



به نام او که علم مطلق از آن اوست

دوره آموزشی : آشنایی با انواع مایکوتوکسین، شرایط تولید و کنترل آن در کل طول زنجیره تولید از مزرعه تا بشقاب

برگزار کننده :

موسسه مشاوران توسعه کیفیت

با همکاری اداره کل استاندارد ، دانشگاه علوم پزشکی و

شرکت شهرکهای صنعتی استان مازندران

مدرس دوره:

آقای دکتر شریفی

۱۴۰۱



۱. مایکوتوکسین^۱ چیست؟

متابولیت ثانویه سمی است که جانداران زیرشاخه قارچ‌ها تولید می‌کنند. مایکوتوکسین مواد شیمیایی سمی است که قارچ‌ها آن را تولید می‌کنند. از آن جایی که قارچ‌ها می‌توانند به آسانی در محصولات غذایی فراگیر شده و در آن پرورش یابند، پژوهش مایکوتوکسین‌ها اهمیت بسیار دارد. یک گونه قارچی ممکن است چندین مایکوتوکسین گوناگون تولید کند و از سوی دیگر چندین گونه قارچی گوناگون ممکن است مایکوتوکسین یکسانی را تولید کنند. این سموم شامل سم تولید شده توسط قارچ‌های خوراکی^۲ نمی‌شود.

۲. واژه شناسی

مایکوتوکسین از دو واژه مایکس (در یونانی به معنی قارچ) و توکسیکوم (در لاتین به معنای سم) تشکیل شده است.

۳. شرایط تولید مایکوتوکسین

بیشتر قارچ‌ها هوازی هستند و از آن جایی که اندازه هاگ آنها بسیار کوچک است تقریباً در همه جای دنیا حتی شده در اندازه اندک یافت می‌شوند؛ زیرا که قارچ‌ها می‌توانند در هر جایی که رطوبت و دمای کافی باشد و مواد آلی وجود داشته باشد رشد کنند. در شرایط مناسب قارچ می‌تواند به یک کلنی تکثیر شود و از این رو میزان مایکوتوکسین بالا رود. هنوز مشخص نیست چرا قارچ‌ها مایکوتوکسین می‌سازند؛ زیرا که مایکوتوکسین‌ها متابولیت ثانویه بوده و نقشی در رشد و پرورش قارچ ندارند. احتمال می‌رود که تولید این سموم محیط میزبان قارچ را ضعیف‌تر می‌کند و از این رو میزبان را برای تکثیر بیشتر قارچ بهبود می‌دهد.

چگونگی ساخت، اندازه و درجه سمی بودن مایکوتوکسین به محیط میزبان، جاندار آلوده، سوخت‌وساز میزبان و عملکرد سامانه دفاعی میزبان بستگی دارد.

1 . Mycotoxins

2 . Basidiomycetes



مایکوتوکسین‌ها یا سموم قارچی، ترکیبات آلی هستند که در انتهای فاز رشدی برخی گونه‌های قارچی در شرایط گرم و مرطوب تولید می‌شوند.

۴. قارچ‌های مولد مایکوتوکسین

مهمترین قارچ‌های مولد مایکوتوکسین از سه جنس آسپرژیلوس، پنیسیلیوم و فوزاریوم هستند.

گونه کپک یا قارچ	فوزاریوم	آسپرژیلوس	پنی سیلیوم
مایکوتوکسین	دئوکسی نیوالنول	آفلاتوکسین،	اکراتوکسین،
	زرالنون	اوکراتوکسین،	PR توکسین،
	توکسین T-2،	استریگماتوسیستین،	سیتترین،
	فومونیسین	سیکلوپیا زونوئیک اسید	اسید سیکلویپیا زونیک
	مونیلی فورمین	و غیره.	و غیره.
	دی استوکسی		
	سیرینول		
	اسید فوزاریک		
	و غیره.		

مهمترین قارچ‌های مولد آفلاتوکسین و سم آنها

۵. ورود مایکوتوکسین به بدن

تخمین زده شده که بیش از ۲۵ درصد محصولات کشاورزی در سراسر دنیا به مایکوتوکسین‌ها آلوده می‌شوند که عمده آنها شامل غلات، خشکبار، قهوه، کاکائو، ادویه‌جات و دانه‌های روغنی می‌باشند. به غیر از آلودگی‌های قبل از برداشت، چنانچه شرایط انبارداری و حمل و نقل نامناسب باشد.

