# ستراتیژی تنظیم مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی

پوهنوال گل محمد آژیر[۱]، پوهاند غلام رسول فیضی[۲]
[۱]دیپارتمنت بایوتکنالوژی و تولید تخم های بذری، پوهنځی زراعت، پوهنتون کابل
[۲]دیپارتمنت حفاظه نباتات، پوهنځی زراعت، پوهنتون کابل
ایمیل: naweed.hameed@gmail.com

**خلاصه**

مایکوتوکسین‌ها میتابولایت‌های دومی پوپنک‌ها بوده که توسط قارچ‌های مرض‌زا تولید گردیده و دارای تأثیرات ناگوار بالای انسان‌ها، حیوانات، و محصولات زراعتی می‌باشد که منتج به مریضی و ضایعات اقتصادی در زنجیره غذایی می‌گردد. آلودگی جهانی غذاها، میوه‌ها، سبزی‌ها، نوشابه‌ها و غذای حیوانی با مایکوتوکسین‌ها مشکل قابل‌ملاحظه به شمار می‌روند. ازجمله مایکوتوکسین‌ها چندین نوع آن مانند افلوتوکسین، اوکراتوکسین، ترایکوتیسین، زیرالینون، فومونایزین، تریمورجینیک توکسین، و الکلویدهای ناخنک غلات دارای اهمیت بزرگ اقتصادی-زراعتی می‌باشند. عوامل به وجود آمدن مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی شامل شرایط محیطی مرتبط به ذخیره یکجا با عوامل خارجی دیگر مانند اقلیم یا عوامل داخلی مانند اختصاصیت سترین قارچی، تغییرپذیری سترین و بی ثباتی خواص توکسیجینیکی می‌باشند. مایکوتوکسین‌ها باعث خسارات هنگفت اقتصادی در عرصه تجارت و همچنان صدمه رساندن به صحت انسان‌ها و حیوانات در کشور ما می‌شوند. در این مقاله علمی دریافت‌های محققین مختلف در مورد مایکوتوکسین‌ها روی محصولات زراعتی عمده و مشتقات‌شان موردمطالعه قرارگرفته و روش‌های ممکنه کنترول مایکوتوکسین در مواد غذایی به بحث گرفته‌شده است.

واژه‌های کلیدی: افلوتوکسین‌ها، اسپرجیلس، کارسینوجن، آلودگی، مایکوتوکسین‌ها

# Strategies of Mycotoxins Management in Foodstuffs

Associate Prof. Gul Mohammad Ajir[1]
Prof. Ghulam Rasul Faifi[2]
[1]Department of biotecnology and Seed Production, Agriculture Faculty, Kabul University
[2]Department of Plant Protection, Agriculture Faculty, Kabul University

**Abstract**

Mycotoxins are secondary metabolites of molds produced by pathogenic fungi that have adverse effects on humans, animals, and crops that result in illnesses and economic losses through the food chain. The worldwide contamination of foods, fruits, vegetables, beverages, and feeds with mycotoxins is a significant problem. From all mycotoxins, many of them like aflatoxins, ochratoxins, trichothecenes, zearalenone, fumonisins, tremorgenic toxins, and ergot alkaloids are the mycotoxins of greatest agro-economic importance. Factors influencing the presence of mycotoxins in foodstuffs include environmental conditions related to storage that or other external factors such as climate or internal factors such as fungal strain specificity, strain variability, and instability of toxigenic properties. Mycotoxins have various acute and chronic effects on humans and animals. Since mycotoxin causes significant economic losses in trade, and also hazardous to human and animal health in our country, therefore in this article the findings of different researchers into mycotoxins in major commercial food crops including cereals and fruits and their derivatives have been discussed. Likewise, various possible controlling measures of mycotoxin in foodstuffs in Afghanistan have been also discussed and analyzed.

**Keywords:** Aflatoxins, *Aspergillus,* Carcinogen, Contamination, Mycotoxins

## مقدمه

قرار سنجش ۳۰ تا ۵۰ فیصد محصولات غذایی در سطح جهان در جریان قبل از رفع حاصل یا بعد از رفع حاصل ضایع گردیده که نه‌تنها امنیت غذایی جهانی را تهدید می‌نمایند بلکه باعث ضیاع ۰,۷۵- ۱,۲۵ تریلیون مترمکعب آب‌شده و ۱ تا ۱۵ فیصد انرژی جهانی را هدر می‌سازد. ضایعات قبل از رفع حاصل و بعد از رفع حاصل در محصولات نباتی ممکن از اثر حمله چندین عامل حیه و غیرحیه صورت گیرد. در سیستم ذخیره، تخریب قارچی محصولات نباتی ذخیره‌شده یک مشکل مزمن در اقلیم‌های حاره‌ای گرم و مرطوب به شمار می‌رود. تخمین صورت گرفته است که روزانه بیشتر از پنج بیلیون انسان به شیوه‌های مختلف به مایکوتوکسین‌ها مواجه شده و هرروز غذاهای آلوده را به مصرف می‌رسانند (۱۰). اخذ مایکوتوکسین‌ها از طریق غذا باعث مسمومیت گردیده که همچو حالت به نام مایکوتوکسیکوسس (mycotoxicosis) یاد می‌شود (۱۸). مایکوتوکسیکوسس زمانی واقع می‌شود که مایکوتوکسین باعث زهریت حاد یا مزمن به شمول زهری شدن جگر (hepatotoxicity)، زهریت حجره (cytotoxicity)، ایجاد جنین ناقص (teratogenicity)، زهریت دستگاه عصبی (neurotoxicity)، تناسخ (mutation) و سرطان‌زایی (carcinogenicity) می‌گردد. در سطوح حجروی، مایکوتوکسین ساخت‌وساز DNA و RNA را توسط عمل متقابل همرای نوکلئیک اسیدها ممانعت می‌نماید (١٦).

مشکل است تا مایکوتوکسین را در چند لغت یا حروف تشریح یا تعریف نماییم. تمام مایکوتوکسین‌ها عبارت از محصولات طبیعی دارای وزن مالیکولی پایین بوده که توسط قارچ‌های رشتوی به قسم میتابولایت‌های دومی تولید می‌شوند. نباتات عمده‌ای که از ناحیه مایکوتوکسین‌ها متأثر می‌گردد عبارت از غلات، مغزباب، میوه‌های خشک، قهوه، مصالح باب، تخم‌های روغنی، لوبیا و باقلی و میوه‌ها به‌خصوص سیب‌ها هستند. ضیاع تولید میوه‌ها و سبزی‌ها، در پهلوی ضیاع مواد غذایی انسان‌ها و حیوانات که توسط امراض بعد از رفع حاصل به وجود می‌آیند ۳۵- ۵۵ فیصد بوده و در کشورهای درحال انکشاف این ضایعات حتی به ۵۵ فیصد رسیده است. آلودگی با مایکوتوکسین‌ها در پهلوی بقایای آفت‌کش‌ها و فلزات ثقیله، دلیل کلیدی دیگر می‌باشد که باعث ضیاع محصولات نباتی و تهدیدی به صحت و زندگی مصرف‌کننده‌ها می‌باشد (۸).

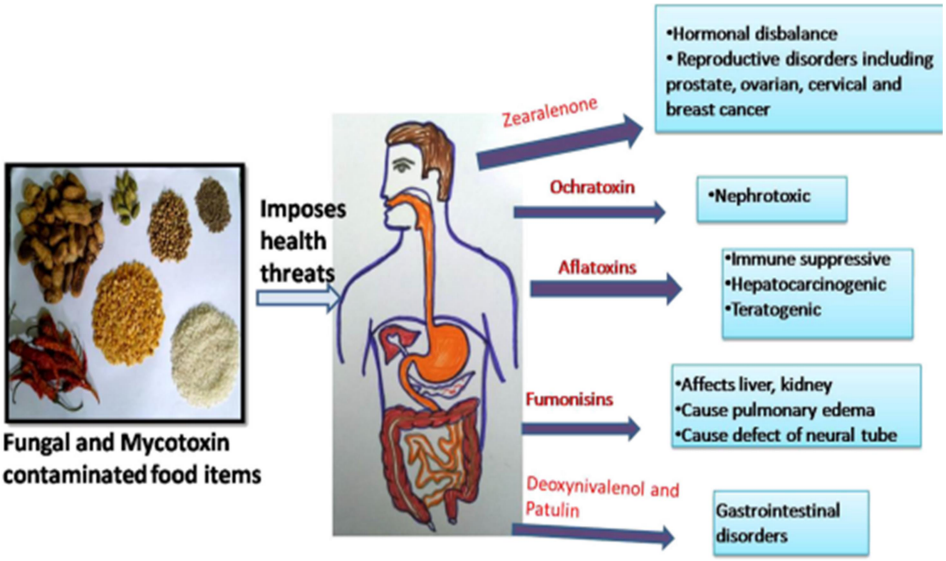
مایکوتوکسین های بسیار معمول که تا حال در جوس‌های میوه، نوشابه باب و در مواد غذایی انسان‌ها و حیوانات شناخته‌شده‌اند عبارت از افلوتوکسین‌ها (Aflatoxins- AFs)، اوکراتوکسین A (Ochratoxin A- OTA)، پاتولین (Patulin- PAT)، فومونایزین (Fumonisin- FB)، ترایکوتیسین‌ها

(Trichothecenes- TCs)، زیرالینون (Zearalenone- ZEN)، و توکسین‌های التناریایی (Alternaria toxins) هستند که عمدتاً توسط *Aspergillus* (AFs، OTA، PAT)، *Penicillium* (OTA و PAT)، *Fusarium* (DON، ZEN، FB)، *Byssochlamys* (PAT)، و انواع *Alternaria* تولید می‌گردند. بعضی از مایکوتوکسین‌های دیگر مانند ارگوتامین (ergotamine)، deoxynivalenol (DON)، و ترایکوتسین‌ها (trichothecenes) و غیره نیز موجود می باشند. اکثر مایکوتوکسین‌ها مواد بازدارنده های سیستم معافیتی بوده که منحیث نیروتوکسین ها، زهری به گرده (nephrotoxins)، زهری به جگر (hepatotoxins) یا سرطان‌زا دسته‌بندی گردیده‌اند. عوامل متعدد مانند نوع و سترین قارچ‌ها، ترکیب مواد، حرارت، و داشتن رطوبت خصوصیات و عملکرد توکسین ها را معین می‌سازد (جدول ۱).

بیشتر از ۴۰۰ نوع میتابولایت‌های زهری توسط بیشتر از ۱۰۰ نوع قارچ تولید می‌گردند. انسان‌ها توسط مایکوتوکسین‌ها از طریق مصرف غذاهای آلوده متضرر می‌گردند. آن‌ها تأثیرات منفی صحی را موجب می‌گردند که از زهریت حاد گرفته تا علائم مزمن مانند صدمه به گرده، صدمه به جگر، کاهش سیستم معافیتی و سرطان را احتوا می‌نماید (شکل ۱). تراکم مایکوتوکسین ها در میوه‌ها و سبزی‌ها نه‌تنها یک خطر جدی به انسان‌ها و حیوانات به شمار می‌رود بلکه منتج به ضایعات جدی اقتصادی نیز می‌گردند.

