



مقاله علمی - ترویجی

مروری بر مایکوتوکسین‌ها در تغذیه طیور

کیوان جلوه قاضیانی^۱ و زهرا بیابانی اصلی^{۲،۳}^۱ دکتری تخصصی علوم دامی، مدیر واحد تحقیق و توسعه، شرکت سپیدماکیان، رشت، گیلان، ایران^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه طیور، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده علوم دامی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران^۳ پژوهشگر واحد تحقیق و توسعه شرکت سپیدماکیان، رشت، گیلان، ایران<https://doi.org/10.22059/domesticsj.2024.380529.1156>

چکیده

اصطلاح مایکوتوکسین از "mykes" و "toxin" گرفته شده است که به ترتیب به معنی قارچ و سم است. مایکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه با وزن مولکولی پایین هستند که توسط طیف وسیعی از قارچ‌ها، عمدتاً کپک‌ها تولید می‌شوند. بیش از ۲۰۰ گونه کپک وجود دارد که مایکوتوکسین تولید می‌کنند. آفلاتوکسین‌ها (AF: Aflatoxin)، زئرانون (ZEN: Zearalenone)، اکراتوکسین A (OTA: Ochratoxin A)، فومونیزین‌ها (FUM: Fumonisin)، تریکوتسن‌ها مانند دئوکسی نیوالنول (DON: Deoxy nivalenol) و سم T-2 برخی از مایکوتوکسین‌هایی هستند که می‌توانند به طور قابل توجهی بر سلامت و بهره‌وری گونه‌های طیور تأثیر بگذارند. رشد قارچ و متعاقب آن تشکیل مایکوتوکسین به عوامل مختلفی از جمله فصل، محل کشت غلات، خشکسالی و زمان برداشت بستگی دارد. تجزیه و تحلیل طولانی مدت نمونه‌های غلات و خوراک در سراسر جهان نشان داده است که ممکن است دانه‌هایی با غلظت بسیار بالای مایکوتوکسین‌ها وجود داشته باشد. مطالعات نشان داد که دانه‌های آلوده به مایکوتوکسین معمولاً حاوی بیش از یک نوع مایکوتوکسین هستند. مایکوتوکسین‌ها منجر به زیان اقتصادی قابل توجهی برای صنعت طیور می‌شوند که مرگ و میر طیور، کاهش وزن بدن، کاهش تعداد و کیفیت تخم‌مرغ، ضریب تبدیل غذایی بالاتر و سرکوب سیستم ایمنی از آن جمله هستند. سرکوب سیستم ایمنی منجر به افزایش حساسیت به عوامل عفونی و پاسخ ضعیف واکسن می‌شود. علاوه بر این، باقی مانده‌های مایکوتوکسین در گوشت مرغ، تخم‌مرغ و محصولات مشتق شده از آن‌ها تهدیدی برای سلامت انسان است.

کلمات کلیدی: سم، طیور، قارچ، مایکوتوکسیکوز، مایکوتوکسین

*نویسنده مسئول: zahrabiabani73@gmail.com

بخش: تغذیه طیور دبیر تخصصی: دکتر امیر مصیب‌زاده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۹/۱۷

رفرنس دهی: جلوه قاضیانی، ک.، بیابانی اصلی، ز. مروری بر مایکوتوکسین‌ها در تغذیه طیور. علمی - ترویجی (حرفه‌ای) دامستیک، ۱۴۰۳؛ ۲۴(۳): ۲۲-۲۹.



* این مقاله در اولین همایش بین‌المللی و دومین همایش ملی نشریه دامستیک دانشگاه تهران پذیرش شده است.



مقدمه

مایکوتوکسین‌ها عامل اصلی گروهی از بیماری‌ها به نام مایکوتوکسیکوز هستند که در ترکیب با سایر عوامل استرس‌زا مانند پاتوژن‌ها بروز می‌کنند (Raju and Devegowda, 2000). موارد حاد ناشی از مصرف سطوح بالای مایکوتوکسین‌ها ممکن است منجر به مرگ‌ومیر و کاهش قابل توجه در بهره‌وری طیور شود که با علائم بالینی آشکار و ضایعات پس از مرگ مشخص می‌شود، اگرچه تشخیص این علائم ساده نیست. AF و OTA از آلاینده‌های مشترک در خوراک طیور هستند و به شیوه هم‌افزایی با هم تعامل دارند. در طی مواجهه دوگانه با این سموم، OTA از اثرات عمده AF جلوگیری می‌کند. این امر توانایی تشخیص بالینی آفلاتوکسیکوز را کاهش می‌دهد و کلیه بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین ترکیب سم AF و T2 همانند برهمکنش بین AF و OTA است (Huff et al., 1988). با این حال، در بیشتر موارد، مایکوتوکسیکوز به شکل مزمن بوده و ناشی از مصرف سطوح پایین متابولیت‌های قارچی است که منجر به کاهش عملکرد و بروز تغییرات غیراختصاصی، از جمله خونریزی زیرجلدی در جوجه‌های گوشتی و سرکوب سیستم ایمنی می‌شود (D'mello et al., 1999).