علاوه بر آلودگی محصولات کشاورزی، چنانچه خوراک دام به مایکوتوکسین‌ها آلوده باشد، باعث آلودگی شیر و البته گاهی آلودگی تخم مرغ و گوشت نیز می‌شوند. از آنجا که کاهش میزان مایکوتوکسین‌ها در طی فرآوری مواد غذایی تقریباً غیر ممکن است، این سموم در غذا باقی مانده و از این طریق وارد بدن انسان می‌شوند.



با وجود اینکه انسانها بیشتر از طریق تغذیه در معرض مایکوتوکسین ها قرار میگیرند ولی ممکن است از طریق تماس با پوست و استنشاق هم این عمل صورت بگیرد.

۶. تفاوت سموم قارچی و باکتریایی

سموم باکتریایی معمولا به صورت مولکول های بزرگ به صورت پلی پپتید، پروتئین یا لیپوپلی ساکارید هستند. این در حالیست که مایکوتوکسین ها جرم مولکولی پایینی داشته که بسته به ساختمان تک حلقه تا چند حلقه ای بین ۵۰ تا بیش از ۵۰۰ دالتون جرم را دارند.

برعکس سموم باکتریایی، سموم قارچی عمدتا از جنس پروتئین نبوده و توسط دستگاه ایمنی بدن قابل شناسایی نیستند.



۷. بیماری زایی مایکوتوکسین‌ها

از حدود ۴۰۰ نوع مایکوتوکسین موجود، حدود ۲۰ نوع آنها از نظر جهانی تهدیدی برای سلامت انسان و حیوانات محسوب می‌شوند.

مایکوتوکسین‌ها عمدتاً از جنس هیدروکربن هستند و بدلیل وزن مولکولی پایین غالباً به عنوان آنتی ژنیک عمل نکرده و باعث تحریک سیستم ایمنی میزبان نمی‌شوند. به علاوه تخریب مایکوتوکسین‌ها در دستگاه گوارش ناچیز است و سم وارد خون شده و در بافت‌ها و اندام‌های بدن ذخیره و سلامتی انسان را تهدید می‌کند.

نوع اثرگذاری سموم قارچی به چهار دسته شدید، مزمن، ایجادکننده جهش و نقص‌های مادرزادی تقسیم می‌شوند.

الف) شدید:

در فرم حاد، مایکوتوکسین‌ها معمولاً کبد یا کلیه را هدف گرفته که در موارد خیلی شدید می‌تواند منجر به مرگ شود.

ب) مزمن:

برخی از سموم قارچی در ساخت پروتئین‌های بدن تداخل ایجاد کرده که نتایجی مانند حساسیت‌های پوستی یا نکروزها، تضعیف دستگاه ایمنی، ایجاد سرطان‌ها به خصوص در کبد و برخی از انواع این سموم آسیب به دستگاه عصبی که در میزان خفیف ایجاد لرز و در مقدار بالا صدمات مغزی یا مرگ را در پی دارند.

ج) ایجاد جهش

د) نقص‌های مادرزادی

برخی از سموم در همانند سازی ژن‌ها اختلال ایجاد کرده که نتیجه آن ایجاد سرطان‌های مختلف، کاهش توان تولید مثل، جنین‌های ناقص الخلقه یا مرگ جنین است.

نوع مایکوتوکسین	اثرات اولیه و عمومی
آفلاتوکسین	پس از فعال سازی متابولیک در کبد به گوانین (محصول اضافی DNA) متصل می شود
تری کوتسن ها	مهار سنتز پروتئین
زرالنون	به گیرنده استروژن پستانداران متصل می شود
اکراتوکسین ها	مانع از سنتز پروتئین می شود
آلکالوئیدهای ارگوت	اتصال به گیرنده های آدرنرژیک، دوپامینرژیک و سروتونین
فومونیسین ها	مهار سرامید سنتاز (بیوسنتز اسفنگولیپید)

اثرات سموم مایکوتوکسین

۸. کاهش خطر مایکوتوکسین ها

محققین معتقدند مصرف سبزیجات سبز حاوی کلروفیل (رنگدانه سبز) یک روش مؤثر در کاهش ابتلا به سرطان کبد ناشی از مصرف مایکوتوکسین ها است چون کلروفیل باعث کاهش اتصال عوامل سرطان زا به رشته های DNA موجود در کبد می شود.

