

ارزیابی افزودن توکسین بایندر ایرانی و خارجی به جیره جوجه‌های گوشتی آلوده به سم آفلاتوکسین با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصی

(DOI) شناسه دیجیتال

10.22092/ASJ.2025.368513.2460

امیرحسین علیزاده قمصری^{۱*}، سید عبدالله حسینی^۲ و حسنا حاجاتی^۳

۱- دانشیار موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- استاد موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول مکاتبه: amir3279@gmail.com

تلفن تماس: ۰۹۱۵۱۲۴۱۴۳۳

Assessing addition of Iranian and foreign toxin binders to the diet of broiler chickens contaminated with aflatoxin using multi-attribute decision-making method

A. H. Alizadeh-Ghamsari^{1*}, S. A. Hosseini² and H. Hajati³

1-Associate Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2-Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3-Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding author email address: amir3279@gmail.com

ارزیابی فنی و اقتصادی افزودن توکسین بایندر ایرانی و خارجی به جیره جوجه‌های گوشتی آلوده به سم آفلاتوکسین با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصی

چکیده

آزمایش حاضر به منظور ارزیابی اثر افزودن توکسین بایندر ایرانی و خارجی به جیره جوجه‌های گوشتی آلوده به سم آفلاتوکسین با استفاده از ۲۰۰ قطعه جوجه خروس یک‌روزه سویه کاب ۵۰۰ با ۵ تیمار، ۴ تکرار و ۱۰ قطعه پرنده در هر تکرار انجام شد. جیره‌های آزمایشی شامل: (۱) جیره پایه بدون آفلاتوکسین و توکسین بایندر (شاهد مثبت)، (۲) جیره پایه حاوی ۱۲۰۰ پی‌پی‌ام آفلاتوکسین B₁ و فاقد توکسین بایندر (شاهد منفی)، (۳) شاهد منفی + توکسین بایندر تجاری خارجی مایکوفیکس پلاس[®] به میزان ۳ گرم در کیلوگرم، (۴) شاهد منفی + توکسین بایندر ایرانی نوی توکس آلفا به میزان ۳ گرم در کیلوگرم و (۵) شاهد منفی + توکسین بایندر ایرانی نوی توکس بتا به میزان ۳ گرم در کیلوگرم جیره بودند. پس از جمع‌آوری داده‌های عملکرد رشد، مساحت سطح جذب پرز ژژنوم، هزینه خوراک مصرفی به ازای هر کیلوگرم وزن زنده و غلظت پروتئین تام سرم جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی، از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصی برای ارزیابی و مقایسه اثر توکسین بایندرها ایرانی و خارجی استفاده شد. نتایج نشان داد که بالاترین امتیاز مدیریتی در این مدل به ترتیب متعلق به تیمارهای شاهد مثبت (۰/۶۸۶۲)، شاهد منفی + نوی توکس آلفا (۰/۶۷۳۰)، شاهد منفی + نوی توکس بتا (۰/۶۶۹۹) و شاهد منفی + مایکوفیکس پلاس (۰/۵۸۵۲) بود. به‌طور کلی توکسین بایندرها ایرانی و خارجی مورد استفاده در این پژوهش توانستند اُفت عملکرد ناشی از وجود سم در جیره جوجه‌های گوشتی را جبران نمایند و ارجحیت استفاده از محصولات داخلی بیشتر از نمونه خارجی بود.

واژه‌های کلیدی: توکسین بایندر، جوجه گوشتی، عملکرد، ریخت‌شناسی روده، تصمیم‌گیری چندشاخصی

مقدمه

سموم قارچی یا مایکوتوکسین‌ها یکی از عوامل اصلی تهدیدکننده بهره‌وری و کیفیت محصولات صنعت طیور هستند که کنترل تأثیرات آن بسیار حائز اهمیت است (Oğuz و همکاران، ۲۰۱۸). بر اساس اعلام سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد^۱، نزدیک ۲۵ درصد از غلات تولیدی در جهان به مایکوتوکسین‌ها آلوده‌اند. آلودگی به این سموم آثار مخربی را بر محصولات کشاورزی، تولیدات صنعت طیور، خوراک مصرفی و در نهایت غذای انسان به جای می‌گذارد (Eskola و همکاران، ۲۰۲۰).

تاکنون بیش از ۳۵۰ نوع مایکوتوکسین که خوراک مصرفی را آلوده می‌کنند، شناسایی شده است. آفلاتوکسین‌ها متداول‌ترین آلودگی مایکوتوکسینی در ایران هستند و جزء متابولیت‌های ثانویه تولیدشده توسط گونه‌هایی از

¹ FAO

قارچ‌ها مانند آسپرژیلوس فلاووس^۲ و آسپرژیلوس پارازیٹیکوس^۳ به شمار می‌روند. این قارچ‌ها توانایی رشد و آلوده کردن حبوبات و غلات در هر زمان شامل قبل و بعد از برداشت، انبار کردن و در نهایت انتقال و عمل آوری مواد تشکیل‌دهنده خوراک را دارند (Gholami-Shabani و همکاران، ۲۰۱۷).

با افزایش جمعیت ایران، نیاز به تأمین منابع غذایی مختلف به‌طور گسترده افزایش یافته است. با این حال میزان تولیدات داخلی مواد خام و منابع اولیه مورد نیاز کشور به‌منظور تهیه خوراک مورد استفاده در صنعت طیور، از رشد مناسبی برخوردار نبوده و همین امر موجب شده تا بخش نسبتاً زیادی از اقلام اولیه مورد نیاز خوراک طیور از سایر کشورها خریداری شوند. لذا از یک طرف شرایط ویژه تحریم‌های اقتصادی و بُعد مسافت سبب می‌شود این قبیل مواد غالباً از کشورهای تهیه شوند که در معرض آلودگی با انواع سموم قارچی و به‌ویژه آفلاتوکسین‌ها قرار گیرند و از طرف دیگر وضعیت اقلیمی کشور به‌خصوص در مناطق با تراکم بالای واحدهای پرورشی و شرایط انبارداری مواد اولیه غذایی که اغلب مناسب برای رشد انواع مختلف قارچ‌ها هستند، باعث شده تا این قارچ‌ها جزو آلودگی‌های متداول خوراک طیور باشند (سرامی، ۱۳۹۷).