در شرایط پرورش تجاری طیور، مشاهده عملکرد کمتر از حد مطلوب در غیاب عوامل عفونی، محیطی یا مدیریتی، یا کمبود تغذیه‌ای، احتمال آلودگی مایکوتوکسیکوزی را نشان می‌دهد. با این حال، جدا از بررسی شرح حال، ارزیابی بالینی، کالبدگشایی و بررسی میکروسکوپی بافت‌ها و همچنین آنالیز خوراک به منظور تشخیص مایکوتوکسین‌ها در این موارد مزمن ضروری است (Schiefer, 1990).

در چند دهه گذشته، تحقیقات زیادی برای شناسایی، حذف یا سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها شده است. اگرچه در گذشته از روش‌های تشخیص مبتنی بر سنجش ایمونوسوربنت متصل به آنزیم (ELISA) استفاده می‌شد، پیشرفت‌های اخیر در تجزیه و تحلیل و تشخیص مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی و مواد خوراکی این موضوع را به طور قابل توجهی بهبود بخشید. استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) یکی از این پیشرفت‌ها بوده است که شناسایی چندین مایکوتوکسین به طور همزمان در یک نمونه فراهم می‌کند (Schumacher et al., 1997). در سال ۲۰۱۴ با استفاده از کروماتوگرافی مایع همراه با طیف سنجی جرمی (پشت سر هم) (LC-MS/MS) این پتانسیل را به طور خارق‌العاده‌ای برای شناسایی صدها مایکوتوکسین به طور

همزمان در یک نمونه افزایش داد (Malachova et al., 2014). شناخته شده‌ترین روش برای سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها شامل استفاده از جاذب‌های بی‌اثر تغذیه‌ای با ظرفیت اتصال و بی‌حرکت کردن مایکوتوکسین‌ها در دستگاه گوارش حیوانات و در نتیجه کاهش زیست فراهمی آن‌ها می‌باشد (Magnoli et al., 2011). اگرچه این رویکرد خطر برخی از مایکوتوکسین‌ها مانند AF را به خوبی از بین می‌برد، اما به طور جامع روی همه مایکوتوکسین‌های مربوط به صنعت طیور کار نمی‌کند. تبدیل زیستی یکی از روش‌های اثبات شده برای سم‌زدایی مایکوتوکسین‌های غیرقابل جذب با تغییر ساختار مولکولی آنها به متابولیت‌های غیر سمی است که دفع می‌شوند (Grenier et al., 2016). بنابراین سرکوب مایکوتوکسین‌ها نیازمند یک رویکرد یکپارچه از تشخیص تا سم‌زدایی است. هدف از این مقاله بحث در مورد مایکوتوکسین‌ها و اثرات آن‌ها در طیور است.

مایکوتوکسین‌های مرتبط در تغذیه طیور آفلاتوکسین

آفلاتوکسین‌ها، دسته‌ای از مایکوتوکسین‌ها هستند که توسط گونه‌های قارچی جنس *آسپرژیلوس* (فلاووس و پارازیتیکوس) تولید می‌شوند، اغلب در مواد غذایی مورد استفاده برای جیره طیور یافت می‌شوند. شایع‌ترین اشکال AF شامل B1، B2، G1 و G2 است که آفلاتوکسین B1 (AFB1) رایج‌ترین و از نظر بیولوژیکی فعال‌ترین است (Groopman et al., 1981). آفلاتوکسین B تحت تأثیر نور فرابنفش، نور آبی (Blue) منتشر می‌کند، به همین دلیل این آفلاتوکسین با حرف B مشخص شده است (Singh et al., 2022).

آفلاتوکسین‌ها اثرات مختلفی در طیور ایجاد می‌کنند، از جمله کاهش وزن، راندمان غذایی ضعیف، کاهش تولید و وزن تخم مرغ، افزایش چربی کبد، تغییر در وزن اندام‌ها، کاهش سطح پروتئین سرم، کبودی لاشه، آسیب کبدی، کاهش فعالیت چندین آنزیم دخیل در هضم نشاسته، پروتئین، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک و سرکوب سیستم ایمنی از آن جمله هستند (Leeson et al., 1995; Devegowda and Murthy, 2005). شواهد نشان می‌دهد که سرکوب سیستم ایمنی ناشی از AF منجر به شیوع بسیاری از بیماری‌ها، شکست در واکنش‌های ایمنی و تیتراژ آنتی‌بادی ضعیف می‌شود (Devegowda and Murthy, 2005). در کالبدشکافی، کبد معمولاً رنگ پریده و بزرگ می‌شود که در نتیجه آلودگی آفلاتوکسیکوزیس است. از نظر بافت‌شناسی، ضایعات کبدی شامل احتقان سینوس‌های کبدی، خونریزی‌های