ریسک ابتلا به سرطان کبد در افرادی که هپاتیت نوع B و C دارند و از غذاهای آلوده به مایکوتوکسین ها تغذیه می کنند بیشتر است.

۹. مهم ترین مایکوتوکسین‌ها

تعداد سموم قارچی شناسایی شده بیش از ۴۰۰ مورد گزارش شده است اما تنها چند نوع آنها به میزان قابل توجهی در منابع غذایی دیده می‌شوند.

۹-۱ آفلاتوکسین^۱

آفلاتوکسین، سم بعضی گونه‌های قارچ آسپرژیلوس است که می‌تواند محصولات کشاورزی را قبل و بعد از برداشت آلوده کند و از مهم ترین مایکوتوکسین‌ها است. آجیل، دانه‌های روغنی، غلات و میوه‌های خشک تحت شرایط محیطی و انبارداری نامناسب نسبت به آفلاتوکسین‌ها مستعد هستند.

آفلاتوکسین‌ها یکی از مهلک ترین انواع سموم قارچی بوده که اثراتی از قبیل ایجاد سرطان، جهش‌های ژنتیکی، مرگ جنین یا تولد موزاد ناقص الخلقه و سرکوب دستگاه ایمنی بدن را در پی دارند.

آفلاتوکسین توسط بعضی سویه‌های آسپرژیلوس فلاوویس و اکثر سویه‌های آسپرژیلوس پاراسیتیکوس ایجاد می‌شوند. تولید آفلاتوکسین‌ها محدود به دوران نگهداری مواد غذایی نیست، بلکه شروع ایجاد و انباشته شدن آن در مواد غذایی حتی پیش از برداشت محصولات کشاورزی است.

آسپرژیلوس یکی از قارچ‌های کپکی است که در حالت عادی روی گیاهان در حال رشد زندگی می‌کند، اما تنش‌هایی مانند خشکی فرصت را برای رشد و تولید بالای آفلاتوکسین توسط این قارچ فراهم می‌سازد. آفلاتوکسین‌ها از راه گوارشی و تنفسی می‌توانند وارد بدن شده و در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه، دستگاه گوارش، سیستم ایمنی، ریه و بافت‌های عصبی تجمع و ایجاد اثر می‌کنند.

این دسته از سموم به چهار نوع اصلی ب ۱، ب ۲، جی ۱ و جی ۲ تقسیم شده که نوع ام ۱ و ام ۲ و سموم ثانویه هستند که در شیر دام‌های مصرف کننده آفلاتوکسین‌های گروه ب مشاهده می‌شوند. قدرت سمیت آفلاتوکسین به این ترتیب می‌باشد. $B1 > M1 > G1 > B2 > M2 > G2$.

لازم به ذکر است که میزان رشد قارچ و سطح آفلاتوکسین در مواد غذایی تحت تأثیر دما و رطوبت است و می‌تواند هرساله متفاوت باشد.

1 . Aflatoxin



استاندارد ملی ایران حد مجاز آفلاتوکسین‌ها بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم یا پی پی بی^۱ یا واحد در میلیارد یعنی تعداد واحدهای جرم یک آلاینده در هر ۱۰۰۰ میلیون واحد از جرم کل برای مغزها (پسته، بادام، فندق و گردو و بادام زمینی) ۱۰ پی پی بی، انواع انجیر خشک و کشمش و انواع برگه و انواع تخمه (کدو، افتابگردان و ...) و دانه‌های روغنی (سویا و کنجد و ...) ۱۵ پی پی بی و حد مجاز آفلاتوکسین در شیر و محصولات لبنی برای نوزادان ۰.۰۲۵ پی پی بی و برای بزرگسالان ۰.۱ پی پی بی تعیین کرده است.

ظرفیت نوزادان برای انتقال بیولوژیکی مواد سرطان زا نسبت به بزرگسالان کمتر است و به علاوه وجود آفلاتوکسین در شیر مادر باعث کندی رشد و زردی در نوزادان می‌شود. در ایران در دامداری‌ها با روش سنتی که برای تغذیه دام از علوفه و نان خشک کپک‌زده استفاده می‌شود، سموم وارد شده به بدن دام علاوه بر اثرات سو روی دام، سلامت انسان را هم تهدید می‌کنند.