با توجه به اثرات زیان‌آور و عوارض نامطلوب ناشی از مسمومیت با آفلاتوکسین و برای به حداقل رساندن این قبیل اثرات در دام‌های اهلی و به دنبال آن پیشگیری از در معرض قرار گرفتن جوامع انسانی از طریق مصرف فرآورده‌های دام و طیور، راه کارهای مختلفی به کار گرفته می‌شوند که شامل: بهبود کیفیت جیره (بهینه‌سازی سطح پروتئین و اسیدهای آمینه جیره)، استفاده از روش‌های فیزیکی (اشعه فرابنفش و حرارت) و در نهایت استفاده از توکسین‌بایندرهای معدنی (مثل ترکیبات آلومینوسیلیکات‌ها) و یا بیولوژیک از قبیل دیواره سلولی مخمر و باکتری‌ها هستند (Kolossova و Stroka، ۲۰۱۱؛ Bovo و همکاران، ۲۰۱۵).

از آنجا که در تحقیقات طیور چندین ویژگی با مقیاس‌ها و جهت‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود، تصمیم‌گیری بر اساس این نتایج یک چالش اصلی است. برای اتخاذ بهترین تصمیم ممکن بهتر است که همه متغیرها نظر گرفته شوند. تصمیم‌گیری چندشاخصی یکی از بهترین روش‌های توصیه‌شده در سال‌های اخیر است (Javaheri Barfourrooshi و همکاران، ۲۰۲۳). به نظر می‌رسد که این روش کاربردهای بالقوه‌ای در زمینه تغذیه و پرورش طیور داشته باشد، از جمله این کاربردها می‌توان به انتخاب بهترین سطح یا شکل افزودنی‌های غذایی مانند محرک‌های رشد، توکسین‌بایندرهای و سایر موارد اشاره نمود (Lotfollahian و همکاران، ۲۰۲۳).

با توجه به توانایی تولید انواع توکسین‌بایندرهای در کشور و لزوم بررسی اثربخش بودن آنها در جهت ارتقاء امنیت غذایی، خوداتکایی و حمایت از محصولات داخلی، در این پژوهش از روش تصمیم‌گیری چندشاخصی برای

^۲ *Aspergillus flavus*

^۳ *Aspergillus parasiticus*

ارزیابی اثرات استفاده از نسل جدید توکسین بایندهای چند جزئی تولید شده در ایران و مقایسه آن با نمونه تجاری وارداتی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

در آزمایش حاضر از تعداد ۲۰۰ قطعه جوجه خروس یک‌روزه سویه کاب ۵۰۰ با ۵ تیمار، ۴ تکرار و ۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل: (۱) جیره پایه بدون آفلاتوکسین و توکسین باینده (شاهد مثبت)، (۲) جیره پایه حاوی ۱۲۰۰ پی‌پی‌ام آفلاتوکسین B₁ و فاقد توکسین باینده (شاهد منفی)، (۳) شاهد منفی + توکسین باینده تجاری مایکوفیکس پلاس[®] به میزان ۳ گرم در کیلوگرم، (۴) شاهد منفی + توکسین باینده نوی-توکس آلفا به میزان ۳ گرم در کیلوگرم و (۵) شاهد منفی + توکسین باینده نوی-توکس بتا به میزان ۳ گرم در کیلوگرم جیره بودند که از سن یک تا ۴۲ روزگی در اختیار پرندگان قرار گرفت. پرندگان در طول آزمایش به آب و خوراک به‌صورت آزاد دسترسی داشتند.

آفلاتوکسین B₁ از کشت اسپرژیلوس پارازیتیکوس PTCC-5286 روی بستر دانه برنج تولید شد. بعد از گذشت حدود دو هفته از رشد قارچ با روش TLC، از وجود و سطح آفلاتوکسین B₁ تولیدی در محیط کشت اطمینان حاصل شد (Chen و همکاران، ۲۰۱۱). در ادامه با استفاده از روش HPLC مقدار آفلاتوکسین جیره پایه تعیین و مقدار آفلاتوکسینی که باید برای ساخت جیره شاهد منفی افزوده می‌شد تا به حد ۱۲۰۰ قسمت در میلیون برسد، محاسبه شد. در مورد جیره شاهد مثبت مقدار آفلاتوکسین آن برابر با حد مجاز توصیه شده توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (استاندارد ملی ایران، کد ۲۵۸۱) و کمتر از ۲۰ قسمت در میلیون واحد خوراک بود.

مایکوفیکس پلاس[®]، توکسین باینده خارجی چند جزئی و تولید شرکت اتریشی بیومین^۴ است. نوی-توکس آلفا و بتا نیز توکسین بایندهای ایرانی چند جزئی و تولید شرکت دانش بنیان سبز البرز (کرج، ایران) است که در ترکیب آنها علاوه بر آلومینوسیلیکات‌ها، از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، دیواره مخمر ساکارومایسس سرویسه^۵ و باکتری لاکتوباسیلوس لیکلنی‌فورمیس^۶ استفاده شده است. جیره غذایی پایه (جدول ۱) طبق توصیه کاتالوگ سویه کاب ۵۰۰ برای تأمین نیاز مواد مغذی پرندگان در سه دوره آغازین، رشد و پایانی آماده شد (Cobb-Ventrass، ۲۰۱۸).

⁴ Biomin

⁵ *Saccharomyces cerevisiae*

⁶ *Bacillus licheniformis*

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره ۱ تا ۴۲ روزگی

مواد خوراکی (درصد)	۱ تا ۱۴ روزگی	۱۵ تا ۲۸ روزگی	۲۹ تا ۴۲ روزگی
دانه ذرت (۸ درصد پروتئین خام)	۵۴/۸۵	۵۷/۲۵	۶۲/۳۶
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام)	۳۶/۳۱	۳۴/۰۵	۳۰/۳۹
آرد گلوتن ذرت (۶۰ درصد پروتئین خام)	۲/۹	۱/۵	-
روغن سویا	۱/۸۰	۳/۲۴	۳/۵۴
سنگ آهک	۱/۴۶	۱/۳۲	۱/۲۰
دی کلسیم فسفات	۱/۵۱	۱/۳۰	۱/۲۰
مکمل ویتامینی و معدنی ^۱	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
دی ال - متیونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۲
ال - لیزین هیدروکلراید	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۱۲
بی کربنات سدیم	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
نمک طعام	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲
مواد مغذی (محاسبه شده)			
انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری در کیلو گرم)	۲۹۳۰	۳۰۳۰	۳۱۰۰
پروتئین خام (درصد)	۲۲/۴	۲۰/۸۴	۱۸/۶۳
لیزین قابل هضم (درصد)	۱/۲۲	۱/۱۴	۱
متیونین + سیستین قابل هضم (درصد)	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۸۰
ترئونین قابل هضم (درصد)	۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۶۹
والین قابل هضم (درصد)	۰/۹۷	۰/۹۱	۰/۸۰
کلسیم (درصد)	۰/۹۷	۰/۸۷	۰/۸۰
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۳۹
سدیم (درصد)	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
کلر (درصد)	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۹
قیمت جیره (تومان)	۲۲۵۰۰	۱۹۰۰۰	۱۸۰۰۰