دانه‌های غلات و میوه‌ها توسط پوپنک ها در مراحل مختلف تولید به‌طور مثال، در جریان کشت و کار، رفع حاصل، و ذخیره نمودن مصاب می‌گردند. آلودگی با مایکوتوکسین‌ها یک مشکل جهانی است، این مشکل در شرایط محیطی مرطوب و گرم که برای نموی قارچ‌ها و تولید توکسین‌ها مساعد می‌باشند، بسیار جدی است. در مطالعات جدید، ٦٠ تا ٨٠ فیصد محصولات زراعتی دریافت گردیدند که آلوده به مایکوتوکسین‌ها گردیده بودند. علاوه براین، تقریباً یک بر چهارم حصه محصولات غذایی زراعتی در سطح جهان توسط مایکوتوکسین‌ها آلوده می‌باشند. منحیث میتابولایت‌های دومی، مایکوتوکسین‌ها اجزای کیمیاوی بسیار پایدار می‌باشند که از مواد خام به محصولات پروسس شده مانند نوشابه باب انتقال‌یافته که اضرار جدی صحی را به مصرف‌کننده‌ها وارد می‌سازد (۳). تطبیق روش‌های مؤثر برای حفاظت مصرف‌کننده‌ها از تأثیرات زهری مایکوتوکسین‌ها و متعاقباً حمایت یا دفاع از صحت همگانی حائز اهمیت حیاتی می‌باشند. مصابیت قارچی هم در مرحله ابتدایی تولید و در مرحله ذخیره بعد از رفع حاصل محصولات زراعتی جلوگیری شده می‌تواند. درصورتی‌که مصابیت قارچی اجتناب‌ناپذیر باشد، غیر سمی ساختن غذا توسط

روش‌های مختلف پروسس باید به حیث یک میکانیزم دفاعی نهایی برای جلوگیری و برطرف سازی مایکوتوکسین‌ها از غذای انسان‌ها مدنظر گرفته شود.




**شکل ۱. صدمات را نشان میدهد که توسط مشهورترین مایکوتاکسین‌های تولید شده در غذا، در اعضای بدن انسانها بوجود می آید (**rb.gy/2frehf**).**

مایکوتوکسین‌های مختلف نه‌تنها در میوه‌ها و سبزی‌ها بلکه در محصولات یا مشتقات آن‌ها نیز یافت می‌شود. حالت زهریت، وقوع و آلودگی مایکوتوکسین‌ها مربوط به قارچ‌ها و میزبان‌ها و همچنان شرایط محیطی می‌باشد. مسیر عمده مصابیت قارچ‌های تولیدکننده مایکوتوکسین‌ها در میوه و سبزی طوری است که آن‌ها به‌صورت مشفقانه میزبان را از طریق زخم‌ها یا مجاری طبیعی سطح میوه‌ها و سبزی‌ها قبل از رفع حاصل اشغال می‌نمایند. میزبان در جریان نمو، در مقابل فشار خارجی، بیولوژیکی یا غیرحیه دارای مقاومت قوی می‌باشد. به‌هرحال، از اثر مصرف انرژی زیاد در مرحله بعد از رفع حاصل، تأثیر مقاوم میوه‌ها و سبزی‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه ضعیف می‌گردد. به مجردی که شرایط حرارت و رطوبت مساعد گردد، پتو جن نمو توانسته و میزبان را به‌سرعت اشغال می‌نماید. سپس میتابولایت‌های دومی مایکوتوکسین‌های پتوجنیکی در محیط و مراحل اخیر نمو تولید می‌گردد (۴).

هدف این مطالعه شناسایی و معرفی زمینه‌ها و شرایط انکشاف پوپنک‌های تولیدکننده مایکوتوکسین‌ها، شرایط آلوده شدن محصولات خوراکی مختلف با مایکوتوکسین‌ها، خطرات ناشی

از زهری شدن مواد غذایی برای انسان‌ها و حیوانات و ستراتیژی تنظیم مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی است. در این مقاله، دریافت‌ها از ارقام تحقیقاتی جمع‌آوری‌شده به شمول مایکوتوکسین‌ها در نباتات عمده تجارتی خوراکی مانند گندم، جواری، باجره، ارزن، موم پلی، یولاف، حبوبات، جو، دانه‌های روغنی، برنج، و میوه‌ها به بحث گرفته‌شده است. روش‌های تشخیص مایکوتوکسین‌های عمده و ستراتیژی‌های آلودگی زدایی موجود هم‌زمان با محدودیت‌ها و خلا دانش نیز موردبحث قرارگرفته است.

**گروپ های عمده مایکوتوکسین‌ها: وقوع، تولید و زهریت**

افلوتوکسین‌ها (Aflatoxins)

افلوتوکسین‌ها (AFs) عمدتاً توسط انواع *Aspergillus* تولید می‌گردند. در اکثر موارد، آلودگی با افلوتوکسین‌ها پس از رفع حاصل و در جریان ذخیره واقع می‌شود. تنظیم غیر مناسب در جریان انتقال و ذخیره به شمول مواجه‌شدن به شرایط مانند رطوبت بلند (بیشتر از ٦٥ فیصد) و حرارت غلظت افلوتوکسین را در غذا به‌سرعت ازدیاد می‌بخشد. چهار افلوتوکسین عمده که به‌صورت طبیعی واقع می‌گردند عبارت از AFB1 (منحیث گروپ اول سرطان‌زا توسط IARC صنف بندی شده است)، AFB2، AFG1، و AFG2 می‌باشد. مرض که توسط مصرف غذای آلوده با افلوتوکسین‌ها به وجودمی آید به‌صورت عموم به نام aflatoxicosis یادشده، و علائم حادی که در انسان‌ها به وجود می‌آیند شامل درد شکم، استفراغ، درد ریه، زردی، بی‌هوشی، پندیدگی مغزی، تشنج، خونریزی، و حتی مرگ می‌باشد. درصورتی‌که افلاتوکسیکوسس مزمن باشد، سیستم معافیتی را تهدید نموده و تولید تومورها یا سایر شرایط مصابیت به امراض را تحریک می‌نماید. علاوتاً، مواجه‌شدن با افلوتوکسین‌ها طور قابل‌ملاحظه با اختلال دماغی و ممانعت نمویی در اطفال ارتباط می‌داشته باشد. از اینرو، اداره غذا و دوای ایالات‌متحده (FDA) دقیقاً وقوع افلوتوکسین را در غذای انسانی تنظیم نموده که بر اساس آن سطح افلوتوکسین در غذاها باید کمتر از 20 ppb باشد. اداره مصئونیت غذایی اروپا (European Food Safety Authority- EFSA) اندازه تحمل‌پذیری سخت گیرانه تری را برای افلوتوکسین‌ها (حد اعظمی ۲ مایکرگرام فی کیلوگرام برای B1 و ۴ مایکروگرام فی کیلوگرام برای مجموع افلوتوکسین‌ها) در غذای پروسس شده تعیین نموده است (۱، ۲، ۱۳). افلوتوکسین‌ها گروپی از مایکوتوکسین‌ها هستند که عمدتاً توسط *Aspergillus flavus*، *A. bombycis*، *A. pseudotamarii*، *A. nomius* و *A. parasiticus* تولید می‌شوند و می‌توانند چندین محصول، غذا و محصولات زراعتی را آلوده کنند. *A. flavus*، پاتوژن فرصت‌طلب بوده، بیشتر در محصولات دانه‌های روغنی، ازجمله

مغزباب درختی، پنبه، موم‌پلی، جواری، و غیره رشد می‌کند. تحقیقات نشان‌داده است که لیپیدهای ذخیروی پنبه‌دانه، به‌خصوص تری گلیسیریدها، در تولید افلوتوکسین B1 مساعدت می‌کنند. آلودگی افلوتوکسین با ازدیاد مرگ‌ومیر در حیوانات فارم ارتباط داشته و لذا طور قابل‌ملاحظه ارزش دانه‌ها را منحیث غذای حیوانی و محصول صادراتی پایین می‌آورد. محصولات شیری نیز می‌توانند به‌عنوان منبع غیرمستقیم افلوتوکسین عمل کنند.

**اوکراتوکسین‌ها (Ochratoxins)**

اوکراتوکسین‌ها (OTs) عبارت از گروپی از مایکوتوکسین‌ها اند که عمدتاً توسط انواع *Aspergillus* و *Penicillium* تولید می‌گردند. اوکراتوکسین‌ها ازنقطه‌نظر خصوصیات وظیفوی این گروپ به سه دسته هریک اوکراتوکسین A، B، و C صنف بندی گردیده‌اند. اوکراتوکسین A (OTA) عضو بسیار زهری فامیل اوکراتوکسین می‌باشد. اوکراتوکسین A یک مایکوتوکسین است که دارای تأثیرات زهری قوی به گرده با genotoxic، زهری به جگر، زهری به سیستم معافیتی، جنین ناقص، سرطان‌زایی و شاید هم زهری به اعصاب باشد. اوکراتوکسین A ساخت‌وساز بعضی از پروتین ها و هم چنان DNA و RNA را ممانعت می‌نماید (۱۳).

اوکراتوکسین A آلوده‌کننده طبیعی و مکرر تعدادی از مواد غذایی مانند دانه‌های کاکاو، غلات، ماهی، موم پلی، میوه‌های خشک، نوشابه باب، تخم‌مرغ و شیر می‌باشد.

**فومونایزین‌ها (Fumonisines)**

فومونایزین‌ها (B1 و B2) عبارت از میتابولایت‌های تشویق‌کننده سرطان ناشی از *Fusarium proliferatum* و *F. verticillioides* می‌باشد که دارای یک زنجیر طویل هایدروکاربن‌ها است که در زهریت آن‌ها نقش بازی می‌نمایند. مصرف فومونایزین با ازدیاد وقوع سرطان مری انسان‌ها ارتباط دارد. مصرف فومونایزین باعث کاهش لوله عصبی در جسم انسان‌ها می‌شود. بعضی از مطالعات ارتباط بین مصرف جواری را با وقوع بلند *F. verticillioides* و فومونایزین‌ها و وقوع بیش‌ازحد سرطان مری انسان‌ها را در بعضی از بخش‌های افریقای جنوبی نشان داده است. در اینجا آلودگی گندم، جواری، و جو دریافت گردید (۱۳).

**ترایکوتیسین (Trichothecene)**

ترایکوتیسین‌ها (TCs) به گروپ بزرگ توکسین‌ها متعلق می‌باشد که ازنقطه‌نظر ساختمانی باهم ارتباط داشته و عمدتاً توسط انواع قارچی جنس *Fusarium* تولید می‌شوند. ترایکوتیسین‌ها به نسبت داشتن وزن مالیکیولی پایین، توسط غشای امعا به‌آسانی جذب گردیده و به‌زودی و سرعت به

بخش‌ها و انساج مختلف جسم منتشر می‌گردند. بیشتر از ۲۰۰ ترایکوتیسین‌های مختلف به چهار گروپ مختلف تقسیم گردیده‌اند: آن‌ها عبارت‌اند از ترایکوتیسین A، B، C، و D. در میان ترایکوتیسین‌ها، انواع A و B به‌صورت بسیار مکرر واقع‌شده و در جمله مایکوتوکسین‌های بسیار خطرناک و مضر به شمار می‌رود که غذا را ملوث می‌سازند. ترایکوتیسین‌های نوع A (T-2 و HT-2) گروه بسیار زهری ترایکوتیسین‌ها می‌باشند (۱۳).