چون آفلاتوکسین‌ها نسبت به حرارت مقاوم هستند و طی فرآیند پاستوریزاسیون شیر از بین نمی‌روند و در محصولات لبنی مانند پنیر و ماست به صورت فعال وجود داشته باشند. آفلاتوکسین باعث آسیب به کبد، کلیه، قلب و عروق و سیستم عصبی، سرطان زایی (سرطان کبد) و با جهش زایی احتمال بروز بیماری‌های ژنتیکی (ناقص الخلقه زایی) می‌شود.

1 . parts per billion (ppb)



۹-۲ اکراتوکسین^۱

اکراتوکسین یا اکرا توکسین A که به اختصار OTA نیز نامیده می‌شود، یکی از مایکوتوکسین است که در غلات، حبوبات، ادویه جات، قهوه، کشمش، انجیر خشک و آب انگور دیده می‌شود.

اوکراتوکسین‌ها توسط گونه اسپریژیلوس/وکر/سه/اوس و گونه‌های مرتبط و همچنین پنی سیلیوم ویردی کاتوم و برخی گونه‌های دیگر پنی سیلیوم تولید می‌شود. توکسین اصلی این دسته از سموم قارچی اوکراتوکسین A بوده که مایکو توکسین قوی است و باعث صدماتی روی کلیه می‌شود. از این سموم اثرات ناقص الخلقه زایی در طیور به خصوص مرغ‌های مادر مشاهده شده است. اما اثرات مخرب آن بر سلامت انسان هنوز کاملاً مشخص نیست. با این وجود برخی مطالعات نشان داده است که قرار گرفتن در معرض اکراتوکسین با نفروپاتی اندمیک بالکان^۲ و نفروپاتی بینابینی مزمن^۳ و همچنین سایر بیماری‌های کلیوی در انسان مرتبط است.

اغلب قارچ‌های آلوده کننده مواد غذایی، زمانی که غذا به درستی پخته می‌شود از بین می‌روند، اما اکراتوکسین A در برابر حرارت مقاوم است. آلودگی توسط این مایکوتوکسین در مواد غذایی عموماً در نتیجه ذخیره‌سازی ضعیف کالاها و روش‌های کشاورزی نامناسب در طول خشک کردن مواد غذایی رخ می‌دهد.

مقدار بیشتر از حد مجاز که توسط استاندارد ملی ایران در گندم و برنج ۵ پی پی بی، انواع انجیر خشک و کشمش و قهوه فوری و آب انگور ۱۰ پی پی بی و حبوبات ۲۰ پی پی بی و ذرت و جو ۵۰ پی پی بی تعیین شده است باعث جهش زایی، سرطان زایی، سرکوب سیستم ایمنی بدن و اثرات سو روی کلیه در انسان می‌شود.

1 . Ochratoxin

2 . BEN

3 . CIN

۹-۳ زیرالنون^۱

زیرالنون ترکیبی استروژنی است که به توکسین F2 نیز شناخته می‌شود. این توکسین را گونه‌های فوزاریوم مانند فوزاریوم گرمیناروم می‌سازند. زیرالنون در ذرت مرطوب معمولاً اواخر پاییز و زمستان و همچنین یونجه خشک کپک زده مشاهده می‌شود. تولید این سموم در شرایط رطوبت بالا و نوسانات دمایی پائین و متوسط تقویت می‌شود. این نوع سم قارچی معمولاً در مقادیر بالا ایجاد مسمومیت می‌کند.

این کپک در دمای پایین همراه با رطوبت بالا روی غذاها بهتر رشد می‌کند، اگرچه می‌تواند در سایر شرایط آب و هوایی نیز رشد کند. مایکوتوکسین زرنون سمیت کمی دارد. به همین دلیل هنگامی که حیوانات یا انسان‌ها برای کوتاه مدت در معرض سطوح پایین زیرالنون قرار گیرند، ممکن است علائم قابل مشاهده‌ای وجود نداشته باشد. با این وجود، زمانی که سم در مواد غذایی در سطوح بالا وجود داشته باشد یا فرد برای طولانی مدت در معرض سطوح زرنون قرار گیرد (حتی سطوح پایین) ممکن است اثرات نامطلوب سلامتی آشکار شود. وجود این مایکوتوکسین در مواد غذایی و مصرف آن می‌تواند سبب اختلال در تعادل هورمونی بدن و بروز بیماری‌های متعدد دستگاه تناسلی مانند سرطان پروستات، تخمدان، دهانه رحم یا سرطان سینه شود.