^۱ مکمل ویتامینی مقادیر ذیل را برای هر کیلو گرم جیره تأمین نمود: ۱۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۴۵۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۶۵ میلی گرم ویتامین E، ۵ میلی گرم ویتامین K₃، ۱/۶ میلی گرم کوبالامین، ۲/۹۷ میلی گرم تیامین، ۷/۵ میلی گرم ریبوفلاوین، ۵۷ میلی گرم نیاسین، ۴/۴۵ میلی گرم پیریدوکسین، ۰/۱۸ میلی گرم بیوتین، ۱/۹ میلی گرم اسید فولیک، ۱۷/۸ گرم اسید پانتوتنیک، ۰/۱۲۵ میلی گرم اتوکسی کوئین و ۴۸۷/۵ میلی گرم کولین کلراید. ^۲ مکمل معدنی به ازای هر کیلو گرم جیره مقادیر ذیل را تأمین نمود: ۴۰/۵ میلی گرم آهن (سولفات)، ۸۴ میلی گرم روی (سولفات)، ۱۶۰ میلی گرم منگنز (سولفات)، ۱/۲۶ میلی گرم ید (کلسیم یدات)، ۲۰ میلی گرم مس (سولفات) و ۰/۳۱ میلی گرم سلنیوم (سدیم سلنیت).

در پایان دوره پرورش وزن بدن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی، درصد ماندگاری و شاخص تولید اندازه گیری شدند (Marcu و همکاران، ۲۰۱۳). در سن ۴۲ روزگی، سه پرنده از هر تکرار پس از خون گیری، کشتار شده و درصد لاشه و وزن نسبی کبد محاسبه شد. نمونه سرم خون هر پرنده در ظرف حاوی یخ خشک به آزمایشگاه منتقل و غلظت پروتئین تام سرم با استفاده از کیت تجاری شرکت پارس آزمون اندازه گیری شد. همچنین برای هر تیمار، هزینه خوراک مصرفی به ازای هر کیلو گرم وزن زنده در پایان دوره پرورش محاسبه شد. برای بررسی ویژگی های ریخت شناسی روده، در سن ۴۲ روزگی محتویات روده سه قطعه پرنده ذبح شده تخلیه شد. در ادامه تقریباً دو سانتی متر از بافت ناحیه میانی ژرَنوم هر یک از پرندگان ذبح شده، برداشته و پس از شستشو و خارج کردن محتویات آن با سرنگ حاوی سرم نمکی ۰/۹ درصد، در محلول فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شد. برای آماده سازی نمونه های بافت روده، مراحل آبگیری، شفاف سازی و پارافینی شدن انجام شد. سپس برش هایی به ابعاد پنج میکرومتر از هر نمونه تهیه و روی لام قرارداده شد. در ادامه رنگ آمیزی با هِماتوکیسلین و اتوزین انجام و با کمک دوربین نصب شده روی میکروسکوپ نوری و نرم افزار EPiX XCAP، ویژگی های ریخت شناختی نه عدد پرز سالم به ازای هر نمونه، بررسی شد. این ویژگی ها شامل طول پرز (از نوک پرز تا محل اتصال پرز و کریپت)، ضخامت پرز (میانگین ضخامت یک سوم بالایی و دو سوم پایینی پرز) و عمق کریپت (از محل اتصال پرز و کریپت تا کف کریپت) بودند. میانگین مساحت سطح پرز از رابطه زیر محاسبه شد (Marchewka و همکاران، ۲۰۲۱).

$$(\text{میانگین طول پرزها}) \times (\frac{1}{2} \times \text{میانگین عرض پرزها}) \times 2\pi = \text{مساحت سطح پرز}$$

تصمیم گیری چند شاخصی و اولویت بندی بر اساس شباهت به راه حل ایده آل (TOPSIS)

برای انتخاب مناسب ترین گزینه در روش های تصمیم گیری چند شاخصی (MADM^۷)، می توان از ۱۷ مدل مختلف استفاده کرد. یکی از بهترین مدل های تصمیم گیری در این خصوص، مدل TOPSIS^۸ است (مؤمنی، ۱۳۸۵). اساس مدل بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کم ترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیش ترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن)، داشته باشد. نقطه ایده آل به عنوان مناسب ترین، وزین ترین و قابل تصورترین نقطه، تعریف می شود. بهترین گزینه، نزدیک ترین گزینه به نقطه ایده آل خواهد بود. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت، افزایشی یا کاهششی است. برای حل مسأله با این روش، باید مراحل زیر را طی نمود (Hosseini و همکاران، ۲۰۲۲):

۱- کمی کردن و بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی مقیاس سازی، از بی مقیاس سازی نرمال استفاده می شود.

⁷ Multi attribute decision making

⁸ Technique for order of preference by similarity to ideal solution

۲- به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن‌ها، ضرب

$$V = N \times W_n \quad \text{می‌شود:}$$

۳- تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = \text{راه حل ایده‌آل مثبت } (V_j^+)$$

$$[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = \text{راه حل ایده‌آل منفی } (V_j^-)$$

بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر بوده و بدترین برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین و برای شاخص‌های منفی، بزرگ‌ترین مقادیر هستند.

۴- به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (V_j^+) و ایده‌آل منفی (V_j^-) بر اساس این فرمول‌ها حساب می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

V_{ij} = مقدار هر گزینه

V_j^+ = مقدار در گزینه‌ای که حداکثر مقدار را دارد و در این گزینه مقادیر بالاتر، مطلوب‌تر است.

V_j^- = مقدار در گزینه‌ای که حداقل مقدار را دارد و در این گزینه مقادیر کمتر، مطلوب‌تر است.

d_i^+ = فاصله هر تیمار تا ایده‌آل مثبت

d_i^- = فاصله هر تیمار تا ایده‌آل منفی

$$CL = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

۵- تعیین نزدیکی نسبی (CL) یک گزینه به راه حل ایده‌آل:

در رتبه‌بندی گزینه‌ها، هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌ترین عدد باشد، از بقیه گزینه‌ها بهتر است (Hosseini و همکاران، ۲۰۲۲).