**زیرالینون (Zearalenone)**

زیرالینون عبارت از مایکوتوکسینی می‌باشد که توسط *F. graminearum* و پوپنک‌های دیگر *Fusarium* تولید گردیده و جواری، گندم، جو، یولاف و باجره را منحیث محیط غذایی خود مورداستفاده قرار می‌دهند. این مایکوتوکسین یک مرکب غیرستیرویدی بوده که در تعدادی از حیوانات فارم مانند گاو، گوسفند فعالیت ستروجین مانند (هورمون که تخمدان‌های ماده ترشح می‌کند) را نشان می‌دهد. این فعالیت استقلابی می‌باشد که عمدتاً با چندین نوع *Fusarium* (مانند *F. culmorum*، *F. graminearum*، و *F. sporotrichioides*) ارتباط دارد. *F. graminearum* نوعی است که در رابطه به تأثیرات استروجینیکی که معمولاً در حیوانات فارم یافت می‌شود، بیشتر عهده‌دار می‌باشد.

**مونیلیفارمین (Moniliformin)**

مونیلیفارمین توسط چندین نوع *Fusarium* (عمدتاً *F. proliferatum*) تولید گردیده و معمولاً دردانه‌های جواری یافت می‌شود. این قارچ می‌تواند به نباتات نسل بعدی انتقال‌یافته و برای سال ه در خاک زندگی می‌نماید. با اینهم هردو FB1 و مونییفارمین توسط عین نوع قارچ (*F. proliferatum*) تولید می‌گردد.

**سیترینین Citrinin (CTN)**

سیترینین توسط سترین‌های زهر زای جنس‌های *Penicillium* یعنی (*P. expansum*، *P. verrucosum*)، *Aspergillus* یعنی (*A. terreus*)، و *Monascus* یعنی (*M. ruber*) تولید می‌گردد. این انواع قارچ‌ها در محصولات بعد از رفع حاصل یعنی زمانی که شرایط ذخیره خانه مناسب نباشد، مشکل‌زا می‌باشند. مصابیت دانه باب عمدتاً توسط وسایل ملوث جمع‌آوری‌کننده بعد از رفع حاصل و ذخیره صورت می‌گیرد. سیترینین محصولات دیگر را که منشأ نباتی داشته باشند، به‌خصوص دانه‌های غلات را آلوده ساخته، و معمولاً یکجا با مایکوتوکسین های دیگر زهری به گرده، یعنی اوکراتوکسین A (OTA) یافت می‌شود. چنین شناسایی گردیده است که گرده عضو عمده مورد هدف

به شمار می‌رود. سیترینین نیز دارای تأثیرات ضد جنینی، سرطان‌زایی، و دلتنگی بالای سیستم عصبی مرکزی انسان‌ها می‌باشد. خوردن بیش‌ازحد سیترینین بالای میتابولیزم جگر تأثیر نموده، مصرف آب را بیشتر ساخته، باعث استفراغات شدید شده، و شکل intestinal villar را تغییر می‌دهد.

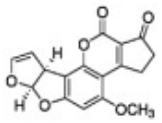
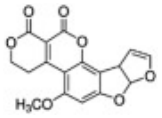
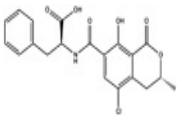
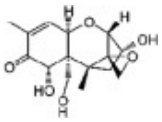
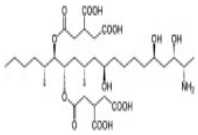
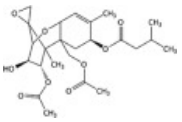
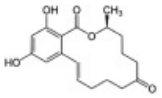
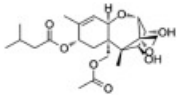
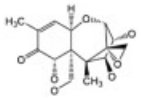
**پاتولین (Patulin (PAT**

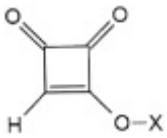
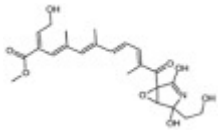
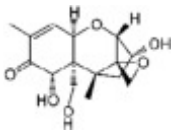
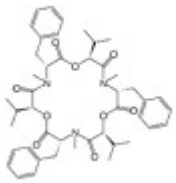
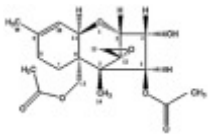
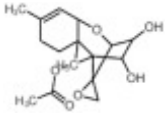
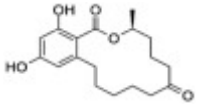
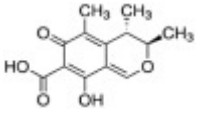
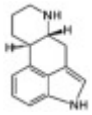
پاتولین میتابولایت دومی می‌باشد که توسط انواع زیاد قارچ‌ها، عمدتاً توسط اعضای جنس *Penicillium*، مانند *P. crustosum*، *P. expansum* و *P. roqueforti* تولید می‌گردد. در پهلوی نباتات هارتیکلچری، اخیراً، وقوع پاتولین در غذاهای که دارای منشأ غلاتی باشند با غلظت‌های بین ۲,۳۳ تا ۴،۵ مایکروگرام فی کیلوگرام به مشاهده رسیده است. پاتولین با زهریت نیمه حاد، و حاد و علائم مزمن ارتباط دارد. علاوه برین، پاتولین در تعدادی از انساج یا اعضای بدن، به شمول جگر، گرده‌ها، قلب، مغز، جنین، تخمدان‌ها، پوست، استخوان‌ها، و تایراید زخم‌ها را به وجود آورده می‌تواند (۱۱).

**ارگوتامین (Ergotamine)**

ارگوتامین توسط یک قارچ پارازیتی (*Claviceps purpurea*) تولید می‌شود که حاوی بیشتر از پنجاه نوع می‌باشد. *Claviceps* انواع وسیع غلات را مصاب ساخته و جودر میزبان بسیار معمول این قارچ به شمار می‌رود. دانه‌های مصاب جودر بنام ناخنک یاد می‌شود. ناخنک یا ergot ازجمله الکلوئیدهای زهری بوده که شامل ارگوتامین (ergotamine)، ارگوکریستینین (ergocrystinine)، ارگومیتریمین می‌باشند. آلودگی این قارچ باعث کاهش در کیفیت و کمیت دانه‌ها می‌گردد (۱۱).
گروپ عمده مایکوتوکسین‌ها با قارچ‌های تولیدکننده آن‌ها در غلات خوراکی در جدول (۱) نشان داده‌شده است.

**جدول ۱. مایکوتوکسین‌های تولیدشده دردانه باب خوراکی مختلف (۱۳)**

| No. | Mycotoxin | Structure of mycotoxins | Fungal species | Food grains |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Aflatoxin $B_1$, B2 |  | *A. flavus*, *A. parasiticus* | Maize, millets, rice, sorghum, soybeans, wheat, nuts, almonds, cottonseeds, groundnuts, pistachio nuts, and walnuts. |
| 2 | Aflatoxin $G_1$, G2 |  | *A. flavus, A. parasiticus* | Maize, sorghum, soybeans, almonds, groundnuts, pistachio nuts, and walnuts. |
| 3 | Ochratoxin A |  | *A. ochraceus, P. verrucosum* | Barley, wheat |
| 4 | Deoxynivalenol |  | *F. graminearum*, *F. culmorum* | Wheat, barley, oats, maize, rye |
| 5 | Fumonisins |  | *F. moniliforme*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum, F. nygamai* | Maize, sorghum, corn |
| 6 | T-2 |  | *Fusarium* species | Wheat, barley, maize |
| 7 | Zearalenone |  | *F. graminearum*, *F. cerealis*, *F. culmorum*, *F. sambucinium* | Wheat, maize, barley, sorghum |
| 8 | HT-2 toxin |  | *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. nivale* | Wheat, maize, barley, |
| 9 | Nivalenol |  | *F. cerealis*, *F. poae*, *F.culmorum*, *F. graminearum* | Maize, sorghum, wheat |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Moniliformin |  | *F. acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. chlamydosporum*, *F. oxysporum*, *F. subglutinans* | Maize, oats, barley, paddy |
| 11 | Fusarin |  | *F. nivale*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. sporotrichioides*, *F. sambucinum* | Corn, cereal products |
| 12 | 3Acetyl-Deoxy nivalenol |  | *F. graminearum*, *F. culmorum* | Rye, cereal products, wheat |
| 13 | Beauvericin |  | *F. semitectum*, *F. subglutinans*, *F. anthophilum*, *F. avenaceum, F. beomiforme*, *F. dlamini*, *F. longipes*, *F. nygamai*, *F. oxysporum*, *F. sambucinum* | Oats, barley, cereal products |
| 14 | Di acetyl scirpenol |  | *F. acuminatum*, *F. equeseti, F. sporotrichioides* | Maize, sorghum, barley, corn |
| 15 | Mono acetoxyscirpenol |  | *F. acuminatum* *F. proliferatum* | Barely, wheat, sorghum |
| 16 | Zearalenol |  | *F. cerealis,* *F. culmorum,* *F. heterosporum* | Oats, corn, barley, rice |
| 17 | Citrinin |  | *P. citrinum* | Wheat, rice, rye, barley |
| 18 | Ergot |  | *C. purpurae* | Rye and millets |

**توکسین‌های الترناریایی (Alternaria toxins)**

مایکوتوکسین‌های عمده *Alternaria* عبارت از Tenuazonic acid (TeA)، Alternariol (AOH)، و alternariol monomethyl ether (AME) می‌باشد. انواع *Alternaria*، عمدتاً *A. alternata*، *A. tenuissima*، و *A. arborescens* الترناریول را تولید نموده و در تعداد زیاد مواد غذایی به شمول توت‌ها، شربت آلو، جوس زردک، جوس سیب، جوس انگور، جوس توت زمینی یافت می‌شود. مایکوتوکسین‌های *Alternaria* زهری، تناسخ زا، و سرطان‌زا بوده و مسئول سوء شکل حلقه DNA، اختلال استقلاب sphingolipid، ممانعت ساخت‌وساز پروتین، و photophosphorylation می‌باشند (۱۱).

**مصئونیت غذایی و اضرار مایکوتوکسین ها**

در پهلوی تأثیرات بالای صحت حیوانی، بعضی از مایکوتوکسین‌ها در شیر انتقال‌یافته و باعث مشکلات ایمنی غذایی شده و به صحت انسان‌ها مضر واقع می‌شود. ازجمله تمام مطالعات که در مورد مایکوتوکسین‌ها صورت گرفته است، تنها AF تشریح گردیده است که در شیر گاو شیری به مقادیر قابل‌ملاحظه نگران‌کننده انتقال می‌یابد. این موضوع در رابطه به صحت انسان‌ها دارای اهمیت بزرگ است، چنانکه توکسین‌ها به قسم سرطان‌زا صنف بندی شده و اطفال شیرخوار که مصرف‌کننده اولی شیر است، در مقابل آن بسیار حساس می‌باشد.