کربوکسی کیناز (PEPCK: Phosphoenolpyruvate carboxykinase) تاثیر گذاشته که یک آنزیم کلیدی در گلوکونئوز می‌باشد (Leeson *et al.*, 1995). تعدیل پاسخ ایمنی یکی از روش‌های اصلی عمل مایکوتوکسین‌ها است که می‌تواند بر نحوه واکنش پرندگان به چالش‌های بیماری‌ها و شیوه‌های واکنش‌ناسیون تأثیر بگذارد. مایکوتوکسین‌ها به عنوان یک عامل مستعد برای کاهش ایمنی برای بیماری‌های ویروسی در جوجه‌های گوشتی عمل می‌کنند (Kamalavenkatesh *et al.*, 2005). اکراتوکسین، DON، T2، اسید سیکلوپیزونیک به طور قابل توجهی تیترا آنتی‌بادی را برای ویروس بیماری نیوکاسل، ویروس برونشیت عفونی، ویروس بیماری بورس عفونی و پروتئین شوک حرارتی کاهش داد و همچنین حساسیت پرندگان را به بیماری‌های عفونی افزایش می‌دهد که در شرایط عادی می‌توان از آنها اجتناب کرد (Hanif and Muhammad, 2015; Yunus *et al.*, 2012). Antonissen (2012) و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که حتی دوزهای پایین تا متوسط مایکوتوکسین‌های مختلف فوزاریوم (DON، FB1، T-2، ZEN) پرندگان را مستعد پاسخ شدیدتر به چالش کوکسیدیوز و انتریت نکروتیک می‌کند. علاوه بر این، آلودگی FB1 و DON منجر به چالش انتریت نکروتیک شدیدتر در مطالعات دیگر شد (Antonissen *et al.*, 2012 and Antonissen *et al.*, 2015). کوکسیدیوز یکی از پرهزینه‌ترین بیماری‌ها در طیور است. با نظارت و کاهش مایکوتوکسین‌ها، استراتژی‌های مدیریت کوکسیدیوز می‌تواند مؤثرتر باشد. عملکرد یکی از مهمترین عوامل سودآوری تولید طیور است. مجموعه‌ای از داده‌های آزمایشات علمی نشان داده است که وجود مایکوتوکسین‌ها در جیره طیور به طور معنی‌دار مصرف خوراک را تا ۱۲ درصد افزایش و وزن بدن را تا ۱۴ درصد کاهش می‌دهد که منجر به اختلال ۷ درصد در ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با گروه‌های غیرآلوده شد (Andretta *et al.*, 2011). ثابت شده است که فومونیزین، زئراننون، DON و DAS موجب کاهش عملکرد جوجه‌های گوشتی در شرایط تجاری می‌شوند (Kolawole *et al.*, 2020).

زئراننون

زئراننون (ZEN) یکی از رایج‌ترین مایکوتوکسین‌هایی است که عمدتاً توسط *Fusarium graminearum* تولید می‌شود و به طور گسترده‌ای ذرت، گندم، جو، سورگوم، برنج و غلات دیگر را آلوده می‌کند (Abid *et al.*, 2003; Jiang *et al.*, 2012). ZEN و متابولیت‌های آن ساختار بیولوژیکی شبیه به استروژن

کانونی، واکوئولاسیون سیتوپلاسمی چربی مرکز لوبولار و/یا نکروز، هیپرپلازی صفراوی و ارتشاح لنفوئید گره‌ای می‌باشد (Leeson *et al.*, 1995).

در سطح سلولی، جوجه‌های تغذیه شده با ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم AFB1، بیان ژن کبدی سوپراکسید دیسموتاز، گلوکاتایون اس ترانسفراز و اپوکسید هیدرولاز را کاهش و بیان ژن اینترلوکین ۶ و سیتوکروم p450A1 و 2H1 را افزایش دادند (Yarru *et al.*, 2009).

در جوجه‌های تغذیه شده با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم AFB1، ژن‌های مختلف کبدی مرتبط با تولید انرژی و متابولیسم اسیدهای چرب (کارنیتین پالمیتوئیل ترانسفراز)، رشد و نمو (فاکتور رشد شبه انسولین ۱)، حفاظت آنتی‌اکسیدانی (گلوکاتایون اس ترانسفراز)، سم‌زدایی (اپوکسی هیدرولاز) انعقاد (فاکتورهای انعقادی IX و X) و ایمنی (اینترلوکین‌ها) کاهش یافت، در حالی که ژن‌های مرتبط با تکثیر سلولی (اورنیتین دکربوکسیلاز) افزایش یافتند (Yarru, 2008).

اکراتوکسین

اکراتوکسین‌ها از لحاظ ساختاری مربوط به متابولیت‌هایی هستند که توسط قارچ‌های متعلق به جنس‌های *Aspergillus* و *Penicillium* تولید می‌شوند. (OTA) شایع‌ترین مایکوتوکسین این گروه است. علائم سمیت OTA در طیور شامل ضعف، کم خونی، کاهش مصرف خوراک، کاهش سرعت رشد و تولید تخم، پره‌ای ضعیف و مرگ و میر بیش از حد در غلظت‌های بالای جیره است (Gibson *et al.*, 1989).

تغییرات پاتوفیزیولوژیک شامل کاهش غلظت ادرار و سرعت فیلتراسیون گلومرولی، اختلال در عملکرد لوله پروگزیمال، دژنراسیون و تغییرات فراساختاری در یکپارچگی کلیه است (Huff and Hamilton, 1975; Glahn *et al.*, 1988). افزایش وزن نسبی کبد، طحال، پانکراس، پیش‌معدة و سنگدان نیز در طیور تغذیه شده با OTA گزارش شده است (Gibson *et al.*, 1988; Huff *et al.*, 1989).