نتایج

جدول ۲ ماتریس صفات مورد ارزیابی برای تعیین بهترین نوع توکسین بایندر در آزمایش حاضر را نشان می‌دهد. در این جدول، از معیارهای وزن بدن، مقدار خوراک مصرفی، ضریب تبدیل غذایی، ماندگاری، شاخص تولید، درصد لاشه، وزن نسبی کبد، مساحت سطح پرز، هزینه خوراک مصرفی به ازای هر کیلوگرم وزن زنده و غلظت پروتئین تام سرم برای تعیین توکسین بایندر بهینه استفاده شده است. در این جدول از ضریب مثبت برای ویژگی‌هایی در آن که عدد بالاتر مطلوب است و از ضریب منفی برای ویژگی‌هایی که عدد پایین‌تر مطلوب است، استفاده شده است.

جدول ۲- صفات مورد بررسی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای در سن ۴۲ روزگی

صفت مورد بررسی	وزن	خوراک	ضریب	درصد	شاخص	درصد	پروتئین تام	مساحت	وزن	هزینه
	زنده	مصرفی	تبدیل	ماندگاری	تولید	لاشه	سرم	سطح	نسبی	خوراک/
	(گرم)	(گرم)	غذایی				(گرم/	پرز	کبد	کیلوگرم
							دسی لیتر)	(میکرومتر	(درصد)	وزن زنده
								مربع)		(تومان)
جیره فاقد سم و توکسین بایندر (شاهد مثبت)	۲۵۴۷	۴۲۶۱	۱/۶۷۳	۹۲/۰	۳۳۵	۷۳/۳	۴/۷۵	۵۶۹۹۱۰	۲/۱۸	۳۰۸۴۵
جیره دارای سم آفلانوکسین و فاقد توکسین بایندر (شاهد منفی)	۲۲۵۳	۴۰۰۲	۱/۷۷۸	۹۰/۰	۲۷۴	۷۵/۴	۳/۲۵	۳۸۸۹۰۵	۲/۴۶	۳۲۷۹۴
شاهد منفی + مایکوفیکس پلاس	۲۳۴۵	۳۹۱۴	۱/۶۷۱	۹۲/۵	۳۱۰	۷۵/۷	۳/۲۵	۷۷۱۴۹۸	۲/۳۳	۳۰۸۰۴
شاهد منفی + نوی توکس آلفا	۲۳۸۳	۴۰۳۶	۱/۶۷۹	۹۲/۵	۳۱۲	۷۳/۸	۵/۰۰	۸۲۹۶۶۷	۲/۳۶	۳۱۳۲۹
شاهد منفی + نوی توکس بتا	۲۴۴۱	۴۰۶۴	۱/۶۶۷	۹۲/۵	۳۲۲	۷۵/۸	۴/۰۰	۶۶۱۲۸۴	۲/۲۷	۳۰۷۲۹
نوع ضریب	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-
وزن ضریب	۰/۲۵	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۲۵	۰/۰۵	۰/۰۲۵	۰/۱۵

وزن دهی به صفات مورد ارزیابی بر اساس اهمیت و اثرگذاری صفات مورد بررسی در این مطالعه توسط گروه کارشناسان خبره انجام شد. لذا با توجه به اینکه وزن ۴۲ روزگی جزء صفاتی است که بیش از بقیه تحت تاثیر وجود سم در جیره قرار می گیرد و به لحاظ عملکردی حائز اهمیت بالایی است، بیشترین ضریب به این صفت اختصاص یافت (۰/۲۵) و به دنبال آن دو صفت اقتصادی شاخص تولید و هزینه خوراک مصرفی به ازای هر کیلوگرم وزن زنده قرار گرفتند (۰/۱۵). در ادامه دیگر صفات عملکردی شامل ضریب تبدیل غذایی، خوراک مصرفی و ماندگاری، وزن دهی شدند (۰/۱). این ضریب برای مساحت سطح پرز و درصد لاشه، ۰/۰۵ و برای غلظت پروتئین سرم و وزن نسبی کبد، ۰/۰۲۵ در نظر گرفته شد.

جدول ۳ ماتریس نرمال شده را نشان می دهد. این نرمال سازی به منظور حذف ابعاد منفی و مثبت شاخص های کمی مورد نیاز برای جمع آوری ویژگی ها انجام شد و برای این منظور از مقیاس نرمال استفاده شد. از آنجا که داده های استفاده شده از این جدول به بعد با روش نرمال سازی به دست آمده و در محدوده صفر تا یک قرار دارند، واحدی ندارند. با توجه به اهمیت نسبی شاخص ها و وزن های نسبی در نظر گرفته شده در جدول ۲، ماتریس وزنی شاخص ها در جدول ۴ ارائه شد. سپس بر اساس ماتریس تصمیم گیری، راه حل های مثبت و منفی ایده آل برای هر شاخص تعیین شد (جدول ۵). در ادامه فاصله هر گزینه از ایده آل های مثبت و منفی محاسبه شد که نتایج آن ها در جدول ۶ نشان داده شده است. جدول ۷ نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده آل را نشان می دهد. در این جدول، هر گزینه ای که عدد آن بزرگ تر باشد نسبت به دیگری مطلوب تر است. طبق نتایج این جدول، بالاترین امتیاز مدیریتی مربوط به تیمار فاقد سم و توکسین بایندر (شاهد مثبت) بود (۰/۶۸۶۲) و امتیازات مدیریتی کسب شده پس از آن نشان داد که به ترتیب توکسین بایندرهای آلفا (۰/۶۷۳۰)، بتا (۰/۶۶۹۹) و مایکوفیکس پلاس (۰/۵۸۵۲) توانستند اثرات منفی سم را جبران نمایند و کمترین امتیاز مدیریتی نیز در تیمار دارای سم آفلاتوکسین و فاقد توکسین بایندر (شاهد منفی) مشاهده شد (۰/۱۰۳۸).