زیرالنون در غلات مانند ذرت، جو، گندم، جودوسر و سورگوم یافت می‌شود. بعد از تغذیه پستانداران (خرگوش، موش صحرایی، انسان و دام‌ها) از مواد غذایی آلوده، زیرالنون به سرعت جذب شده و با اتصال به گیرنده‌های استروژن باعث اختلال در سطح هورمون‌های تولید مثلی و باعث ناباروری، کاهش تغذیه، کاهش تولید شیر، جنین غیر طبیعی، سرطان سینه و سرکوب سیستم ایمنی می‌شود. حد مجاز این توکسین توسط استاندارد ایران در غلات ۲۰۰ پی پی بی و برای غذای کودک حاوی غلات ۲۰ پی پی بی مشخص شده است.

1. Zearalenone

۹-۴ تریکوتسن^۱

تریکوتسن‌ها از گونه‌های فوزاریوم نشات می‌گیرند. بیش از ۲۰ ترکیب به طور طبیعی از فوزاریوم‌ها تولید می‌شوند که ساختارهای مشابهی نیز دارند و شامل انواع T2، نئوسولانیول، دی استیل نیوالنول، دی استوکسی سیرپنال، نیوالنول، دزوکسی نیوالنول و فوزارنون X می‌شوند. دزوآکسی نیوالنول یا دون^۲، وومی توکسین در بیماری مسمومیت ذرت‌های کپک زده عامل مسمومیت بوده و علائم آن شامل عدم مصرف خوراک، توقف وزن گیری و اختلالات گوارشی بوده که در نهایت به مرگ حیوان منجر خواهد شد. تغذیه خوراک حاوی سم T2 در مقادیر بالا برای جوجه‌های گوشتی باعث ادم حاد حفره شکمی، خونریزی روده بزرگ، زخم‌های دهانی، اختلالات عصبی و نهایتاً مرگ می‌شود.

۹-۵ دی اکسی نیوالنول^۳

دی اکسی نیوالنول توسط بعضی گونه‌های قارچ فوزاریوم گرمیناروم^۴ تولید می‌شود که در ذرت، گندم، جو دوسر، جو و سایر غلات در مزارع یا در حین انبار شدن دیده می‌شود. انسان‌ها به طور مستقیم از طریق غلات و به طور غیر مستقیم از طریق غذاهای با منشأ حیوانی (جگر و کلیه و تخم مرغ و شیر) در معرض خطر این مایکوتوکسین هستند.

بیماری فوزاریوم هد بلایت^۵ که با نام بلایت فوزاریومی سنبله گندم نیز شناخته می‌شود، یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب جهان است. این بیماری توسط دئوکسی نیوالنول ایجاد می‌شود و در ایران به صورت اندمیک (بومی) در استان‌های گلستان و مازندران وجود دارد. فوزاریوم هد بلایت باعث کاهش کمی و کیفی محصول گندم می‌شود.

آلودگی ناشی از دئوکسی نیوالنول می‌تواند در طول فرآیند کشت رخ دهد. اگر گندم آلوده به کپک فوزاریوم به رژیم غذایی انسان راه پیدا کند، ممکن است علائمی مانند استفراغ، اسهال، درد شکم، سردرد، سرگیجه، تب و مشکلات ایمنی ایجاد کند.

-
1. Trichothecene
 2. DON
 3. Deoxynivalenol
 4. *Fusarium graminearum*
 5. FHB



این سموم باعث خارش پوست و با تحریک مخاط روده باعث حالت تهوع، اسهال، استفراغ، سر درد و سرگیجه و تب می‌شود. حد مجاز توسط استاندارد ایران برای غلات ۱۰۰۰ پی پی بی و برای غذاهای کودکان ۲۰۰ پی پی بی تعیین شده است.