**عوامل متأثرکننده تولید، آلودگی غذاهای انسانی و حیوانی و زهریت مایکوتوکسین‌ها**

مشکل عمده در ارزیابی زیان و ضرر مایکوتوکسین‌ها بالای صحت انسانی و حیوانی عبارت از تعدد عوامل می‌باشند که تولید یا موجودیت مایکوتوکسین‌ها را در غذاها یا غذای حیوانی متأثر می‌سازند. تنها تجرید و تصدیق انواع قارچ‌های مایکوتوکسین زا در غذاها یا غذاهای حیوانی موجودیت مایکوتوکسین‌ها را نشان نمی‌دهند. با انکشاف تخنیک‌های دقیق و حساس برای تحلیل و تجزیه کیفی و کمی مایکوتوکسین‌ها، محققین دریافتند که عوامل مختلف به‌صورت متقابل به کار گرفته می‌شود تا اشغال قارچی و یا تولید مایکوتوکسین‌ها را متأثر می‌سازد. این‌ها عوامل فزیکی، کیمیاوی، و بیولوژیکی می‌باشند. عوامل فزیکی شامل شرایط محیطی می‌باشد که منجر به اشغال قارچی و تولید مایکوتوکسین‌ها می‌گردد مانند حرارت، رطوبت نسبتی، و آلودگی حشرات.

عوامل کیمیاوی شامل استفاده یا کاربرد قارچ‌کش‌ها و یا کود کیمیاوی می‌باشند. فشارها مانند خشکی، ازدیاد درجه حرارت، و ازدیاد در رطوبت نسبتی ممکن به‌طور انتخابی اشغال و میتابلزم قارچ‌های مایکوتوکسین زا را تغییر داده و لذا تولید مایکوتوکسین را دگرگون می‌سازد. این محققین

نیز نشان دادند که شرایط نا به هنگام و یا بی‌مورد ممکن محصولات زراعتی و علوفه جات را در مقابل تولید مایکوتوکسین حساس گرداند. هوای سرد و غبار بهاری جوانه‌زنی سکلیروشیا را مساعد گردانیده و لذا الکلوئید ناخنک بوریا و علوفه جودر تشکیل می‌شود.

عوامل بیولوژیکی مبتنی بر واکنش‌ها بین انواع اشغال نمودن انواع قارچ زهر زا و بستر غذایی می درحالی‌که بعضی از انواع نباتی در مقابل اشغال قارچی بسیار حساس می‌باشند، اما شرایط محیطی ممکن آسیب‌پذیری انواع دیگر نباتات مقاوم را ازدیاد ببخشند. عوامل بیولوژیکی به طبقه‌بندی‌های کوچک‌تر دیگر مانند عوامل ذاتی یا طبیعی تقسیم گردیده‌اند که شامل انواع قارچی، اختصاصیت سترینی، تغییرپذیری سترینی، و عدم ثبات خصوصیات زهرزایی می‌باشند. همچو عوامل ذاتی روی مشکلات ارزیابی در رابطه با مواجه‌شدن به مایکوتوکسین بر اساس آلودگی پوپنکی را تأکید می‌نماید. اختصاصیت انواع و سترین توسط تعدادی از مایکوتوکسین‌های خوب تشریح گردیده است که توسط دو یا بیشتر قارچ‌ها تولید می‌شوند. تغییرپذیری سترینی مربوط به کشت به‌خصوص یکشی برای عین نوع تجرید قارچی بوده و مربوط به این است که چطور این سترین ها مایکوتوکسین‌ها را درروش متفاوت تولید می‌کنند. سرانجام، خصوصیات زهرزایی ممکن باگذشت زمان تغییر نماید چنانچه تغییرات مایکوایکولوژیکی توکسین‌ها ممکن کاهش یابد. چندین مطالعات نشان داده است که شرایط مطلوب برای نموی قارچی به معنی این نیست که این شرایط برای تولید توکسین‌ها مطلوب است. به‌طور مثال، سترین‌های مختلف *A. flavus* نشان داده است که افلوتوکسین را به‌اندازه های مختلف تولید می‌نماید زمانی که تحت عین شرایط یا شرایط مشابه رویانیده شده باشند (۱۳).

معامله کیمیاوی و پروسس نمودن عبارت از فرایندی‌اند که ناشی از فعالیت‌های انسانی بود و آلودگی مایکوتوکسینی غذاها و غذای حیوانی را کاهش دهند. عملیه‌های آسیاب کردن تر و خشک و حرارت دادن در عملیه پخت‌وپز نشان داده است که کاهش افلوتوکسین را در غذاها باعث گردیده است. حرارت دادن و بریان کردن نشان داده است که مقدار افلوتوکسین را در جواری به‌طور قابل‌ملاحظه کاهش داده است. به‌هرحال، آثار چندین مطالعات بازگو می‌نماید که پروسس نمودن و پاستوریزه‌کردن شیر به‌صورت کامل مایکوتوکسین‌ها را تخریب نمی‌کند. کلی‌های bentonite و aluminosilicate که منحیث عوامل وصل‌کننده مورداستفاده قرار گرفتند نشان دادند که مسمومیت افلوتوکسینی را در گاو، موش‌ها، و مرغ‌ها زمانی که با غذای های حیوانی آلوده به افلوتوکسین‌ها مخلوط گردیدند، کاهش داده و کدام مشکل هاضمه را نیز به وجود نیاوردند. به‌هرحال، این کلی‌ها

در مقابل ZEN و F غیر مؤثر بوده، اما ارزش غذایی را تغییر داده (توسط اتصال منرال های ناچیز یا نایاب و ویتامین‌ها و کم ساختن موجودیت زنده‌شان)، و تولید دایوکسین‌ها را می‌نماید (۱۱).

**تأثیرات اقتصادی مایکوتوکسین‌ها**

حیوانات وجود دارند. این‌ها شامل ضیاع حیات انسانی و حیوانی، مصارف مراقبت صحی و مراقبت وترنری، ضیاع تولیدات حیوانی یا مواشی، ضیاع نباتات علوفه‌ای و غذای حیوانی، ضیاع میوه‌ها و نوشابه باب، مصارف تنظیمی، و مصارف تحقیق که در جهت کاهش یا کم ساختن فرایند و شدت مشکل مایکوتوکسین‌ها می‌باشند. یک تصور یا فورمول یا قاعده جهانی در رابطه به فرایند اقتصادی بسیار مشکل است تا انکشاف داده شود، از اینرو، اکثر گزارش‌ها در مورد فرایند اقتصادی روی مورد واحد مواجه‌شدن به مایکوتوکسین یا آلودگی استوار می‌باشند. آلودگی جهانی غذاها و غذاهای حیوانی با مایکوتوکسین‌ها یک مشکل قابل‌ملاحظه به شمار می‌رود. مطالعات نشان داده است که آلودگی بیش‌ازحد هم در کشورهای روبه انکشاف و هم در کشورهای انکشاف یافته وجود دارد. مطالعات مراقبتی یا تجسسی نشان آلودگی جهانی دانه‌های غلات با قارچ‌های مایکوتوکسین زا را در شیر خام نشان داده است طوری که ۹۱ فیصد نمونه‌های که مورد آزمایش قرارگرفته بودند، آلوده بودند. در ایالات‌متحده امریکا، مطالعه‌ای که در هشت ایالت غربی مرکزی در ۱۹۸۸-۱۹۸۹ انجام یافت، و معلوم گردید که مایکوتوکسین در ۱۹,۵ فیصد نمونه‌های تحت آزمایش جواری قبل از اینکه به شرایط فشار محیطی مواجه شوند و در ۲۴,۷ فیصد نمونه‌ها پس از مواجه‌شدن به فشار، موجود بودند (۱۳).

هندوستان اولین مثال از کشورهای به شمار میرود که در آن اقتصاد کشور از ناحیه مایکوتوکسین شدیداً متأثر گردیده است. در مطالعه‌ای که در ناحیه Bihar از ۱۹۸۵ تا ۱۹۸۸، صورت گرفته بود نشان داد که نزدیک به ۵۱ فیصد ۳۸۷ نمونه تحت آزمایش همرای پوپنک‌ها آلوده بودند. ازجمله ۱۳۹ نمونه که حاوی افلوتوکسین بودند، ۱۳۳ شان دارای سطح بالاتر از 20 مایکروگرام در فی کیلوگرام بود. چنین تخمین می‌گردد که در صادرت هندوستان در ظرف یک دهه به نسبت آلودگی موم پلی همرای مایکوتوکسین ها ۱۰ میلیون دالر خساره وارد گردیده است (۱۳).

**تنظیم خساره یا ضرر مایکوتوکسین‌ها**

ستراتیژی جلوگیری

آلودگی مایکوتوکسینی در هر مرحله زنجیره توزیع غذا و غذای حیوانی به شمول کشت نباتات، جمع‌آوری یا رفع حاصل، ذخیره و تقسیمات نباتات زراعتی، میوه‌ها، سبزی‌ها، نوشابه باب، و

غذاهای حیوانی مرکب واقع‌شده می‌تواند. روش‌های جلوگیری باید روی دست گرفته شود تا آلودگی مایکوتوکسین‌ها را کاهش دهد. پیش‌بینی کردن خساره آلودگی مایکوتوکسین قبل از رفع حاصل در نباتات غلات و میوه‌ها وسیله مفید و مؤثر جهت تنظیم مایکوتوکسین قبل از رفع حاصل و بعد از رفع حاصل به شمار می‌رود (۵).

**فعالیت‌های خوب زراعتی**

فعالیت‌های خوب زراعتی یکی از ستراتیژی‌های اولی قبل از جمع‌آوری حاصل برای جلوگیری مایکوتوکسین به شمار رفته، و عمدتاً در سطح کشت نباتات انجام می‌یابد. این فعالیت‌ها عبارت‌اند از تطبیق پروگرام‌های نسلگیری جهت انتخاب نباتات بیشتر مقاوم در مقابل مایکوتوکسین، تناوب زراعتی، تنظیم خاک و آبیاری، استعمال قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌های ثبت‌شده برای کنترول آلودگی پوپنک و حشره. تطبیق *Aspergillus flavus* غیرافلوتوکسین‌زا منحیث کنترول بیولوژیکی جهت کاهش آلودگی افلاتوکسن در طول سال‌های قبل پروسه کنترول را تسریع می‌بخشد. ذخیره بعد از رفع حاصل نیز جهت خنثی‌سازی آلودگی مایکوتوکسین مهم پنداشته می‌شود. تخنیک‌های مانند حفظ سطوح پایین رطوبت (کمتر از ۱۵ فیصد) و حرارت پایین در محیط ذخیره و درعین‌حال نگهداشت تمام‌دانه‌های سالم، جهت کنترول سطح قارچ‌ها و آلودگی‌های مایکوتوکسینی بسیار مهم می‌باشند. نقش فعالیت‌های زراعتی در این رابطه قرار ذیل شرح داده می‌شود.

(الف) برداشت وقتینه: برداشت وقتینه مصابیت قارچی نباتات را در مزرعه قبل از برداشت و به همین ترتیب آلودگی محصولات برداشت‌شده را کاهش می‌دهد. ولو اینکه قسمت اعظم دهاقین در آفریقا بر ضرورت برداشت وقتینه خوب آگاه‌اند اما اقلیم غیرقابل‌پیش‌بینی، محدودیت کارگر، ضرورت به پول، خطر دزدان، موش‌ها و حیوانات دیگر دهاقین را مجبور می‌سازد تا محصولشان را در وقت نامناسب برداشت نمایند. یک تحقیق گزارش داد که برداشت وقتینه و خرمن‌کوبی موم پلی منتج به سطوح پایین افلوتوکسین و ۲۷ فیصد مفاد بلند نسبت به برداشت دیرینه می‌گردد (۱۳).