جدول ۳- ماتریس نرمال تهیه شده برای جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای

صفت مورد بررسی	وزن	خوراک	ضریب	درصد	شاخص	درصد	پروتئین	مساحت	وزن	هزینه
زنده	مصرفی	تبدیل	ماندگاری	تولید	لاشه	تام	سر	سطح	نسبی	خوراک/
		غذایی						پر	کبد	کیلو گرم
										وزن زنده
جیره فاقد سم و توکسین بایندر (شاهد مثبت)	۰/۴۷۵۴	۰/۴۶۹۷	۰/۴۴۱۶	۰/۴۴۷۷	۰/۴۸۱۳	۰/۴۳۸۲	۰/۵۱۶۲	۰/۳۸۴۵	۰/۴۱۹۹	۰/۴۴۰۶
جیره دارای سم آفلانوکسین و فاقد توکسین بایندر (شاهد منفی)	۰/۴۲۰۶	۰/۴۴۱۱	۰/۴۶۹۴	۰/۴۳۷۹	۰/۳۹۳۷	۰/۴۵۰۸	۰/۳۵۳۲	۰/۲۶۲۴	۰/۴۷۳۸	۰/۴۶۸۴
شاهد منفی + مایکوفیکس پلاس	۰/۴۳۷۷	۰/۴۳۱۴	۰/۴۴۱۱	۰/۴۵۰۱	۰/۴۴۵۴	۰/۴۵۲۶	۰/۳۵۳۲	۰/۵۲۰۵	۰/۴۴۸۸	۰/۴۴۰۰
شاهد منفی + نوی توکس آلفا	۰/۴۴۴۸	۰/۴۴۴۹	۰/۴۴۳۲	۰/۴۵۰۱	۰/۴۴۸۳	۰/۴۴۱۲	۰/۵۴۳۳	۰/۵۵۹۸	۰/۴۵۴۶	۰/۴۴۷۵
شاهد منفی + نوی توکس بتا	۰/۴۵۵۶	۰/۴۴۸۰	۰/۴۴۰۱	۰/۴۵۰۱	۰/۴۶۲۶	۰/۴۵۳۱	۰/۴۳۴۷	۰/۴۴۶۲	۰/۴۳۷۲	۰/۴۳۸۹

جدول ۴- ماتریس وزنی تهیه شده برای جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای

صفت مورد بررسی	وزن	خوراک	ضریب	درصد	شاخص	درصد	پروتئین	مساحت	وزن	هزینه
زنده	مصرفی	تبدیل	ماندگاری	تولید	لاشه	تام	سر	سطح	نسبی	خوراک/ کیلو گرم وزن زنده
جیره فاقد سم و توکسین بایندر (شاهد مثبت)	۰/۱۱۸۹	۰/۰۴۷۰	۰/۰۴۴۲	۰/۰۴۴۸	۰/۰۷۷۲	۰/۰۲۱۹	۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۹۲	۰/۰۱۰۵	۰/۰۶۶۱
جیره دارای سم آفلانوکسین و فاقد توکسین بایندر (شاهد منفی)	۰/۱۰۵۱	۰/۰۴۴۱	۰/۰۴۶۹	۰/۰۴۳۸	۰/۰۵۹۱	۰/۰۲۲۵	۰/۰۰۸۸	۰/۰۱۳۱	۰/۰۱۱۸	۰/۰۷۰۳
شاهد منفی + مایکوفیکس پلاس	۰/۱۰۹۴	۰/۰۴۳۱	۰/۰۴۴۱	۰/۰۴۵۰	۰/۰۶۶۸	۰/۰۲۲۶	۰/۰۰۸۸	۰/۰۲۶۰	۰/۰۱۱۲	۰/۰۶۶۰
شاهد منفی + نوی توکس آلفا	۰/۱۱۱۲	۰/۰۴۴۵	۰/۰۴۴۳	۰/۰۴۵۰	۰/۰۶۷۲	۰/۰۲۲۱	۰/۰۱۳۶	۰/۰۲۸۰	۰/۰۱۱۴	۰/۰۶۷۱
شاهد منفی + نوی توکس بتا	۰/۱۱۳۹	۰/۰۴۴۸	۰/۰۴۴۰	۰/۰۴۵۰	۰/۰۶۹۴	۰/۰۲۲۷	۰/۰۱۰۹	۰/۰۲۲۳	۰/۰۱۰۹	۰/۰۶۵۸

جدول ۵- ماتریس ایده آل منفی و مثبت برای ارزیابی عملکرد جوجه های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه ای

صفت	وزن	خوراک	ضریب	درصد	شاخص	درصد	پروتئین	مساحت	وزن	هزینه
مورد	زنده	مصرفی	تبدیل	ماندگاری	تولید	لاشه	تام	سطح	نسبی	خوراک/
بررسی			غذایی				سرم	پرز	کبد	کیلوگرم
										وزن زنده
ایده آل	۰/۱۱۸۹	۰/۰۴۳۱	۰/۰۴۴۰	۰/۰۴۵۰	۰/۰۷۷۲	۰/۰۲۲۷	۰/۰۱۳۶	۰/۰۲۸۰	۰/۰۱۰۵	۰/۰۶۵۸
مثبت										
ایده آل	۰/۱۰۵۱	۰/۰۴۷۰	۰/۰۴۶۹	۰/۰۴۳۸	۰/۰۵۹۱	۰/۰۲۱۹	۰/۰۰۸۸	۰/۰۱۳۱	۰/۰۱۱۸	۰/۰۷۰۳
منفی										

جدول ۶- تعیین فاصله بین مقادیر و راه حل های ایده آل مثبت و منفی برای ارزیابی عملکرد جوجه های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه ای

صفت مورد بررسی	ایده آل مثبت	ایده آل منفی
جیره فاقد سم و توکسین بایندر (شاهد مثبت)	۰/۰۰۹۶	۰/۰۲۱۰
جیره دارای سم آفلانوکسین و فاقد توکسین بایندر (شاهد منفی)	۰/۰۲۵۲	۰/۰۰۲۹
شاهد منفی + مایکوفیکس پلاس	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۷۰
شاهد منفی + نوی توکس آلفا	۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۹۳
شاهد منفی + نوی توکس بتا	۰/۰۰۸۷	۰/۰۱۷۶

جدول ۷- ضریب نزدیکی محاسبه شده برای ارزیابی عملکرد جوجه های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه ای

صفت مورد بررسی	ضریب نزدیکی
جیره فاقد سم و توکسین بایندر (شاهد مثبت)	۰/۶۸۶۲
شاهد منفی + نوی توکس آلفا	۰/۶۷۳۰
شاهد منفی + نوی توکس بتا	۰/۶۶۹۹
شاهد منفی + مایکوفیکس پلاس	۰/۵۸۵۲
جیره دارای سم آفلانوکسین و فاقد توکسین بایندر (شاهد منفی)	۰/۱۰۳۸

بحث

آلودگی جیره به سم آفلاتوکسین منجر به وارد آمدن زیان‌های قابل توجه به صنعت پرورش طیور می‌شود (سرامی، ۱۳۹۷) و پژوهش‌ها از دیرباز نشان داده که وجود این سم در خوراک باعث کاهش وزن بدن، خوراک مصرفی و افزایش ضریب تبدیل می‌گردد (Liu و همکاران، ۲۰۱۸؛ Zou و همکاران، ۲۰۲۳). افزایش ضریب تبدیل غذایی در گروه مصرف‌کننده آفلاتوکسین احتمالاً به دلیل کاهش اشتها در این گروه است که این خود می‌تواند یک روش دفاعی در مرغ‌ها برای کاهش اثرات آفلاتوکسین باشد.