اکراتوکسین A شامل یک بخش ایزوکومارین است که از طریق گروه ۷ کربوکسی به اسید آمینه آل بتا فنیل آلانین متصل است. در سطح سلولی، OTA با مهار آنزیم فنیل آلانین-tRNA سنتتاز، با سنتز DNA، RNA و پروتئین تداخل ایجاد می‌کند (Marquardt and Frohlich, 1992).

اکراتوکسین A همچنین بر متابولیسم کربوهیدرات کلیوی از طریق کاهش mRNA کلیوی کدکننده فسفوانول پیروات

تری‌کوتسین‌ها

تری‌کوتسین‌ها (TCT) گروهی از ترکیب شیمیایی هستند که به مایکوتوکسین‌ها مرتبط هستند و توسط گونه‌های مختلف قارچ رشته‌ای مانند *Fusarium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, and *Spicellum* تولید می‌شوند و تهدیدی برای سلامت انسان و حیوانات هستند (Chen *et al.*, 2020; Melicevic *et al.*, 2010). قارچ‌هایی که قادر به تولید TCT هستند در سراسر جهان یافت می‌شوند. TCTها غیرفرار و با وزن مولکولی پایین (معمولاً ۵۰۰-۲۰۰ دالتون) هستند که توسط مسیر بیوسنتزی ترپنوئیدی سنتز می‌شوند (Arunachalam and Doohan, 2013; Nielsen *et al.*, 2009). آنها نسبتاً در آب محلول هستند، اما در حلال‌های آلی قطبی مانند اتیل استات، کلروفرم، اتانول، متانول و پروپیلن گلیکول بسیار محلول هستند (Polak and Paszczyk, 2021). سمی‌ترین TCT شامل T-2 Toxin، HT-2 Toxin، دئوکسی نیوالنول (DON)، نیوالنول (NIV) و diacetoxyscirpenol (DAS) است (Nayakwadi *et al.*, 2020).

مکانیسم اثر آنها عمدتاً مبتنی بر مهار سنتز پروتئین و آسیب سلولی اکسیداتیو است که به دنبال آن اختلال در سنتز اسید نوکلئیک و مرگ سلولی رخ می‌دهد (Pinton and Oswald, 2014). منابع اصلی TCT در خوراک، گندم، جو، چاودار، جو دوسر و ذرت می‌باشند (Male *et al.*, 2016; Pascari *et al.*, 2020). آنها همچنین در یونجه، کاه، سبزیجات و سیلوی غلات آلوده وجود دارند (Cope, 2018). سم T-2 که متعلق به نوع TCT A است بیشترین سمیت را در بین تمام TCTها دارد (Nayakwadi *et al.*, 2020). شواهدی از حساسیت بالاتر به سالمونلا تیفی موریوم و کمپیلوباکتر ژژونی نیز در حضور تری‌کوتسین (DON و T2) گزارش شد که نشان می‌دهد این ترکیبات ممکن است متابولیسم باکتری را تعدیل کنند. مایکوتوکسین‌ها منجر به "تحریک‌پذیری روده" می‌شوند. هنگامی که اتصالات بین سلول‌های روده آسیب می‌بیند، تبادل مولکول‌ها بین روده و جریان خون اتفاق می‌افتد. این شرایط می‌تواند آلودگی لاشه را تحت تأثیر قرار دهد: پروتئین‌های اضافی در مجرای روده از آلودگی بیشتر باکتری‌های بیماری‌زا مانند گونه‌های سالمونلا و کمپیلوباکتر ژژونی حمایت می‌کند. مقدار بیشتر آب در مجرای روده باعث مدفوع آبکی می‌شود (Verbrugge *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری کلی

تأثیراتی که مایکوتوکسین‌ها بر اقتصاد و سلامتی می‌گذارند، بسیار گسترده است. مایکوتوکسین‌ها سبب کاهش تولید، کاهش ارزش محصول و به مخاطره انداختن سلامت دام

β-استرادیول دارند و می‌توانند به گیرنده‌های استروژن در حیوانات متصل شوند. ZEN بر ساختار کروموزوم و رونویسی و ترجمه ژن‌های مربوطه، تأثیر می‌گذارد و همچنین با تداخل در بیان استروژن و عملکرد اندام، باعث هیپواستروژنیسم در حیوانات می‌شود (Gajecki, 2002; Gajecka *et al.*, 2018). می‌تواند ارزش تغذیه‌ای خوراک را کاهش دهد، به رشد و سلامت دام و طیور آسیب برساند و زیان‌های اقتصادی هنگفتی به تولیدات دامی وارد کند در حالی که طیور تحمل نسبتاً قوی‌تری دارند (Jiang *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2018; Malekinejad *et al.*, 2006).

ZEN بر ساختار کروموزوم تأثیر می‌گذارد و رونویسی و ترجمه ژن تحت تأثیر قرار می‌دهد (Gajeck, 2022; Gajecka *et al.*, 2018). علاوه بر این، ZEN دارای اثر منفی بر تولید، سمیت کبد و کلیه و ضعف سیستم ایمنی است (Jiang *et al.*, 2011; Liu and Applegate, 2020).