(ب) خشک نمودن مناسب: خشک نمودن سریع محصولات زراعتی تا سطح پایین رطوبت بسیار مهم می‌باشد زیرا در همچو حالت فضایی ایجاد می‌شود که شرایط مساعد برای نمو و تکثر قارچ، آلودگی توسط حشرات کمتر میسر بوده و کمک می‌نماید تا برای مدت طولانی محصول را نگهداری نماییم. خشک نمودن جواری برداشت‌شده تا رطوبت ۱۵,۵ فیصد یا پایین‌تر در ظرف ۲۴ تا ۴۸ ساعت خساره یا ضرر نموی قارچی و به تعقیب آن تولید افلوتوکسین را کاهش می‌دهد. زمانی که موم پلی تا سطح ٦,٦ فیصد خشک گردید، باوجود محافظت‌کننده‌های محلی ذخیره که برای ٦ ماه

به کار می‌رفت، عاری از قارچ‌ها گردید، درحالی‌که در رطوبت ۱۲ فیصد، تنها خریطه‌های الیافی با نبات *Syzigum aromaticum* طور مؤثر از مصابیت تقاطعی دانه‌های سالم ممانعت نمود. حالان که زمانی که مقدار رطوبت به ۱۸,۵ فیصد ازدیاد یافت، معامله اخیرالذکر مؤثر نبود. به‌هرحال، در جریان ذخیره، انتقال و بازاریابی، سطوح رطوبت پایین باید با جلوگیری از سوراخ شدن بام ذخیره خانه حفظ و از غلظت بلند رطوبت از اثر تهویه نامناسب جلوگیری گردد (۱۳).

(ج) معامله فزیکی: مطالعه‌ای که جهت معلوم نمودن سرنوشت افلوتوکسین و مومونایزین‌ها به‌واسطه عملیه‌های عنعنوی جواری و غذاهای حاوی منشأ جواری به راه انداخته‌شده بود، شامل درجه‌بندی، غربال نمودن، شستن، کمباین نمودن دانه‌های جواری و بی پوست نمودن بود که به دستیابی در دور نمودن قابل‌ملاحظه مایکوتوکسین بسیار مؤثر بود. این هدف بر جداسازی دانه‌های آلوده از خرمن دانه‌ها استوار بوده و تنها مربوط به آلودگی سنگین بخش کوچک تخم‌ها بوده است، مطالعه پخش افلوتوکسین در موم پلی نشان داد که بخش اعظم (۸۰ فیصد) زهر اکثراً با تخم کوچک و چملک و موم پلی پوپنک زده و آلوده ارتباط داشته است.

(د) حفظ‌الصحه: روش‌های اساسی حفظ‌الصحه مانند دور نمودن و تخریب بقایای نباتی از برداشت قبلی در کاهش مصابیت و آلودگی محصول در مزرعه کمک می‌نمایند. پاک نمودن ذخیره خانه قبل از جابه‌جایی محصول جدید دریافت گردیده که با کاهش سطوح افلوتوکسین ارتباط دارد.

(ه) ذخیره مناسب: به خاطر حفظ کیفیت در ذخیره خانه، ضروری پنداشته می‌شود تا فعالیت بیولوژیکی به‌وسیله خشک نمودن تا حدیکه رطوبت محصول از ۱۰ فیصد کمتر شود از فعالیت حشرات جلوگیری به عمل می‌آید.

(و) تنظیم حشرات: سطح صدمه حشره اندازه آلودگی مایکوتوکسین‌ها را متأثر می‌سازد. صدمه حشره جواری پیش‌بینی کننده خوب آلودگی مایکوتوکسین‌های *Fusarium* به شمار می‌رود. حشرات سپورهای قارچ‌های تولیدکننده مایکوتوکسین‌ها را از سطوح نباتی به قسمت داخلی ساقه یا دانه حمل نموده یا به‌وسیله تغذیه خود زخم‌ها را برای مصابیت ایجاد می‌نمایند. از اینرو، تنظیم مناسب آفات حشره‌ای به‌وسیله ستراتیژی مناسب کنترولی مشکل آلودگی مایکوتوکسین ها را کاهش می‌دهد.

(ز) روش‌های دیگر: فعالیت‌های زراعتی شامل تناوب زراعتی، قلبه، تاریخ کشت و تنظیم آبیاری و کود، دارای تأثیرات محدود بالای مصابیت و تجمع بعدی مایکوتوکسین‌ها می‌باشند.

## کنترول بیولوژیکی

کارهای قابل‌ملاحظه‌ای در جهت ایجاد ستراتیژی‌های مختلف کنترول بیولوژیکی مانند انکشاف قارچ‌های غیر زهر زا روی دست گرفته‌شده است. این کارها می‌توانند با آن عده از سترین‌های که ارتباط نزدیک با آن‌ها داشته باشند در محیط‌های مزرعه رقابت نموده و سطوح مایکوتوکسین‌ها را در نباتات کاهش دهند. تطبیق مزرعوی سترین‌های غیرزهرزای *A. flavus A. parasiticus* آلودگی بعد از رفع حاصل را تا ۹۵,۹ فیصد کاهش می‌دهد. کاربرد عوامل بیولوژیکی جهت ممانعت نموی قارچ‌های تولیدکننده فومونایزین گزارش گردیده است. ممانعت اشغال سپروفایتیکی و تولید ساختمان‌های سپوری زهر زای *F. verticillioides* و *F. proliferatum* در بقایای جواری توسط انواع غیرپتوجنی *Fusarium* صورت می‌گیرد. کنترول قارچ‌های تولیدکننده فومونایزین توسط بکتریای اندوفایتیکی نیز گزارش گردیده است (۱۳).

اخراج نمودن رقابتی، طوری فکر می‌شود بکتریای که به قسم بین الحجروی نمو می‌نماید، راه نموی هایفی بین‌الحجروی را یا مسدود می‌سازد یا از نموی‌شان جلوگیری به عمل می‌آورد. سترین‌های قارچی *Trichoderma* نیز نشان داده‌شده است که به‌وسیله میکانیزم های مانند رقابت برای مواد غذایی و جای، فنجی‌ستاتیس، انتی بیوسس، ایجاد تغییرات در ناحیه ریشه، مایکوپارازیتیزم، کود دهی حیه و تشویق میکانیزم های دفاعی نبات را کنترول می‌نماید. به‌هرحال، قابلیت متخاصم قارچی جهت کنترول انواع زهرزا، مربوط به تأثیر افتراقی شرایط اقلیم خورد و کلان بالای واکنش متخاصم پتوجن می‌باشد.

خصوصیات مهم برای ارزیابی مؤثریت عامل کنترول حیه مایکوتوکسین شامل قابلیتشان است تا مواد موردنظر یا بخش از نبات را اشغال نموده، هم مربوط داشتن قابلیتشان تحت شرایط مختلف محیطی در مزرعه یا در جریان ذخیره می‌باشد لذا با داشتن همچو قابلیت‌ها نموی‌شان و خود پتوجن هم‌زمان واقع‌شده و با فعالیت‌های دیگر کنترولی بدون تحریک تأثیرات که کیفیت آخری محصول را در برداشته باشد، سازگاری می‌نماید. در این رابطه، سترین‌های غیرزهرزای *F. vericillioides* و *F. proliferatum* ازجمله عاملین کنترول بیولوژیکی بسیار خوب برای سترین‌های زهرزا به شمار می‌رود زیرا آن‌ها عین موقعیت ایکالوژیکی را همانند سترین‌های زهر زا در نبات میزبان احراز نموده و عین شرایط مشابه نمویی را شریک می‌سازند.

**کنترول کیمیاوی**

کاربرد مناسب آفت‌کش‌ها در جریان عملیه تولید در کاهش مصابیت قارچی یا آلودگی نبات ناشی از حشره و به تعقیب آن آلودگی ناشی از مایکوتوکسین‌ها کمک نموده می‌تواند. آلودگی ناشی از فومونایزین با تطبیق قارچ‌کش‌های مانند prochloraz، propiconazole، epoxyconazole، tebuconazole، cyproconazol و azoxystrobin که برای کنترول بلایت فیوزاریمی شته یا قسمت فوقانی به کار می‌رود، کاهش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، قارچ‌کش‌های مانند itraconazole و amphotericin B نشان داده‌شده است که به‌صورت مؤثر انواع *Aspergillus* تولیدکننده افلوتوکسین را کنترول می‌نمایند. به‌هرحال، استفاده از قارچ‌کش‌ها به خاطر موارد اقتصادی و ملاحظات محیطی و مصؤنیت غذایی چندان سفارش نمی‌گردد.

**آلودگی‌زدایی (Decontamination)**

آلودگی‌زدایی مواد غذایی انسانی یا حیوانی آلوده با مایکوتوکسین ها به‌واسطه محافظت کیمیاوی (chemoprotection) یا enterosorption انجام‌یافته می‌تواند. محافظت کیمیاوی از افلوتوکسین‌ها با کاربرد تعدادی از مرکبات کیمیاوی مانند oltipraz و chlorophylin یا با تغییر در رژیم غذایی مانند نوده‌های گل کلم (braccoli) و چای سبز که یا پروسه‌های زهرزدایی حیوانات را زیاد می‌سازد و یا اینکه epoxide را تولید می‌نماید که منجر به صدمه کروموزومی می‌گردد، صورت می‌گیرد. اینتیروسورپشن مبتنی بر کشف تعداد معین منرال های کلی مانند Novasil استوار بوده که به‌صورت انتخابی مایکوتوکسین های را که به‌اندازه کافی محکم‌اند جذب می‌نمایند تا جذب‌شان را از کانال امعا جلوگیری نماید (۱۳).

مواد مختلف جذب‌کننده وجود دارند اما مؤثریت شان در جلوگیری مایکوتوکسیکوسس متفاوت می‌باشند. کلسیم montorillonites انتخابی ثابت‌شده است که انتیروسوربینت بسیار زیاد انتخابی و مؤثر می‌باشد. به‌هرحال، همرای اینتیروسورپشن، احتمال زیان و ضرر نیز وجود دارد به این معنی که عاملین جذب غیراختصاصی ممکن اخذ عناصر کم‌مصرف را از مواد غذایی جلوگیری نماید.

**نسلگیری برای مقاومت**

منابع مقاومت در مقابل *A. flavus* و انواع *Fusarium*، به‌خصوص *F. verticillioides* شناسایی گردیده‌اند و در پروگرام‌های نسلگیری دولتی و خصوصی سایر کشورها به کار گرفته می‌شوند. مارکرهای قوی مقاوم بیوکیمیاوی و ارثی در نباتات، به‌خصوص در جواری در بخش‌های مختلف جهان شناسایی‌شده‌اند که به قسم مارکرهای قابل انتخاب در نسلگیری جهت مقاومت در مقابل

آلودگی افلوتوکسین مورداستفاده قرار می‌گیرند. پروتوتایپ‌های نباتات انجنیری جنیتیکی انکشاف که (الف) حاوی جین‌ها برای مقاومت در مقابل تأثیرات فایتوتوکسیکی تعداد معینی از ترایکوتیسین‌ها می‌باشند که درنتیجه در کاهش واگیری قارچی کمک می‌نماید یا (ب) حاوی جین‌های اند که ممانعت کننده‌های نموی قارچی را برای کاهش مصابیت قارچی رمز می‌نماید. خوشه یا دسته‌های جین، جین‌های را جابه‌جا می‌نمایند که تشکیل ترایکوتیسین‌ها، فومونایزین‌ها و افلوتوکسین‌ها را تحت کنترول خود قرار داده که درنتیجه باعث می‌گردد تا در ساخت‌وساز حیه این مایکوتوکسین‌ها مداخله نماید.