ژائو^۹ و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود گزارش کردند درصد تلفات در گروه شاهد و گروه‌هایی که غلظت یک و دو میلی گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین را دریافت کردند به ترتیب ۴، ۱۲، ۲۸ درصد بود. بنابراین یکی از دلایل کاهش شاخص تولید در گروه شاهد منفی، کاهش وزن زنده، افزایش ضریب تبدیل غذایی و کاهش درصد ماندگاری بود که با نتایج شاخص تولید در گزارش‌های گذشته مطابقت داشت (Nemati و همکاران، ۲۰۱۵).

آنچه در نتایج این پژوهش در زمینه اثربخشی مثبت توکسین بایندر بر تخفیف اثرات سم مشاهده شد، با یافته‌های گذشته مشابهت داشت (Monson و همکاران ۲۰۱۵، Azghadi و همکاران، ۲۰۲۴). نتایج پژوهش‌ها نشان داده که استفاده هم‌زمان پروپیونی باکتریوم و لاکتوباسیلوس در جیره طیور به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ۴۰ درصدی جذب آفلاتوکسین در روده (دوازدهه) مرغ‌ها شد (Monson و همکاران، ۲۰۱۵). در پژوهشی دیگر استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصی نشان داد که افزودن توآمان توکسین بایندر چند جزئی (ASRI1) و پروبیوتیک پروتکسین[®]، گزینه مناسبی برای بهبود صفات تولیدی جوجه‌های گوشتی در شرایط مصرف جیره‌های آلوده به آفلاتوکسین است (اسدی و همکاران، ۱۴۰۱). اخیراً، فوچساتو^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۴) نیز نشان دادند که استفاده توآمان از ساکارومایسس سرویزیه و لاکتوباسیلوس رامونوس در جیره جوجه‌های گوشتی باعث کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین بر میانگین وزن و ضریب تبدیل غذایی می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر که از توکسین بایندرهای چندجزئی حاوی لاکتوباسیلوس‌ها و مخمر استفاده شده بود، مشابهت داشت. این موضوع می‌تواند به خواص ضد مایکوتوکسینی این میکروارگانیسم‌ها مرتبط باشد (Fochesato و همکاران، ۲۰۱۹؛ Ploni و همکاران، ۲۰۲۰). از میان اجزای مختلف لاشه افزودن سم سبب افزایش وزن نسبی کبد جوجه‌های گوشتی در پژوهش حاضر شد. لیو^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۲) نیز افزایش وزن کبد را در تیمارهایی که آفلاتوکسین دریافت کرده بودند را گزارش کردند. افزایش وزن کبد و کلیه می‌تواند به تشدید فعالیت این اندام‌ها در جهت دفع سم از بدن مرتبط باشد (Guo و همکاران، ۲۰۲۲).

⁹ Zhao¹⁰ Fochesato¹¹ Liu

در پژوهش حاضر افزودن سم آفلاتوکسین به جیره سبب کاهش غلظت پروتئین کل در سرم خون جوجه‌های گوشتی شد. به طور مشابه در پژوهش‌های دیگر نیز کاهش سطح پروتئین، کلسیم و فسفر سرم در شرایط مسمومیت جوجه‌های گوشتی با آفلاتوکسین گزارش شده است (Zhao و همکاران، ۲۰۱۰؛ Chen و همکاران، ۲۰۱۴). استفاده از توکسین بایندهای نوی توکس آلفا و بتا سبب بهبود این شاخص شد.

اندازه طول پرز میزان جذب در روده را نشان می‌دهد و کریپت‌ها مسئول جایگزینی پرزهای ازدست‌رفته هستند. پرز بلند نشان‌دهنده جذب خوب و کریپت مسطح به این معنی است که جایگزینی پرزها به خوبی انجام می‌شود و نسبت طول پرز به عمق کریپت می‌تواند نشان‌دهنده میزان هضم و جذب در روده کوچک باشد (Yang و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهش حاضر، افزودن آفلاتوکسین B₁ به جیره سبب کاهش شاخص جذب در ژرژنوم شد و استفاده از توکسین بایندر تجاری، نوی توکس آلفا و نوی توکس بتا سبب بهبود اثرات منفی سم بر شاخص جذب شد. کاهش طول پرز در هر سه بخش روده باریک در اثر سم گزارش شده است (Monson و همکاران، ۲۰۱۵). پرز کوتاه و عمق نامناسب کریپت نشان‌دهنده جذب پایین مواد مغذی و در نتیجه کاهش عملکرد است (Agboola و همکاران، ۲۰۱۵). اصولاً سلول‌های که نرخ تکثیر بالایی دارند، هدف اصلی آفلاتوکسین‌ها هستند و این ترکیب باعث مهار سنتز پروتئین از طریق اتصال به RNA شده و نیز تمایل بالایی برای اتصال به DNA دارد. این اتفاقات در روده باعث تأثیر و اختلال در هضم و جذب از طریق تأثیر بر تکثیر پرزها و نیز اختلال در عملکرد روده می‌شود (Murugesan و همکاران، ۲۰۱۵).

در بین اندام‌های پرنده، روده به طور مستقیم با مایکوتوکسین‌ها در ارتباط است (Grenier و Applegate، ۲۰۱۳)؛ با این وجود، در پژوهش حاضر پرندگان دریافت‌کننده توکسین بایندر توانستند به خوبی اثرات سوء آفلاتوکسین بر شاخص جذب را کنترل کنند و این مشاهده با نتایج عملکرد این تیمارها نیز هم‌خوانی داشت. به طور مشابه در تحقیقی کاهش طول پرز روده در بوقلمون‌ها تحت تأثیر جیره آلوده به سم قارچ فوزاریوم دیده شد، ولی دیواره مخمر (گلوکومانان) استفاده شده در جیره توانست، این کاهش طول پرز را جبران نماید (Devreese و همکاران، ۲۰۱۴). لازم به ذکر است که تبدیل آفلاتوکسین به ترکیب سمی AFB₁-exo-8,9-epoxide تنها در کبد انجام نشده بلکه در روده نیز صورت می‌گیرد و حضور توکسین بایندر مناسب در جیره می‌تواند در این فرآیند (تولید متابولیت‌های سمی در روده) اختلال ایجاد نمایند (Lai و همکاران، ۲۰۲۲).