جیره‌های حاوی صفر، ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ZEN بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مرغ‌های تخم‌گذار و بوقلمون تأثیر گذاشت، اما تأثیری بر عملکرد تولیدمثلی نشان نداشت (Chi *et al.*, 1980; Allen *et al.*, 1981). مطالعه‌ای نشان داد که ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ZEN می‌تواند باعث آکندروپلازی و کاهش عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی شود (Chen *et al.*, 2019). در مطالعه‌ای دیگر، ۷/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم ZEN در جیره جوجه‌های گوشتی می‌تواند فعالیت γ-گلوتامیل ترانسفراز را در پلاسما افزایش دهد، فعالیت گلووتاتیون پراکسیداز را در کلیه افزایش دهد و باعث استرس اکسیداتیو شود (Gresakova *et al.*, 2012). طیور به ZEN حساسیت بالایی ندارد (Yang *et al.*, 2017; Devreese *et al.*, 2015). دلیل آن جمعیت میکروبی روده آن‌ها می‌باشد (Gratz *et al.*, 2017).

ZEN عمدتاً در حیوانات از طریق واکنش کاهش و اتصال متابولیزه می‌شود و می‌تواند توسط کبد و میکروب‌های روده تبدیل به مواد دیگر شود. ZEN به دو ایزومر، α و β-زرنالنول (α/β-ZOL) تجزیه می‌شود (Zinedine *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2007). واکنش مولد α-ZOL را می‌توان به عنوان مسیر افزایش سمیت و واکنش تولید β-ZOL را به عنوان مسیر سم‌زدایی در نظر گرفت (Rogowska *et al.*, 2019). اثر هم افزایی بین مایکوتوکسین‌ها به عنوان اثر سمی اعمال شده توسط ترکیب مایکوتوکسین‌های مختلف در غلظت‌های خاص که بیشتر از مجموع اثرات هر مایکوتوکسین به صورت جداگانه است، تعریف می‌شود و اثر سمی مایکوتوکسین‌ها را افزایش می‌دهد (Gimeno and Martins, 2011).

- Antonissen, G., Van Immerseel, F., Pasmans, F., Ducatelle, R., Janssens, G. P., De Baere, S., ... & Croubels, S. (2015). "Mycotoxins deoxynivalenol and fumonisins alter the extrinsic component of intestinal barrier in broiler chickens." *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(50), 10846-10855.
- Arunachalam, C., and Doohan, F. M. (2013). "Trichothecene toxicity in eukaryotes: Cellular and molecular mechanisms in plants and animals." *Toxicology letters*, 217(2), 149-158.
- Chen, P., Xiang, B., Shi, H., Yu, P., Song, Y., & Li, S. (2020). "Recent advances on type A trichothecenes in food and feed: Analysis, prevalence, toxicity, and decontamination techniques." *Food Control*, 118, 107371.
- Chen, Y., Cheng, Y., Wen, C., Wang, W., Kang, Y., Wang, A., & Zhou, Y. (2019). "The protective effects of modified palygorskite on the broilers fed a purified zearalenone-contaminated diet." *Poultry science*, 98(9), 3802-3810.
- Chi, M. S., Mirocha, C. J., Weaver, G. A., and Kurtz, H. J. (1980). "Effect of zearalenone on female white leghorn chickens." *Applied and Environmental Microbiology*, 39(5), 1026-1030.
- Cope, R. B. (2018). "Trichothecenes." In *Veterinary toxicology* (pp. 1043-1053). Academic Press. 1043-1053.
- D'mello, J. P. F., Placinta, C. M., and Macdonald, A. M. C. (1999). "Fusarium mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity." *Animal feed science and technology*, 80(3-4), 183-205.
- Devegoda, G., and Murthy, T. N. K. (2005). "Mycotoxins: Their effects in poultry and some practical solutions." 25-56.
- Devreese, M., Antonissen, G., Broekaert, N., De Baere, S., Vanhaecke, L., De Backer, P., & Croubels, S. (2015). "Comparative toxicokinetics, absolute oral bioavailability, and biotransformation of zearalenone in different poultry species." *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(20), 5092-5098.
- Gajęcka, M., Waśkiewicz, A., Zielonka, L., Goliński, P., Rykaczewska, A., Lisieska-Żołnierczyk, S., & Gajęcki, M. T. (2018). "Mycotoxin levels in the digestive tissues of immature gilts exposed to zearalenone and deoxynivalenol." *Toxicon*, 153, 1-11.
- Gajęcki, M. (2002). "Zearalenone--undesirable substances in feed." *Polish journal of veterinary sciences*, 5(2), 117-122.
- Gibson, R. M., Bailey, C. A., Kubena, L. F., Huff, W. E., & Harvey, R. B. (1989). "Ochratoxin A and Dietary Protein.: 1. Effects on Body Weight, Feed Conversion, Relative Organ Weight, and Mortality in Three-Week-Old Broilers." *Poultry science*, 68(12), 1658-1663.