۹-۶ پاتولین^۱

پاتولین توسط بعضی از گونه‌های قارچ پنی سیلیوم تولید می‌شود و در محصولات غذایی که پایه آن سبزیجات و میوه‌ها مثل انگور و گلابی، بخصوص میوه سیب و فرآورده‌های حاصل از سیب، مانند آب سیب کنسانتره وجود دارد. به دلیل پایدار بودن نسبت به گرما طی فرآیند پاستوریزاسیون آبمیوه از بین نمی‌رود.

بر اساس استاندارد ایران، حد مجاز پاتولین در آب سیب، ۵۰ پی پی بی برای افراد بالغ و برای کودکان ۱۰ پی پی بی است. نکته قابل توجه، میزان این توکسین در میوه سیب، کنسانتره سیب، پوره سیب، مربای سیب به ترتیب از بیشتر به کمتر است. پاتولین باعث حالت تهوع، اختلالات گوارشی، استفراغ، زخم و خونریزی و ورم معده، آسیب به کبد و کلیه، سیستم ایمنی و عصبی می‌شود.

۹-۷ فومانایزین^۲

فومانایزین توسط بعضی از گونه‌های قارچ فوزاریوم تولید شده و در ذرت، شیر، لبنیات، گوشت و فرآورده‌های گوشتی یافت می‌شوند. فومانایزین ممکن است در ادرار نوزادان یافت شود، بنابراین احتمال وجود آن در شیر مادر نیز هست. این توکسین‌ها اثرات مضر قابل توجهی روی سلامتی دام و سایر حیوانات دارند و ممکن است باعث سرطان (مری) و نقایص مادرزادی در انسان‌ها شوند. طبق استاندارد ایران حداکثر مجاز فومانایزین در ذرت و فرآورده‌های آن ۱۰۰۰ پی پی بی و برای غذای کودکان ۲۰۰ پی پی بی تعیین شده است.

1 . Patulin
2 . Fumonisin



نام دیگر آن فیومنسین است که اثرات خود را روی کبد و کلیه می‌گذارد. همچنین این سموم در سیستم عصبی از طریق مهار تولید اسفنگولیپیدها سبب نابودی غلاف میلین می‌شوند. میزان سطح بی خطر فیومنسین‌ها در طیور گوشتی ۵۰ پی پی ام^۱ و در طیور مادر و تخم‌گذار ۱۵ پی پی ام توصیه شده است.

۹-۱۰ آلكالويدهای ارگوت

آلكالويدهای ارگوت در گونه‌های قارچ کلاویسپس ساخته می‌شوند که گونه بیماریزای گیاهی به حساب می‌آیند. سابقه آشنایی با این مایکوتوکسین به قرون وسطی می‌رسد که در انسان سبب ایجاد مسمومیت می‌شده است. سموم آرگوتی شامل انواع آرگوسین، ارگومتین، کلاوین ارگوتامین‌ها بوده و علائم ابتدایی آن شبیه قانقاریا است.

1 . ppm



۱۰. روش‌های اندازه گیری مایکوتوکسین‌ها در آزمایشگاه‌ها

الایزا^۱ کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا^۲ با آشکار ساز فلورسانس^۳ و فرابنفش^۴ کروماتوگرافی مایع به همراه طیف سنج جرمی متوالی^۵.

تکنیک‌های کروماتوگرافی

کروماتوگرافی را می‌توان روش مرسوم بررسی مایکوتوکسین در مواد غذایی محسوب کرد. کروماتوگرافی فرآیندی برای جداسازی اجزای یک مخلوط است. برای شروع این فرآیند، مخلوط در ماده‌ای به نام فاز متحرک حل می‌شود و از طریق ماده دومی به نام فاز ساکن عبور می‌کند. اجزای مختلف مخلوط با سرعت‌های مختلف در فاز ساکن حرکت می‌کنند. در نتیجه از یکدیگر جدا و قابل تشخیص می‌شوند. جهت بررسی مایکوتوکسین در مواد غذایی ممکن است انواع مختلفی از تکنیک‌های کروماتوگرافی از جمله کروماتوگرافی لایه نازک، کروماتوگرافی مایع و یا کروماتوگرافی فاز گاز استفاده شود.

تکنیک‌های ایمنوشیمیایی

یکی دیگر از روش‌هایی که جهت بررسی مایکوتوکسین در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تکنیک‌های ایمنوشیمیایی است.