نتیجه‌گیری نهایی

به طور کلی استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند شاخصی نشان داد که در بین توکسین بایندهای مورد ارزیابی، به ترتیب توکسین بایندهای نوی توکس آلفا، نوی توکس بتا و مایکوفیکس پلاس دارای اولویت مصرف در جیره‌های جوجه‌های گوشتی به‌ویژه در شرایط آلودگی به آفلاتوکسین هستند.

منابع

- اسدی، س.ب.، آقاشاهی، ع.، فخرائی، ج.، حسینی، س. ع. و منصوری یاراحمدی، ح. (۱۴۰۱). بررسی اثرات جاذب‌های سموم و زیست‌یار باکتریایی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی با استفاده از روش مدیریت تصمیم-گیری چند شاخصی. نشریه علوم دامی (پژوهش و سازندگی)، ۱۳۴ (۳۵): ۱۷-۲۸.
- چسرامی، س. (۱۳۹۷). بهینه‌سازی و تولید توکسین‌بایندر میکروبی و ارزیابی کارایی آن در آزمون‌های مزرعه. پایان نامه دکتری تخصصی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک.
- مؤمنی، م. (۱۳۸۵). مباحث نوین تحقیق در عملیات (چاپ اول)، انتشارات دانشگاه تهران. ص. ۱۸۰.
- Agboola, A.F., Omidwura, B.R.O., Odu, O., Odupitan, F.T. and Iyayi, E.A. (2015). Effect of probiotic and toxin binder on performance, intestinal microbiota and gut morphology in broiler chickens. *Journal of Animal Science Advances*. 5(7): 1369-1379. doi.org/10.5455/jasa.20150709085312
- Azghadi, M.A., Sedghi, M., Sarrami, Z., Kimiaieitalab, M.V., Ghasemi, R. and Mohammadi, I. (2024). Effect of adding a toxin binder to the aflatoxin-infected diet on growth performance, intestinal morphology, immune responses, and liver pathological changes of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 26(4): 1-14. doi.org/10.1590/1806-9061-2024-1950
- Bovo, F., Franco, L.T., Kobashigawa, E., Rottinghaus, G.E., Ledoux, D.R. and Oliveira, C.A.F. (2015). Efficacy of beer fermentation residue containing *Saccharomyces cerevisiae* cells for ameliorating aflatoxicosis in broilers. *Poultry Science*. 94(5): 934-942. doi.org/10.3382/ps/pev067
- Chen, J., Chen, K., Yuan, S., Peng, X., Fang, J., Wang, F., Cui, H., Chen, Z., Yuan, J. and Geng, Y. (2011). Effects of aflatoxin B₁ on oxidative stress markers and apoptosis of spleens in broilers. *Toxicology and Industrial Health*, 14: 1-7.
- Chen, X., Horn, N. and Applegate, T.J. (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. doi.org/10.3382/ps.2014-03984
- Cobb-Vantress. 2018. Cobb 500 Broiler Performance and Nutrition Supplement. www. Cobb-Vantress.com
- Devreese, M., Girgis, G.N., Tran, S.T., De Baere, S., De Backer, P., Croubels, S. and Smith, T.K. (2014). The effects of feed-borne *Fusarium* mycotoxins and glucomannan in turkey poults based on specific and non-specific parameters. *Food and chemical toxicology*, 63(1): 69-75. doi.org/10.1016/j.fct.2013.10.044
- Eskola, M., Kos, G., Elliott, C.T., Hajšlová, J., Mayar, S., and Krska, R. (2020). Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 60(16): 2773-2789. doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570
- Fochesato, A.S., Cuello, D., Poloni, V., Galvagno, M.A., Dogi, C.A. and Cavaglieri, L.R. (2019). Aflatoxin B₁ adsorption/desorption dynamics in the presence of *Lactobacillus rhamnosus* RC007 in a gastrointestinal tract- simulated model. *Journal of Applied Microbiology*. 126(1): 223-229. doi.org/10.1111/jam.14101
- Fochesato, A.S., Martínez, M.P., Cuello, D., Poloni, V.L., Luna, M.J., Magnoli, A.P., Fernández, C. and Cavaglieri, L.R. (2024). Effects of a mixed additive based on *Saccharomyces*