و در نهایت موجب بروز اختلال در سلامت و تولیدات دام و همچنین سبب ایجاد بیماری‌های حاد و مزمن در انسان می‌شوند. بنابراین کاهش مایکوتوکسین‌ها چالش بزرگی است که هیچ راه حلی نیز برای آن وجود ندارد. مایکوتوکسین‌های موجود در محصولات، خطر سلامتی قابل توجهی برای مصرف کنندگان دارند و در سطوح بسیار کم قرار گرفتن در معرض آن‌ها سمی است. مایکوتوکسین‌ها در برابر حرارت پایدار هستند و به سرعت از قسمت‌های آسیب دیده غلات به قسمت‌های سالم پخش می‌شوند. به دلیل سمیت بالای آن‌ها، روش‌های تحلیلی تعیین غلظت مایکوتوکسین باید حساس و قابل اعتماد باشد. برای پیشگیری و کاهش مایکوتوکسین‌ها می‌توان از آلودگی محصولات کشاورزی به مایکوتوکسین با استفاده از مراقبت‌های قبل و بعد از برداشت محصول، استفاده از انواع مقاوم غلات، مدیریت میدانی، استفاده از عوامل بیولوژیکی و شیمیایی، مدیریت برداشت، روش‌های خشک کردن و نگهداری مناسب و تابش جلوگیری کرد.

منابع

- Abid-Essefi, S., Baudrimont, I., Hassen, W., Ouanes, Z., Mobio, T. A and et al (2003). "DNA fragmentation, apoptosis and cell cycle arrest induced by zearalenone in cultured DOK, Vero and Caco-2 cells: prevention by Vitamin E." *Toxicology*, 192(2-3), 237-248.
- Allen, N. K., Mirocha, C. J., Weaver, G., Aakhus-Allen, S. A. N. D. R. A., and Bates, F. (1981). "Effects of dietary zearalenone on finishing broiler chickens and young turkey poults." *Poultry science*, 60(1), 124-131.
- Andretta, I., Kipper, M., Lehnen, C. R., Hauschild, L., Vale, M. M., and et al. (2011). "Meta-analytical study of productive and nutritional interactions of mycotoxins in broilers." *Poultry Science*, 90(9), 1934-1940.
- Antonissen, G., Van Immerseel F., and Croubels S. (2018). "Toward an integrative understanding of the impact of mycotoxins on gut health. World Nutrition Forum." October 3rd, 2018. Cape Town, South Africa.
- Antonissen, G., Croubels, S., Pasmans, F., Ducatelle, R., Haesebrouck, F., and et al (2012). "The mycotoxin deoxynivalenol predisposes for the development of necrotic enteritis in broilers." In *1st ihsig international symposium (IHSIG 2012): Intestinal health management in tomorrow's poultry industry*. Intestinal Health Scientific Interest Group (ihsig).
- Antonissen, G., Van Immerseel, F., Pasmans, F., Ducatelle, R., Haesebrouck, F., and et al. (2014). "The mycotoxin deoxynivalenol predisposes for the development of Clostridium perfringens-induced necrotic enteritis in broiler chickens." *PLoS One*, 9(9), e108775.