پرکاربردترین این روش‌ها استفاده از تکنیک الایزا است. از مزایای آزمایشات الایزا می‌توان به سرعت، سهولت کار و حساسیت و توان بالا اشاره کرد. کیت‌های تست الایزا به صورت تجاری برای اکثر مایکوتوکسین‌های اصلی در دسترس هستند. لازم به ذکر است که روش‌های بررسی مایکوتوکسین در مواد غذایی امروزه به سرعت روبه افزایش است. اما بسیاری از آن‌ها هنوز دقت و حساسیت روش‌های مرسوم ذکر شده را ندارند.

-
- 1 . ELISA
 - 2 . HPLC
 - 3 . FLD
 - 4 . UV
 - 5 . LC-MS/MS



۱۱. چالش بررسی مایکوتوکسین در مواد غذایی

بررسی مایکوتوکسین‌ها یکی از موارد مهم در فراوری و تهیه مواد غذایی است. با این وجود، آزمایش مایکوتوکسین در مواد غذایی چالش‌هایی را برای آزمایشگاه‌ها ایجاد می‌کند:

الف) ماتریس پیچیده

ماتریسهای پیچیده را می‌توان یکی از چالش‌برانگیزترین موارد در تجزیه و تحلیل مایکوتوکسین‌ها به شمار برد. ماتریس مواد غذایی در واقع به اجزای مغذی و غیر مغذی غذاها و روابط مولکولی آن‌ها، یعنی پیوندهای شیمیایی، گفته می‌شود. مایکوتوکسین‌ها ممکن است در غذاهای مختلف از جمله غلات، آجیل، قهوه و محصولات لبنی وجود داشته باشند. برخی از این مواد غذایی مانند ادویه‌ها دارای ماتریس‌های پیچیده‌ای هستند که تشخیص مایکوتوکسین را در بین پیوندهای شیمیایی مختلف دشوار می‌کند.

ب) پراکندگی در نمونه

مشکل دیگر در بررسی مایکوتوکسین‌ها این است که این مواد اغلب به طور نابرابر در یک ماده غذایی توزیع می‌شوند. به این معنا که برخی قسمت‌های یک ماده غذایی ممکن است دارای غلظت بالایی از مایکوتوکسین باشد، در حالی که سایر قسمت‌ها حاوی مایکوتوکسین نیستند. بنابراین نمونه‌گیری صحیح از مواد غذایی از اهمیت بالایی برخوردار است.

ج) تنوع مایکوتوکسین در مواد غذایی

در حال حاضر بیش از ۴۰۰ نوع مایکوتوکسین شناخته شده است و ممکن است چندین نوع مایکوتوکسین به‌طور همزمان در یک ماده غذایی وجود داشته باشد. این موضوع یکی از مشکلات مهم در بررسی مایکوتوکسین در مواد غذایی به شمار می‌رود. بنابراین گاهی اوقات آزمایش غذا برای یک مایکوتوکسین کافی نیست.

د) مایکوتوکسین ماسک شده^۱

مایکوتوکسین‌های ماسک شده به مشتقات مایکوتوکسین گفته می‌شود که ساختار آن‌ها در گیاهان تغییر کرده است. از آنجایی که ساختار شیمیایی مایکوتوکسین‌های ماسک شده، تغییر یافته است، تجزیه و تحلیل آن‌ها در مواد غذایی پیچیده‌تر خواهد بود.

1 . Masked mycotoxins



۱۲. راهکارها برای ورود کمتر مایکوتوکسین ها به بدن

راهکارها در مزرعه

الف) قبل از برداشت محصولات:

* استفاده از ارقام مقاوم

* وجود فاصله کافی بین درختان برای نفوذ هوا و نور مناسب بین آنها

* کنترل آفات و بیماری‌هایی که باعث پوسیدگی محصولات می‌شوند.

* نمونه برداری به طور تصادفی از مزرعه و ارسال آنها به آزمایشگاه برای بررسی وجود قارچ و استفاده از قارچ کش در صورت آلودگی

* استفاده از کودهای حاوی کلسیم و فسفر در مزارع برای بهبود ساختار سلول و کاهش حساسیت به پوسیدگی

* پس از برداشت محصول در مراحل فراآوری و آماده سازی نیز باید حداکثر دقت در خشک کردن سریع و به موقع با دمای مناسب و شیوه صحیح نگهداری و انتقال به انبار رعایت شود.