- cerevisiae* and *Lactobacillus rhamnosus* on broilers exposed to aflatoxin B₁ by contaminated feed. *Revista Argentina de Microbiología*. 56(3): 312-321. doi.org/10.1016/j.ram.2023.11.006
- Gholami-Shabani, M., Shams-Ghahfarokhi, M. and Razzaghi-Abyaneh, M. (2017). Aflatoxins and aflatoxigenic fungi in Iran: A systematic review of the past, present, and future. *Mycologia Iranica* 4(2): 65-84. doi.org/10.22043/mi.2017.116760
- Grenier, B. and Applegate, T.J. (2013). Modulation of intestinal functions following mycotoxin ingestion: meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins*, 5(2): 396-430. doi.org/10.3390/toxins5020396
- Guo, H., Wang, P., Liu, C., Zhou, T., Chang, J., Yin, Q., Wang, L., Jin, S., Zhu, Q., and Lu, F. (2022). Effects of compound mycotoxin detoxifier on alleviating aflatoxin B₁-induced inflammatory responses in intestine, liver and kidney of broilers. *Toxins*, 14(10): 665. doi.org/10.3390/toxins14100665
- Hosseini, S.A., Alizadeh-Ghamsari, A.H., Lotfollahian, H., Javaheri-Barfourooshi, H., Amirsadeghi, M. and Yousefi, K. (2022). Determining the optimal level of wheat middlings in the diet of Arian broilers by multi-attribute decision making method. *Research Journal of Livestock Science*. 35(136): 59-70. doi.org/10.22092/asj.2022.355979.2179
- Javaheri-Barfourooshi, H., Sadeghipanah, H., Asadzadeh, N., Hosseini, S.A. and Alizadeh-Ghamsari, A.H. (2023). Multi- attribute decision- making: use of scoring methods to choose the best form of dietary fat supplement in pregnant Saanen goats. *Veterinary Medicine and Science*. 9(6): 2912-2919. doi.org/10.1002/vms3.1298
- Kolossova, A. and Stroka, J. (2011). Substances for reduction of the contamination of feed by mycotoxins: a review. *World Mycotoxin Journal*. 4(3): 225-256. doi.org/10.3920/WMJ2011.1288
- Lai, Y., Sun, M., He, Y., Lei, J., Han, Y., Wu, Y., Bai, D., Guo, Y. and Zhang, B. (2022). Mycotoxins binder supplementation alleviates aflatoxin B₁ toxic effects on the immune response and intestinal barrier function in broilers. *Poultry Science*. 101(3): 101683. doi.org/10.1016/j.psj.2021.101683
- Liu, N., Wang, J.Q., Jia, S.C., Chen, Y.K. and Wang, J. P. (2018). Effect of yeast cell wall on the growth performance and gut health of broilers challenged with aflatoxin B₁ and necrotic enteritis. *Poultry Science*. 97(2): 477-484. doi.org/10.3382/ps/pex342
- Liu, W.C., Yang, Y.Y., Pushparaj, K. and Balasubramanian, B. (2022). Evaluation of hepatic detoxification effects of *Enteromorpha prolifera* polysaccharides against aflatoxin B₁ in broiler chickens. *Antioxidants*. 11(9): 1757. doi.org/10.3390/antiox11091757
- Lotfollahian, H., Hajati, H., Hossieni, S.A., Alizadeh-Ghamsari, A.H. and Tasharofi, S. (2023). Assessing of peppermint as a replacement for antibiotic and probiotic using technique for order of preference by similarity to the ideal solution. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 13(3): 527-534.
- Marchewka, J., Sztandarski, P., Zdanowska-Sasiadek, Ż., Adamek-Urbańska, D., Damaziak, K., Wojciechowski, F., Riber, A.B. and Gunnarsson, S. (2021). Gastrointestinal tract morphometrics and content of commercial and indigenous chicken breeds with differing ranging profiles. *Animals*, 11(7): 1881. https://doi.org/10.3390/ani11071881
- Marcu A., Vacaru-Opriș I., Dumitrescu G., Ciochina L.P., Marcu A., Nicula M., Peț I., Dronca D. and Kelciov B. (2013). The influence of the genotype on economic efficiency of broiler chicken's growth. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*. 46(2): 339-346.

- Monson, M.S., Coulombe, R.A. and Reed, K.M. (2015). Aflatoxicosis: Lessons from toxicity and responses to aflatoxin B₁ in poultry. *Agriculture*. 5(3): 742-777. doi.org/10.3390/agriculture5030742
- Murugesan, G.R., Ledoux, D.R., Naehrer, K., Berthiller, F., Applegate, T.J., Grenier, B., Phillips, T.D. and Schatzmayr, G. (2015). Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. *Poultry Science*. 94(6): 1298-1315. doi.org/10.3382/ps/pev075
- Nemati, Z., Karimi, A. and Besharati, M. (2015). Effects of aflatoxin B₁ and yeast cell wall supplementation on the growth performance of broilers. In Proceedings of International Conference on Innovations in Chemical and Agricultural Engineering. pp. 117-120. Kaula Lumpur, Malaysia.
- Oğuz, H., Bahçivan, E. and Erdoğan, T. (2018). Detoxification of aflatoxin in poultry feed: An update. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*. 34(4): 204-227. doi.org/10.15312/EurasianJVetSci.2018.203
- Poloni, V., Magnoli, A., Fochesato, A., Cristofolini, A., Caverzan, M., Merkis, C., Montenegro, M. and Cavaglieri, L. (2020). A *Saccharomyces cerevisiae* RC016-based feed additive reduces liver toxicity, residual aflatoxin B₁ levels and positively influences intestinal morphology in broiler chickens fed chronic aflatoxin B₁-contaminated diets. *Animal Nutrition*. 6(1): 31-38. doi.org/10.1016/j.aninu.2019.11.006
- Yang, J., Bai, F., Zhang, K., Lv., X., Bai, S., Zhao, L., Peng, X., Ding, X., Li, Y. and Zhang, J. (2012). Effects of feeding corn naturally contaminated with AFB₁ and AFB₂ on performance and aflatoxin residues in broilers. *Czech Journal of Animal Science*. 57: 506-515. doi.org/10.17221/6383-CJAS
- Zhao, J., Shirley, R.B., Dibner, J.D., Uraizee, F., Officer, M., Kitchell, M., Vazquez-Anon, M. and Knight, C.D. (2010). Comparison of hydrated sodium calcium aluminosilicate and yeast cell wall on counteracting aflatoxicosis in broiler chicks. *Poultry Science*. 89(10): 2147-2156. doi.org/10.3382/ps.2009-00608
- Zou, Y., Liu, S.B., Zhang, Q. and Tan, H.Z. (2023). Effects of Aflatoxin B₁ on growth performance, carcass traits, organ index, blood biochemistry and oxidative status in Chinese yellow chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*. 85(9): 1015-1022. doi.org/10.1292/jvms.23-0130

Technical and economical assessment of adding Iranian and foreign toxin binders to the diet of broiler chickens contaminated with aflatoxin using multi-attribute decision-making method

Abstract

The present experiment was conducted to evaluate the effect of adding Iranian and foreign toxin binders to the diet of broiler chickens contaminated with aflatoxin, using 200 day-old Cobb 500 chicks with 5 treatments, 4 replicates, and 10 birds in each replicate. The experimental diets included: 1) a basal diet without aflatoxin and toxin binder (positive control), 2) basal diet containing 1200 ppm aflatoxin B₁ and lacking toxin binder (negative control), 3) negative control + commercial foreign toxin binder Mycofix plus[®] at a rate of 3 grams per kilogram, 4) negative control+ Iranian toxin binder Novitox alpha at a rate of 3 grams per kilogram, and 5) negative control+ Iranian toxin binder Novitox beta at a rate of 3 grams per kilogram of diet. After collecting data on growth performance, jejunal villus surface area, feed cost per kilogram of live body weight and total serum protein concentration of the broiler chickens at 42 days of age, a

multi-attribute decision-making model was used to assess and compare the effects of using Iranian and foreign toxin binders. The results showed that the highest management score in this model belonged to the positive control treatment (0.6862), followed by negative control+ Novitox Alfa (0.6730), negative control+ Novitox Beta (0.6699), and negative control+ Mycofix Plus[®] (0.5852). Overall, the Iranian and foreign toxin binders used in this study were able to compensate for the performance decline caused by the presence of toxins in the diets of broilers, with a preference for using domestic products over foreign samples.

Keywords: Toxin binder, Broiler chicken, Performance, Intestinal morphology, Multi-attribute decision-making.