**وضع قوانین**

مقررات مایکوتوکسین در تقریباً ۱۰۰ کشور جهان وضع گردیده تا مصرف‌کننده را از تأثیرات مضره این مایکوتوکسین‌ها محافظت نماید. مقدار افلوتوکسین در غذاهای انسانی ۳۰-۴ حصه در بیلیون نظر به کشورهای دخیل مجاز شمرده‌شده است. در ایالات‌متحده امریکا حد اعظمی بقایای افلوتوکسین در غذا برای مصرف انسان‌ها به‌استثنای شیر ۲۰ مایکروگرام در فی کیلوگرام اجازه داده‌شده است. درحالی‌که ۴ مایکروگرام در فی کیلوگرام مجموع افلوتوکسین را در غذا برای مصرف انسان‌ها حد اعظمی قابل‌قبول در اتحادیه اروپا تعیین نموده که در سطح جهانی بسیار سخت‌گیرانه‌تر است. اوکراتیسین A در جلسات سی و هفتم، چهل و چهارم و پنجاه و ششم کمیته مشترک ماهرین FAO و WHO در مورد افزودنی‌های غذایی (Joint FAP/WHO Expert Committee on Food Additives-JECFA)، و اخذ هفته وار قابل‌تحمل موقتی (Provisinal Tolerable weekly Intake – PTWI)، ارزیابی گردیده و مقدار ۱۰۰ نانوگرام در فی کیلوگرام وزن تعیین‌شده است. اتحادیه اروپا (EU) اخیراً پروپوذلی را جهت پایین آوردن محدوده‌های اعظمی تحمل‌پذیری برای چندین مایکوتوکسین در غذای انسانی و حیوانی منظور نموده است که از اول اکتوبر ۲۰۰٦ قابل‌اجرا است (۱۹).

**نظارت و ایجاد آگاهی دهی**

همچو اقدامات مربوط به ستراتیژی دوامدار می‌باشند. برای تمام کشورها این‌یک امر لازمی و ضروری پنداشته می‌شود تا در سطح ملی نظارت و بررسی خویش را قوی ساخته و بازرسی خویش را در رابطه به غذای انسانی و حیوانی بیشتر سازد تا از مصؤونیت یا پاکی مواد غذایی، و تعلیم و تربیه منطقوی مطمئین گردیده و مساعدت نماید تا اطمینان حاصل شود که دانه‌های غذای انسانی و غذای حیوانی به‌صورت درست رفع حاصل گردیده، به‌صورت کامل خشک‌شده، و به‌صورت مناسب ذخیره‌شده است. آگاهی دهی در مورد اینکه مایکوتوکسین‌ها چه است و کدام خطرات را این

مایکوتوکسین‌ها به صحت انسان و حیوان وارد ساخته می‌تواند، باید از طریق ارگان‌های دولتی، تشکیلات خصوصی، تشکیلات غیردولتی، رسانه‌های ملی مانند پروگرام‌های رادیو و تلویزیون و همچنان اخبار و مجلات صورت گیرد. سیمینارها و ورکشاپ‌ها به قسم یک مجرا و پل تبادله معلومات و انتشار و پخششان بین محققین و توده‌های مردم بالترتیب استفاده‌شده می‌تواند. همچو رویدادها باعث می‌گردد تا کارهای گذشته و حال را به شکل درست ارزیابی نماییم و یک مسیر درست و واقعی را برای مطالعات بعدی خود پایه‌گذاری نماییم. تشکیلات صحی جهانی پلان‌های را روی دست گرفته و روی پروژه‌های مزرعوی توجه را معطوف ساخته، نظارت و آگاهی دهی را تقویت بخشیده و روی تعلیم و تربیه مصرف‌کننده‌ها در رابطه به موضوعات مربوط به مایکوتوکسین‌ها توجه مبذول داشته است. بسیار لازم و ضروری پنداشته می‌شود که ارزیابی دقیق همچو ستراتیژی‌ها باید انجام پذیرد تا مسائلی مانند پایداری، قابل‌قبول بودن فرهنگی، امکان‌پذیری اقتصادی، معقول بودن، و مؤثریت عمومی همچو فعالیت‌ها در نظر گرفته شود (۱۳).

**ستراتیژی آلودگی‌زدایی**

زمانی که جلوگیری مایکوتوکسین‌ها طور کامل صورت نگرفت، مهم است تا ستراتیژی‌های را تطبیق نماییم تا آلودگی مایکوتوکسین‌ها در اجزای متشکله مواد غذایی حیوانی یا غذای حیوانی مرکب کاهش یابد. کاهش مایکوتوکسین‌ها باید در سطح تلفیقی در تمام زنجیره عرضه مواد غذایی به کار گرفته شود تا از غلظت‌های مایکوتوکسین در غذای حیوانی بر وفق قوانین در سطوح اعظمی تحمل‌پذیری یا سطوح سفارش شده تحمل‌پذیری مطمئن شویم، و از این نقطه‌نظر محصولات غذای حیوانی برای مصرف حیوانات مصئون گردد. کشف مایکوتوکسین‌ها در غلات و غذاهای حیوانی با استفاده از تکنولوژی‌های مختلف برای نظارت وقوع و کاهش یا کم سازی مایکوتوکسین بسیار ارزنده و مهم به شمار می‌رود. در حالات مؤثر بودن و امکان‌پذیری، اهداف کم سازی یا کاهش باید شامل ستراتیژی‌های دور سازی و غیرفعال سازی مایکوتوکسین آن‌طوری باشد که باعث تولید بقایای زهری نگردیده و ارزش غذایی و پارامترهای مناسب دیگر را مانند خوش‌آیند بودن یا خوش‌ذائقه بودن محصولات را به خطر نیاندازد. این موضوع باید خاطرنشان گردد که کم سازی یا کاهش اثرات مایکوتوکسین باید ساده و غیر قیمتی باشد تا انجام پذیرد. ستراتیژی‌های مختلف علاج یا چاره‌سازی که در رابطه به کاهش خساره آلودگی مایکوتوکسین در غذای حیوانی و مؤثریت آن‌ها و همچنان محدودیت‌ها روی دست گرفته می‌شود در ذیل مورد ارزیابی و بحث قرار می‌گیرد (۹).

### (۱) روش‌های فزیکی

(الف) رقیق‌سازی

رقیق‌سازی شامل مخلوط نمودن دانه‌های آلوده با مایکوتوکسین و دانه‌های غیر آلوده با مایکوتوکسین بوده تا به مخلوطی دسترسی گردد که دارای غلظت‌های باشند که پایین‌تر از حد اعظمی تعیین‌شده یا سطوح تحمل‌پذیری سفارش شده باشد. رقیق‌سازی ساده بوده و ازنقطه‌نظر اقتصادی وسیعاً برای کاهش خساره یا ضرر آلودگی مایکوتوکسین در غذای حیوانی مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌هرحال، موفقیت این اهداف مربوط به درجه آلودگی و قابل‌دسترسی منابع غیر آلوده دانه‌ها می‌باشد (۷، ۹).

(ب) پاک کاری و درجه‌بندی دانه‌ها

مراحل معین پروسس نمودن دانه باب با آلودگی‌زدایی مایکوتوکسین ها سهیم می‌باشند. دانه‌های غلات غیر پروسس شده که طور نارمل به ذخیره‌گاه‌ها آورده می‌شوند اکثراً حاوی مواد غیر دلخواه مانند گرد، مواد خارجی و دانه‌های شکسته می‌باشند. تخم‌ها یا دانه‌های شکسته و صدمه‌دیده در این ذخیره‌گاه معمولاً حاوی اکثر آلوده‌کننده‌های مایکوتوکسین می‌باشند. در فابریکه‌های غذاسازی غذای حیوانی، پاک نمودن و درجه‌بندی دانه طوری تطبیق می‌گردد که به قسم میخانیکی گرد، مواد خارجی و دانه‌های ناسالم از دانه‌های سالم، به قسم میخانیکی عمدتاً به اساس غلظت پایین دانه‌های زیاد مصاب و آلوده‌کننده‌های غذای حیوانی جدا می‌گردد. فعالیت‌های پاک کاری و درجه‌بندی نشان داده است که آلودگی DON و بعضی از مایکوتوکسین‌های دیگر را مانند nivalenol، T-2 و HT-2 در گندم و کلتیوارهای گندم، و همچنان آلودگی AF را نیزکاهش داده است. به‌هرحال، کاهش مایکوتوکسین‌ها توسط عملیه‌های پاک کاری فوق‌العاده متغیر بوده می‌تواند (۷، ۹).

آسیاب نمودن مرحله دیگری از پروسس نمودن دانه‌ها بوده که آلودگی مایکوتوکسین را طور قابل‌ملاحظه کاهش داده می‌تواند. محصول فرعی که از آسیاب نمودن به دست می‌آید، منحیث اجزای متشکله خاک در غذای حیوانی به کار گرفته می‌شود. عملیه‌های آسیاب نمودن گزارش گردیده است که مایکوتوکسین‌های موجود را به بخش‌های مختلف آرد نسبت به کاهش آلودگی مایکوتوکسین دوباره سمت دهی می‌نماید. از اینکه بخش‌های بیرونی دانه‌ها بسیار به‌آسانی توسط مایکوتوکسین آلوده می‌شوند، لذا توته‌های یا شکستگی‌های که از طبقه خارجی دانه‌ها به دست می‌آیند نسبت به بخش‌های داخلی پروسه‌های آسیاب دارای آلودگی‌های بلند مایکوتوکسین

می‌باشند. از همین رو، نظر به بخش‌های آسیاب شده، آسیاب نمودن نیز منتج به کاهش غلظت‌های مایکوتوکسین شده می‌تواند (۹).

(ج) روش‌های حرارتی

اگرچه اکثر مایکوتوکسین ها به‌صورت عموم مرکباتی‌اند که در مقابل حرارت باثبات بوده، اما عملیه‌های مانند خورد نمودن یا میده نمودن، به شکل گلوله درآوردن و بیرون اندازی در جریان ساختن غذای حیوانی، مخلوط کردن توسط برش دارای سرعت بلند و حرارت فوق‌العاده گرم، می‌توانند غلظت مایکوتوکسین را کاهش می‌دهد، اما به‌صورت کامل مایکوتوکسین‌ها را از بین برده نمی‌توانند. این عملیه‌ها نشان داده‌شده است که غلظت‌های AF، FUM، DON و ZEN را کاهش داده‌اند. درجه کاهش عمدتاً مربوط به چندین عامل می‌باشند که شامل انواع مایکوتوکسین‌ها، غلظت اولی مایکوتوکسین، مواجه‌شدن به حرارت و مدت‌زمان یا دوامدار بودن به حرارت بلند، درجه نفوذ حرارت، رطوبت موجود و pH در میان دیگران می‌باشند. به‌صورت عموم، حرارت‌های بلندتر از ۱۵۰ درجه سانتی‌گرید، مواجه‌شدن برای مدت طولانی، دارا بودن رطوبت بلند و غلظت پایین مایکوتوکسین در ابتدا همه منتج به کاهش فوق‌العاده زیاد در غلظت مایکوتوکسین می‌گردد. به‌هرحال، با داشتن تعدادی از تأثیرات که در این پروسه شامل است، تأثیرات عملیه‌های حرارتی بالای کاهش مایکوتوکسین کاملاً متغیر بوده می‌تواند. این کار ممکن با کاهش مایکوتوکسین سهیم بوده، اما این عملیه به‌تنهایی برای کاهش خطرات مواجه‌شدن با مایکوتوکسین کافی نمی‌باشد (۵، ۷).

