains on poultry. *Toxins*, *11*(3), 176. https://doi.org/10.3390/toxins11030176

Galarza-Seeber, R., Latorre, J.D., Bielke, L.R., Kuttappan, V.A., Wolfenden, A.D., Hernandez-Velasco, X., Merino-Guzman, R., Vicente, J.L., Donoghue, A., & Cross, D. (2016). Leaky gut and mycotoxins: Aflatoxin B1 does not increase gut permeability in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, *3*, 10. https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00010

Iqbal, S.Z., Asi, M.R., Nisar, S., Zia, K.M., Jinap, S., & Malik, N. (2016). A limited survey of aflatoxins and zearalenone in feed and feed ingredients from Pakistan. *Journal of Food Protection*, *79*(10), 1798-1801. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-091

Liu, M., Zhao, L., Gong, G., Zhang, L., Shi, L., Dai, J., Han, Y., Wu, Y., Khalil, M.M., & Sun, L. (2022). Invited review: Remediation strategies for mycotoxin control in feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *13*(1), 1-16. https://doi.org/10.1186/s40104-021-00661-4

Magnoli, A.P., Rodriguez, M., Gonzalez Pereyra, M.L., Poloni, V.L., Peralta, M., Nilson, A., Miazzo, R.D., Bagnis, G., Chiacchiera, S.M., & Cavaglieri, L. (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. https://doi.org/10.1007/s12550-017-0285-y

Makki, O., Afzali, N., & Omidi, A. (2013). Effect of different levels of silymarin (*Silybum marianum*) on growth rate, carcass variables and liver morphology of broiler chickens contaminated with aflatoxin B1. *Poultry Science Journal*, *1*(2), 105-116.

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. https://doi.org/10.3390/toxins14030192

MinitabLLC. (2020). Minitab. In (Vol. 18).Retrieved from https://www.minitab.com

Mohsenisoltani, D., Aghashahi, A., Aghdam Shahryar, H., Ebrahimnejad, Y., & Hosseini, S.A. (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), 609-620. https://doi.org/10.22059/jap.2021.314509.623577. (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*. https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1584106

Parsafar, M., Asli, M., & Farzaneh, M. (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). https://doi.org/10.22059/ijas.2020.273823.653680. (In Persian).

Rajput, S.A., Sun, L., Zhang, N., Khalil, M.M., Gao, X., Ling, Z., Zhu, L., Khan, F.A., Zhang, J., & Qi, D. (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. https://doi.org/10.3390/toxins9110371

Rashidi, N., Khatibjoo, A., Taherpour, K., Akbari-Gharaei, M., & Shirzadi, H. (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. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.034

Shotwell, O.L., Hesseltine, C., Stubblefield, R., & Sorenson, W. (1966). Production of aflatoxin on rice. *Applied Microbiology*, *14*(3), 425-428. https://doi.org/10.1128/am.14.3.425-428.1966

Solis-Cruz, B., Hernandez-Patlan, D., Petrone, V.M., Pontin, K.P., Latorre, J.D., Beyssac, E., Hernandez-Velasco, X., Merino-Guzman, R., Owens, C., & Hargis, B.M. (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. https://doi.org/10.3390/toxins11020121

Sridhar, M., Suganthi, R., & Thammiaha, V. (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. https://doi.org/10.1111/jpn.12260

Umaya, S.R., Vijayalakshmi, Y., & Sejian, V. (2021). Exploration of plant products and phytochemicals against aflatoxin toxicity in broiler chicken production: Present status. *Toxicon*, *200*, 55-68. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.06.017

Verma, J., Johri, T., Swain, B., & Ameena, S. (2004). Effect of graded levels of aflatoxin, ochratoxin and their combinations on the performance and immune response of broilers. *British Poultry Science*, *45*(4), 512-518. https://doi.org/10.1080/00071660412331286226

Xu, R., Kiarie, E.G., Yiannikouris, A., Sun, L., & Karrow, N.A. (2022). Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *13*(1), 1-19. https://doi.org/10.1186/s40104-022-00714-2

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. https://doi.org/10.3390/toxins13120856