- Calibrin-Z." *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 96(6), 1147-1156.
- Kamalavenkatesh, P., Vairamuthu, S., Balachandran, C., Manohar, B. M., & Raj, G. D. (2005). "Immunopathological effect of the mycotoxins cyclopiazonic acid and T-2 toxin on broiler chicken." *Mycopathologia*, 159, 273-279.
- Kolawole, O., Graham, A., Donaldson, C., Owens, B., Abia, W. A., Meneely, J., ... & Elliott, C. T. (2020). "Low doses of mycotoxin mixtures below EU regulatory limits can negatively affect the performance of broiler chickens: A longitudinal study." *Toxins*, 12(7), 433.
- Liu, J., & Applegate, T. (2020). "Zearalenone (ZEN) in livestock and poultry: dose, toxicokinetics, toxicity and estrogenicity." *Toxins*, 12(6), 377.
- Lopez, G., & Leeson, S. (1995). "Response of broiler breeders to low-protein diets.: 1. Adult breeder performance." *Poultry Science*, 74(4), 685-695.
- Magnoli, A. P., Monge, M. P., Miazzi, R. D., Cavaglieri, L. R., Magnoli, C. E., Merkis, C. I., ... & Chiacchiera, S. M. (2011). "Effect of low levels of aflatoxin B1 on performance, biochemical parameters, and aflatoxin B1 in broiler liver tissues in the presence of monensin and sodium bentonite." *Poultry science*, 90(1), 48-58.
- Malachová, A., Sulyok, M., Beltrán, E., Berthiller, F., & Krska, R. (2014). "Optimization and validation of a quantitative liquid chromatography–tandem mass spectrometric method covering 295 bacterial and fungal metabolites including all regulated mycotoxins in four model food matrices." *Journal of Chromatography A*, 1362, 145-156.
- Male, D., Wu, W., Mitchell, N. J., Bursian, S., Pestka, J. J., & Wu, F. (2016). "Modeling the emetic potencies of food-borne trichothecenes by benchmark dose methodology." *Food and Chemical Toxicology*, 94, 178-185.
- Malekinejad, H., Maas-Bakker, R., & Fink-Gremmels, J. (2006). "Species differences in the hepatic biotransformation of zearalenone". *The Veterinary Journal*, 172(1), 96-102.
- Marquardt, R. R., & Frohlich, A. A. (1992). "A review of recent advances in understanding ochratoxigenesis." *Journal of animal science*, 70(12), 3968-3988.
- Miličević, D. R., Škrinjar, M., & Baltić, T. (2010). "Real and perceived risks for mycotoxin contamination in foods and feeds: challenges for food safety control." *Toxins*, 2(4), 572-592.
- Nayakwadi, S., Ramu, R., Kumar Sharma, A., Kumar Gupta, V., Rajukumar, K., Kumar, V., & Basalingappa, K. M. (2020). "Toxicopathological studies on the effects of T-2 mycotoxin and their interaction in juvenile goats." *PloS one*, 15(3), e0229463.
- Gimeno, A., & Martins, M. L. (2011). "Micotoxinas y micotoxicosis en animales y humanos." *Special Nutrients, Florida*, 50-53.
- Glahn, R. P., Wideman Jr, R. F., Evangelisti, J. W., & Huff, W. E. (1988). "Effects of ochratoxin A alone and in combination with citrinin on kidney function of single comb white leghorn pullets." *Poultry Science*, 67(7), 1034-1042.
- Gratz, S. W., Dinesh, R., Yoshinari, T., Holtrop, G., Richardson, A. J., Duncan, G., ... & Tarbin, J. (2017). "Masked trichothecene and zearalenone mycotoxins withstand digestion and absorption in the upper GI tract but are efficiently hydrolyzed by human gut microbiota in vitro." *Molecular nutrition & food research*, 61(4), 1600680.
- Grenier, B., Dohnal, I., Shanmugasundaram, R., Eicher, S. D., Selvaraj, R. K., Schatzmayr, G., & Applegate, T. J. (2016). "Susceptibility of broiler chickens to coccidiosis when fed subclinical doses of deoxynivalenol and fumonisins—special emphasis on the immunological response and the mycotoxin interaction." *Toxins*, 8(8), 231.
- Grešáková, L., Bořutová, R., Faix, Š., Plachá, I., Čobanová, K., Košíková, B., & Leng, L. (2012). "Effect of lignin on oxidative stress in chickens fed a diet contaminated with zearalenone." *Acta Veterinaria Hungarica*, 60(1), 103-114.
- Groopman, J. D., Fowler, K. W., Busby Jr, W. F., & Wogan, G. N. (1981). "Interaction of aflatoxin B 2 with rat liver DNA and histones in vivo." *Carcinogenesis*, 2(12), 1371-1373.
- Hanif, N. Q., & Muhammad, G. (2015). "Immunotoxicity of ochratoxin A and role of Trichosporon mycotoxinivorans on the humoral response to infectious viral disease vaccines in broilers." *Pakistan Journal of Zoology*, 47(6).
- Huff, W. E., & Doerr, J. A. (1981). "Synergism between aflatoxin and ochratoxin A in broiler chickens." *Poultry Science*, 60(3), 550-555.
- Huff, W. E., & Hamilton, P. B. (1975). "The interaction of ochratoxin A with some environmental extremes." *Poultry Science*, 54(5), 1659-1662.
- Huff, W. E., Kubena, L. F., & Harvey, R. B. (1988). "Progression of ochratoxigenesis in broiler chickens." *Poultry science*, 67(8), 1139-1146.
- Jiang, S. Z., Yang, Z. B., Yang, W. R., Gao, J., Liu, F. X., Broomhead, J., & Chi, F. (2011). "Effects of purified zearalenone on growth performance, organ size, serum metabolites, and oxidative stress in postweaning gilts." *Journal of animal science*, 89(10), 3008-3015.
- Jiang, S. Z., Yang, Z. B., Yang, W. R., Wang, S. J., Wang, Y., Broomhead, J., ... & Chi, F. (2012). "Effect on hepatonephric organs, serum metabolites and oxidative stress in post-weaning piglets fed purified zearalenone-contaminated diets with or without