**(۲) روش‌های کیمیاوی**

عاملین یا مواد کیمیاوی

عوامل مختلف‌النوع بسیار زیاد مواد کیمیاوی دریافت شده‌اند که در کاهش غلظت چندین مایکوتوکسین در امتعه‌های مختلف مؤثر می‌باشند که شامل تیزاب‌ها، قلوی‌ها، مواد کلورینی شده، sodium metabisulfite، امونیا و اوزون خشک می‌باشند. به‌هرحال، میتابولایت های زهری که توسط معامله کیمیاوی ایجاد می‌گردد در اثر آن ارزش غذایی و خوش‌آیند بودن یا خوش‌ذائقه بودن غذای حیوانی کاهش پیدا نموده می‌تواند. استفاده و کاربرد این مواد کیمیاوی برای کارگران نیز دارای خطر می‌باشد (۹).

(۳) اشعه دهی

برای تعدادی از غلات ذخیره‌شده، شعاعات منحیث هدف مورداستفاده قرار می‌گیرد تا قارچ‌ها و پتوجن‌های دیگر بالقوه را که دانه‌ها را مصاب می‌سازند، کاهش یا از بین ببرد، این عملیه

مایکوتوکسین‌ها را قسماً محو نموده می‌تواند. سه منبع تجزیه‌کننده تشعشعی در فابریکات در اروپا رسماً قابل‌پذیرش است که شامل تشعشعات گاما، X-rays و electron beams یا اشعه الکترونی می‌باشند. گزارش گردیده است که تشعشعات گاما مقدار AFB1 را در جواری و غذای مرغ‌ها بالترتیب کاهش داده، و ازدیاد در اندازه تشعشعات تأثیر بهتر کاهش را نشان داده است. به‌هرحال، بعضی ملاحظاتی در مورداستفاده از تشعشعات، به شمول نگرانی مردم در مورد مصئون بودن تشعشعات تجزیه‌کننده یا آیونی کننده، تغییر در ارزش غذایی و بلند رفتن مصارف پروسس مواد غذایی وجود دارد.

**مواد افزودنی در غذای حیوانی منحیث عوامل ذایل کننده زهر مایکوتوکسین‌ها**

نظر به طرز عمل، عوامل زهر زدایی مایکوتوکسین (mycotoxin-detoxifying agents- MDA) به عوامل تغییردهنده‌های بیوتیکی (biotransforming agents – BA) و عوامل جذب‌کننده (adsorbing agents – AA) تقسیم‌بندی شده می‌توانند. حال BA، مانند بکتریا و یا قارچ‌ها یا انزایم‌ها، مایکوتوکسین‌ها را به میتابولایت‌های کمتر زهری تجزیه نموده، درحالی‌که AA توسط کاهش موجودیت زنده یا حیه مایکوتوکسین، آلودگی مایکوتوکسینی را عبور نموده که باعث کاهش در اخذ مایکوتوکسین و پخششان در خون و اعضای موردحمله می‌گردد.

(۱) عاملین تغییردهنده مایکوتوکسین ازلحاظ بیولوژیکی

عاملین بیوترانسفارمینگ مایکوتوکسین شامل میکروارگانیزم‌ها یا انزایم‌های‌شان بوده که به قسم بیولوژیکی مایکوتوکسین‌ها را به میتابولایت‌های غیر زهری یا کمتر زهری از طریق راه‌های مانند hydrolysis، de-epoxidation، acetylation، oxidation، ring/side chain cleavage، و glycosylation توسط عمل صحه‌گذاری مالیکیولی بالای هر مایکوتوکسین تبدیل نموده و تأثیرات زهری‌شان را متأثر می‌سازد. میکروارگانیزم‌های بیوترانسفارمی مایکوتوکسین از محیط (خاک، دانه‌های غلات و حشرات) و میکروب‌های داخل امعای حیوانات تجرید گردیده است. قابلیت‌های زهر زدایی آن‌ها گزارش گردیده است که برای مایکوتوکسین‌های مختلف مانند AFB1، ZEN، OTA و FB1 مؤثر می‌باشند. درسترین بکتریایی Eubacterium BBSH 797، که در ابتدا از مایع شکمبه گاو تجرید گردیده بود اولین مکروبی بوده که منحیث MDA مورداستفاده قرارگرفته بود. این MDA قادر است تا TRC را زهر زدایی نموده و درحال حاضر به قسم تجارتی برای کاهش مایکوتوکسین مورداستفاده قرار دارد. نتایج تحقیقات روی حیوانات نشان داده است که Eubacterium BBSH 797 تأثیرات ناگوار DON بالای گاوهای شیری، و T-2 toxin را بالای جوجه مرغان درحال نمو به‌طور

قابل‌ملاحظه کاهش داده است. trichosporon mycotoxinivorans عبارت از سترین خمیرمایه می‌باشد که کاملاً در مورد تحقیق صورت گرفته و این سترین نیز به قسم تجارتی منحیث MDA مورداستفاده قرار دارد. این خمیرمایه، از معده عقبی موریانه (*Mastotermes darwiniensis*) تجرید گردیده و هردو ZEN و OTA را غیر زهری می‌سازد. تطبیق انزایم‌ها که مایکوتوکسین‌ها را به قسم بیولوژیکی تجزیه می‌نمایند عبارت از متناوب قابل پسند در مقابل میکروارگانیزم چنان قرار دارند که تعاملات کیمیاوی را به شکل خاص و به طرز مؤثر تسریع و تسهیل بخشیده و در رابطه به مصئونیت و کاربرد ساده‌شان در مقایسه با میکروارگانیزم های زنده مفیدیت‌های خوبی را ارائه نموده اما این انزایم‌ها محدود به تعداد مشخص مایکوتوکسین‌ها می‌باشند. چندین انزایم شناسایی گردیده‌اند و گزارش گردیده اند که دارای ظرفیت تجزیه‌کننده بیولوژیکی در مقابل FUM، AFB1، OTA، ZEN و DON می‌باشند (١٦، ٢٠).

تعدادی از خصوصیات وجود دارد که برای استفاده مؤثر میکروارگانیزم‌ها و انزایم‌ها که تطبیق شان را به شکل تجارتی و صنعتی کاملاً مغلق و محدود می‌سازد باید تکمیل گردد. به‌طور مثال: ١) سترین‌های تجرید شده میکروبی باید غیرپتوجنی باشند؛ ٢) عملیه زهر زدایی باید مرکبات غیر زهری یا کمتر زهری را در مقایسه با مایکوتوکسین اصلی یا اولی به دست داده، و مؤثریت این MDA به شمول ضروریات BA ارزیابی گردیده و با استفاده از بیومارکرهای به‌خصوص برای مایکوتوکسین های معین ارزیابی گردد؛ ٣) پروسه‌های تجزیه نمودن باید به‌سرعت واقع گردیده، و BA باید قادر باشد تا زندگی نموده، تطابق یافته و تحت شرایط مختلف اکسیجن و سطوح مختلف pH در محیط مغلق کانال امعا ثبات و پایداری داشته باشد؛ ٤) خصوصیات organoleptic و غذایی غذای حیوانی باید حفظ گردد؛ ٥) بالاخره، قابلیت زنده ماندن میکروارگانیزم های تجرید شده، و فعالیت زهر زدایی میکروب‌ها و انزایم‌ها، باید در جریان روش‌های پروسس نمودن غذای حیوانی حفظ گردیده و در محصولات نهایی تجارتی پایدار باقی بماند.

(٢) عاملین جذب سطحی مایکوتوکسین

صنف دیگر MDA عبارت از عاملین جذب‌کننده مایکوتوکسین یا جذب‌کننده‌ها (adsorbents- AA) می‌باشند که تأثیرات مضره مایکوتوکسین‌ها را در حیوانات و مرغان به‌واسطه اتصال مستقیم به مایکوتوکسین‌ها کاهش می‌دهد؛ این کار موجودیت زنده مایکوتوکسین را کاهش داده یا جذب‌شان را در امعا کم ساخته و تشکیل کمپلکس مایکوتوکسین-جذب‌کننده را تشکیل داده، و به تعقیب آن باعث می‌گردد تا از طریق روده‌ها مایکوتوکسین‌ها را به بیرون ترشح یا اخراج نماید (٧).

جذب‌کننده‌های مایکوتوکسین به جذب‌کننده‌های غیرعضوی و عضوی تقسیم گردیده اند. جذب‌کننده‌های غیرعضوی به نام جذب‌کننده‌های منرالی نیز شناخته‌شده که عمدتاً phyllosilicates گروپ منرالی کلی و همچنان شامل tectosilicates مانند zeolites و activated charcoal می‌باشند. جذب‌کننده‌های غیرعضوی اولین نسل جذب‌کننده‌ها به ملاحظه می‌رسد. جذب‌کننده‌های بسیار قابل‌ملاحظه در میان گروپ فایلوسیلیکیت ها عبارت از bentonite، montmorillonite، hydrated sodium aluminosilicates و smectite می‌باشند. ظرفیت اتصال جذب‌کننده‌های غیرعضوی مربوط به ساختمان‌های فزیکی-کیمیاوی هردو جذب‌کننده‌ها و مایکوتوکسین‌ها می‌باشند؛ این ظرفیت شامل تقسیمات چارج جذب‌کننده‌ها و مایکوتوکسین‌ها، ساحه سطحی و اندازه سوراخ جذب‌کننده‌ها، قطبیت، و شکل یا نوع مایکوتوکسین‌ها می‌باشد. بعضی از جذب‌کننده‌های منرالی مانند bentonites، zeolites و activated charcoal گزارش‌شده‌اند که ZEN، OTA، FUM و DON را در لابراتوار جذب نموده، حالان که، در داخل جسم زنده یا میزبان مطالعات تأییدی‌شان وجود ندارند. اکثر جذب‌کننده‌های غیرعضوی منحیث وصل‌کننده‌های مؤثر AF شناخته‌شده که توسط مطالعات در جسم زنده یا میزبان نیز تأیید گردیده، اما آن‌ها دارای ظرفیت بسیار محدود وصل‌کنندگی با مایکوتوکسین‌های دیگر مانند ZEN، TRC و FUM می‌باشند. متأسفانه، جذب‌کننده‌های منرالی نیز شناخته‌شده‌اند که عناصر کم‌مصرف را جذب نموده و دارای تأثیر منفی بالای قابلیت وجودی حیه ویتامین‌ها، امینواسیدها، و منرال‌ها در غذای حیوانی می‌باشند. جذب‌کننده‌های منرالی عدم مفیدیت ایکالوژیکی به نسبت تجزیه مایکوتوکسین‌های رابطه دار بعدازاینکه آن‌ها نسبتاً به آهستگی ترشح می‌شوند را دارند. به خاطر نیل به این عدم مؤثریت جذب‌کننده‌های غیرعضوی، از اجزای دیوار حجروی میکروارگانیزم‌ها جذب‌کننده‌های عضوی به وجود آمده که منحیث نسل دومی جذب‌کننده‌های انکشاف نموده است. اجزای دیوار حجروی *Saccharomyces cerevisiae* سترین خمیرمایه معمولاً منحیث جذب‌کننده‌های عضوی مورداستفاده قرار می‌گیرند. توته‌ها یا بخش‌های عمده وظیفوی دیوار حجروی خمیرمایه (YCW) که برای وصل کردن مایکوتوکسین مسئول است شامل β–D-glucan و mannan oligosaccharides بوده که از طریق رابطه هایدروجنی و van-der-Waal forces وصل می‌گردد.

(۳) افزودنی‌های غذای حیوانی

جذب و غیرفعال سازی حیه مایکوتوکسین‌ها از طریق هضم افزودنی‌های غذای حیوانی در حیوانات به‌طور بسیار وسیع مطالعه گردیده است. چندین ماده مانند lucerne، zeolites،

bentonite، و bleaching clays منحیث عاملین وصل‌کننده مایکوتوکسین‌ها عمل نموده و از جذب توکسین‌ها در امعای حیوانات در جریان تغذیه جلوگیری به عمل می‌آورند. علاوتاً، افزودنی‌های فوق کمپلکس‌های ثابت را با مایکوتوکسین‌های تشکیل داده، و منتج به کاهش قابلیت موجودیت حیه‌شان می‌گردد. مؤثریت آن‌ها با ساختمان‌های هردو یعنی وصل‌کننده‌ها و مایکوتوکسین‌ها (تقسیمات چارج، قطبیت، اندازه سوراخ، ساحه سطح) مربوط می‌باشد. مشکلات شامل در این برنامه خطر کاهش ویتامین‌ها، امینواسیدها، و موجودیت منرال ها در غذای روزمره می‌باشد. به خاطر فائق آمدن به این نقیصه، توده زنده که حاوی خمیرمایه، بکتریای لکتیک اسید، و کونیدیای *Aspergillus* می‌باشند منحیث نسل دومی اتصال توسط تهیه یا ایجاد محلات متعدد کارا برای اتصال مایکوتوکسین به‌کاررفته و ما مطمئن به اصلاح تحمل‌پذیری توسط حیوانات نظر به طبیعت شان می‌شویم. جذب‌کننده قوی و کارا باید قابلیت اتصالی انکشاف یافته در مقابل ساحه وسیع از مایکوتوکسین‌ها، داشتن ظرفیت بلند جذب، حاوی اتصال محدود با مواد غذایی را داشته باشد.

افزودنی رژیم غذایی با انتی اکسیدانت‌های طبیعی به‌طور قابل‌ملاحظه اکسیدیشن غذای حیوانی را به تعویق انداخته یا ممانعت نموده و غشاهای حجروی، پروتین‌ها، شحمیات، و نوکلئیک اسیدها را در مقابل تأثیرات زهری مایکوتوکسین ها محافظت می‌نماید. تعدادی از ویتامین‌ها مانند A، E، و C دارای این قوه است تا منحیث ردیکل‌های آزاد در پاک کاری و کم سازی تأثیرات منفی فشار اکسیدیشنی عمل نماید (۱۷).

**ذخیره**

در واقع، دانه باب باید به حدی خشک باشند که قبل از ذخیره رطوبت آن‌ها کمتر از ١٦ فیصد باشد تا خساره یا ضرر بیشتر نموی قارچی و آلودگی کاهش یابد. تکنولوژی‌های مختلف برای نیل به این هدف وجود دارد که مورداستفاده قرارگرفته می‌توانند که شامل خشک نمودن در هوای آفتابی در مزرعه، خشک نمودن عنعنوی توسط جریان هوا در اون، شعاع قرمز و معامله شعاع ماورای بنفش، خشک نمودن دانه باب در هوای آفتابی، که در آن نور آفتاب جمع می‌شود و به شکل بسیار مناسب انرژی تبدیل می‌گردد، و خشک نمودن در مایکروویف می‌باشند.

شرایط ذخیره باید سرد و خشک بوده، و ذخیره‌گاه باید عاری از دانه‌های کهنه و خاک باشد. ممانعت کننده‌های نموی قارچی، مانند polypeptide bacillomycin D که از *Bacillus cereus* تجرید گردیده است، نیز مؤثر می‌باشد. معامله دانه‌های گندم همرای پولی پپتاید در جریان ذخیره نموی *Fusarium graminearum* و تولید deoxynivalenol را ممانعت می‌نماید.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

ازآنجایی‌که آلودگی مواد غذایی به مایکوتوکسین‌ها اجتناب‌ناپذیر تلقی می‌شود، کنترول آن‌ها برای به حداقل رساندن خطر مصرف مواد غذایی آلوده به مایکوتوکسین‌ها ضروری است. مایکوتوکسین‌ها در سطوح مختلف زیان‌های قابل‌توجهی ایجاد می‌کنند، زیرا نه‌تنها می‌توانند عواید زراعتی را از طریق کاهش کیفیت غذای تولیدشده و مصرف بعدی آن‌ها کاهش دهند، بلکه از طریق کاهش حاصل دهی و صحت حیوانات نیز کاهش می‌دهند. کنترول آن‌ها مربوط به استفاده از سیستم‌های اولیه قبل و بعد از رفع حاصل است. اگرچه روش‌های قبل از برداشت باید به‌منظور جلوگیری از آلودگی بیشتر ترجیح داده شود، ولی استراتژی‌های طبیعی، شیمیایی و بیولوژیکی برای تخریب مایکوتوکسین‌ها روی دست می‌شود. بدین ارتباط برای به حداقل رساندن خطر سلامتی ناشی از مایکوتوکسین‌ها پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد.

۱. غلات کامل (مخصوصاً جواری، باجره، گندم، برنج)، انجیر خشک و مغزباب مانند ممپلی، پسته، بادام، چهارمغز، ناریال را که همگی به‌طور مرتب به افلوتوکسین آلوده می‌شوند به خاطر نمو و انکشاف قارچ‌ها بررسی گردد و هر چیزی را که پوپنک زده با تغییر رنگ یا چروکیده به نظر برسد از محصول دور و برطرف گردد.

۲. از آسیب دیدن دانه‌ها قبل و در حین خشک شدن و در ذخیره‌گاه خودداری گردد، زیرا غلات آسیب‌دیده بیشتر در معرض حمله پوپنک ها و درنتیجه آلودگی مایکوتوکسین هستند.

۳. حبوبات و مغزباب تا حد امکان تازه خریده شو د.

۴. اطمینان حاصل گردد که غذاها به‌درستی نگهداری می‌شوند یعنی عاری از حشرات، خشک و نه خیلی گرم نگهداری شوند.

۵. غذاها برای مدت طولانی قبل از مصرف نگهداری نگردد.

٦. اطمینان از یک رژیم غذایی متنوع حاصل گردد. این موضوع نه‌تنها به کاهش قرار گرفتن در معرض مایکوتوکسین‌ها کمک می‌کند، بلکه تغذیه را نیز بهبود می‌بخشد.

## منابع


1. Chidozie A, Ranajit B, Ramesh VB, Robert B, Hester B, Kitty FC, et el. Effects of aflatoxins on aflatoxicosis and liver cancer. In Mycotoxin Control in Low- and Middle-Income Countries; International Agency for Research on Cancer: Lyon, France, 2015; Volume 9: 13–16.
2. Ashiq S. Natural occurrence of mycotoxins in food and feed Food Sci. Food Saf. 2015; 14, 159–175.
3. Mari E, Gregor K, Christopher T E, Jana H, Sultan M, Rudolf K. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins. Food Sci. Nutr. 2019; 60: 2773–2789.
4. Fernandez-Cruz ML, Mansilla ML, Tadeo JL. Mycotoxins in fruits and their processed products: Analysis, occurrence and health implications. J. Adv. Res. 2010; 1: 113–122.
5. Gacem MA, Gacem H, Telli A. Khelil, AO. Mycotoxins: Decontamination and nanocontrol methods. In Nanomycotoxicology; Rai, M., Abd-Elsalam, K.A., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020; pp. 189–216.
6. Gamal MH, Taha M, Jesus SG, Sarah AA, Okon JE, Mosaad AA. A review of recent innovative strategies for controlling mycotoxins in food. Food control. 2023; p. 144.
7. Jard G, Liboz T, Mathieu F, Guyonvarch A L. A Review of mycotoxin reduction in food and feed: From prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. Food Addit. Contam. Part A, 2011; 28:1590–1609.
8. Johanna FG. Mycotoxins: their implications for human and animal health. Veterinary Quarterly, 1999; 21:115-120.
9. Karthika P, Arun M, Manikantan P, Amin MK, Wen-Chao L, Balamuralikrishnan B. Occurrence, identification, and decontamination of potential mycotoxins in fruits and fruit by-products. Food Frontier, 2023; 4: 32-46.
10. Khodaei D, Javanmardi F, Khaneghah AM. The global overview of the occurrence of mycotoxins in cereals: a three-year survey. Curr. Opin. Food Sci. 2021; 39, 36–42.
11. Maria EB, Francisco CO, Fábio EF, Maria IF, Davide R. Mycotoxins and their effects on human and animal health. Food Control. 2014; 36: 159-165.
12. Mina N, Huali X, Yang B. Contamination, detection and control of mycotoxins in fruits and vegetables. Toxins, 2022; 14(5): 309.
13. Mohamed EZ. Impact of mycotoxins on human and animal. Saudi Chemical Society, 2011;15: 129-144.
14. Monika C, Philippe D. Mycotoxin migration in moldy foods. Food science, 2019; 29: 88-93.
15. Ostry V, Malir F, Toman J, Grosse Y. Mycotoxins as human carcinogens- the IARC monographs classification. Mycotoxin Res. 2017; 33: 65–73.

16. Smith CA, Woloshuk CP, Robertson D, Payne GA. Silencing of the aflatoxin gene cluster in a diploid strain of Aspergillus flavus is suppressed by ectopic aflR expression. Genetics, 2007; 176: 2077–2086.
17. Sanzani SM, Reverberi M, Geisen R. Mycotoxins in harvested fruits and vegetables: Insights in producing fungi, biological role, conducive conditions, and tools to manage postharvest contamination. Postharvest Biol. Technol. 2016; 122: 95–105.
18. Tanaka K, Sago Y, Zheng Y, Nakagawa H, Kushiro M. Mycotoxins in rice. Food Microbiol. 2007; 119: 59–66.
19. Van Egmond HP. Worldwide regulation for mycotoxins. Adv. Exp. Med. Biol. 504: 257-269.
20. Jinyi Y, Jing Li, Yueming J, Xuewu D, Hongxia Qu, Bao Y. Natural occurrence, analysis, and prevention of mycotoxins in fruits and their processed products. Food Sci. 2014; 54: 64–83.