- spectrometry." *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(51), 11292-11303.
- Yarru, L. P. (2008). "Effects of aflatoxin on hepatic gene expression in a poultry model." University of Missouri-Columbia.
- Yarru, L. P., Settivari, R. S., Antoniou, E., Ledoux, D. R., & Rottinghaus, G. E. (2009). "Toxicological and gene expression analysis of the impact of aflatoxin B1 on hepatic function of male broiler chicks." *Poultry Science*, 88(2), 360-371.
- Yunus, A. W., Blajet-Kosicka, A., Kosicki, R., Khan, M. Z., Rehman, H., & Böhm, J. (2012). "Deoxynivalenol as a contaminant of broiler feed: Intestinal development, absorptive functionality, and metabolism of the mycotoxin." *Poultry science*, 91(4), 852-861.
- Zhang, G. L., Feng, Y. L., Song, J. L., & Zhou, X. S. (2018). "Zearalenone: a mycotoxin with different toxic effect in domestic and laboratory animals' granulosa cells." *Frontiers in genetics*, 9, 667.
- Zinedine, A., Soriano, J. M., Moltó, J. C., & Manes, J. (2007). "Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: an oestrogenic mycotoxin." *Food and chemical toxicology*, 45(1), 1-18.
- Nielsen, C., Casteel, M., Didier, A., Dietrich, R., & Märklbauer, E. (2009). "Trichothecene-induced cytotoxicity on human cell lines." *Mycotoxin Research*, 25, 77-84.
- Pascari, X., Maul, R., Kemmlein, S., Marin, S., & Sanchis, V. (2020). "The fate of several trichothecenes and zearalenone during roasting and enzymatic treatment of cereal flour applied in cereal-based infant food production." *Food Control*, 114, 107245.
- Pinton, P., & Oswald, I. P. (2014). "Effect of deoxynivalenol and other Type B trichothecenes on the intestine: a review." *Toxins*, 6(5), 1615-1643.
- Polak-Śliwińska, M., & Paszczyk, B. (2021). "Trichothecenes in food and feed, relevance to human and animal health and methods of detection: A systematic review." *Molecules*, 26(2), 454.
- Raju, M. V. L. N., & Devegowda, G. (2000). "Influence of esterified-glucomannan on performance and organ morphology, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to individual and combined mycotoxicosis (aflatoxin, ochratoxin and T-2 toxin)." *British poultry science*, 41(5), 640-650.
- Rogowska, A., Pomastowski, P., Sagandykova, G., & Buszewski, B. (2019). "Zearalenone and its metabolites: Effect on human health, metabolism and neutralisation methods." *Toxicon*, 162, 46-56.
- Schiefer, H. B. (1990). "Mycotoxicoses of domestic animals and their diagnosis." *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 68(7), 987-990.
- Schumacher, J. C. (1997). "Appendix 2: the estimation of ferric iron in electron microprobe analysis of amphiboles." *Mineralogical Magazine*, 61(405), 312-321.
- Singh, H., Singh, S., Bhardwaj, S. K., Kaur, G., Khatri, M., Deep, A., & Bhardwaj, N. (2022). Development of carbon quantum dot-based lateral flow immunoassay for sensitive detection of aflatoxin M1 in milk. *Food Chemistry*, 393, 133374.
- Verbrugghe, E., Vandenbroucke, V., Dhaenens, M., Shearer, N., Goossens, J., De Saeger, S., ... & Pasmans, F. (2012). "T-2 toxin induced Salmonella Typhimurium intoxication results in decreased Salmonella numbers in the cecum contents of pigs, despite marked effects on Salmonella-host cell interactions." *Veterinary Research*, 43, 1-18.
- Yang, J., Zhang, Y., Wang, Y., & Cui, S. (2007). "Toxic effects of zearalenone and α -zearalenol on the regulation of steroidogenesis and testosterone production in mouse Leydig cells." *Toxicology in vitro*, 21(4), 558-565.
- Yang, S., Zhang, H., Sun, F., De Ruyck, K., Zhang, J., Jin, Y., ... & De Boevre, M. (2017). "Metabolic profile of zearalenone in liver microsomes from different species and its in vivo metabolism in rats and chickens using ultra high-pressure liquid chromatography-quadrupole/time-of-flight mass spectrometry." *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(51), 11292-11303.

Publisher Note

Animal Science Students Scientific Association, Campus of Agriculture and Natural Resources at the University of Tehran

Submit Your Manuscript:

https://domesticj.ut.ac.ir/contacts?_action=loginForm



Scientific-Extensional Article

A review of mycotoxins in poultry nutrition

Keyvan Jelveh Ghaziani¹ and Zahra Biabani Asli^{2,3*}¹ Ph.D. in Animal Sciences, Director of Research and Development Unit, Sepidmakian Company, Rasht, Gilan, Iran² M.Sc. in Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Department of Animal Science, University of Gilan, Rasht, Gilan, Iran³ Researcher of Research and Development Unit, Sepidmakian Company, Rasht, Gilan, Irandoi <https://doi.org/10.22059/domesticsj.2024.380529.1156>

Abstract

The term "mycotoxin" is derived from "mykes" and "toxin", which mean fungus and poison, respectively. Mycotoxins are low molecular weight secondary metabolites produced by a wide range of fungi, mainly molds. There are more than 200 species of molds that produce mycotoxins. Aflatoxins (AF), zearalenone (ZEN), ochratoxin A (OTA), fumonisins (FUM), trichothecenes such as deoxynivalenol (DON) and T-2 toxin are some of the mycotoxins that can significantly affect health. And affect the productivity of poultry species. The growth of fungus and the subsequent formation of mycotoxins depends on various factors such as seasons, place of grain cultivation, drought and harvest time. Long-term analysis of grain and feed samples worldwide has shown that there may be grains with very high concentrations of mycotoxins, although overall mycotoxin contamination is low. These data also showed that mycotoxin-contaminated seeds usually contained more than one mycotoxin. Mycotoxins cause substantial financial setbacks for the poultry sector, resulting in poultry deaths, decreased body weight, fewer and lower-quality eggs, higher food conversion ratio, and weakened immune system. Suppressed immune systems make birds more susceptible to infections and reduce the effectiveness of vaccines. Furthermore, mycotoxin remnants in chicken products, eggs, and their by-products pose a risk to human health.

Keyword(s): Fungus, Mycotoxicosis, Mycotoxin, Poison, Poultry

*Corresponding Author E-mail: zahrabiabani73@gmail.com

Section: Poultry Nutrition

Associate Editor: Dr. Amir Mosayyeb Zadeh

Received: 07 Aug 2024

Revised: 18 Sep 2024

Accepted: 01 Oct 2024

Published online: 07 Dec 2024

Citation: Jelveh Ghaziani, K., Biabani Asli, Z. A review of mycotoxins in poultry nutrition. *Professional Journal of Domestic*, 2024; 24(3): 22-29.* This article was accepted at the 1st International & 2nd National Conference of Domestic Journal, University of Tehran.