* علوفه‌های خشک نظیر یونجه باید سریعاً خشک و بسته بندی شوند و از قرار گرفتن آنها در معرض بارندگی جلوگیری شود.

ب) در زمان برداشت و حمل و نقل محصولات:

* برداشت مکانیکی محصولات برای به حداقل رساندن صدمه به آنها

* جدا کردن محصولات آسیب دیده و پوسیده از محصولات سالم

* اجتناب از قرار دادن مستقیم محصولات روی خاک

* تمیز و ضدعفونی کردن جعبه‌ها قبل از پر کردن با محصولات و حذف میوه و شاخه و برگ جا مانده از بار قبلی در داخل آنها.



* انتقال با استفاده از خودروهای مجهز به چادر به عنوان روش جهت پیشگیری از نفوذ رطوبت در اثر بارندگی و همچنین نگهداری در انبار مسقف پیش از بارگیری از جمله مسائل مهم است.

* خودروی مورد نظر باید پیش از بارگیری کاملاً پاکیزه و ضدعفونی شده باشد

ج) راهکارها در کارخانه تولید مواد غذایی

* انبارداری مناسب تا زمان فراوری محصولات غذایی (در جای خشک و خنک، با تهویه مناسب نگهداری شوند و حتی الامکان زمان انبار داری طولانی نباشد و در طول این مدت از بار، نمونه برداری شود و آلودگی آن بررسی شود).

* توجه به بهداشت محیط و تجهیزات کارخانه

* ارسال نمونه به آزمایشگاه‌های معتبر به منظور بررسی حد مجاز مایکوتوکسین محصولات قبل از وارد کردن آنها به بازار

* انبارداری صحیح یکی از استراتژی‌های مهم پیشگیری از رشد قارچ‌های تولید کننده مایکوتوکسین‌ها است. دقت و کنترل سقف و کف انبار به جهت جلوگیری از نفوذ رطوبت یکی از مهمترین نکات قابل توجه در انبار یک مزرعه پرورش یا کارخانه خوراک دام و طیور است.

* فرایند آسیاب کردن دانه‌ها قبل از مخلوط یا تولید خوراک با از بین بردن غلاف موجب افزایش دسترسی کپک‌ها به منابع غذایی و رشد بیشتر آنها شده است. بنابراین فاصله آسیاب کردن تا رسیدن خوراک به مصرف حیوان در مزرعه پرورشی باید به حداقل کاهش یابد.

* همچنین استفاده از خوراک‌های پلت بسته بندی شده در کیسه‌های بهداشتی و مخصوص از دیگر راهکارهای موثر در مقابله با افزایش آفلاتوکسین در خوراک است.

در کارخانجات تولیدی خوراک دام و طیور کنترل رطوبت محصول نهایی از نکات مهم در تولید خوراکی با کمترین میزان آفلاتوکسین است.



د) راه کارها در منزل

- * بررسی کردن تاریخ تولید محصولات غذایی روی بسته بندیها و خریداری محصولات تازه تر
- * اجتناب از مخلوط کردن محصولات غذایی جدید با قدیمی برای جلوگیری از انتقال آلودگی احتمالی از مواد غذایی قدیمی به جدید
- * خودداری از خرید مواد غذایی که آثاری از کپک و تغییر رنگ و بقایای حشرات در آنها مشاهده می شود و بد بو و بد مزه (مزه تند) هستند.
- * کنار گذاشتن این باور اشتباه که قسمت های آلوده و قابل مشاهده غذای کپک زده را جدا کنیم و بقیه قسمت ها را مصرف کنیم.
- بهترین راهکار، پیشگیری از ورود بیش از اندازه میکوتوکسینها به داخل بدن است چون به مرور زمان و با مصرف مداوم محصولات غذایی آلوده به این سموم و انباشته شدن در بدن، اثرات جبران ناپذیری ایجاد می کنند. پس با مدیریت صحیح و روش های مناسب در کشاورزی، رعایت اصول اخلاقی توسط کارخانه ها و کنترل کیفیت در آزمایشگاهها و آگاهی هر چه بیشتر مردم در مورد این سموم و اثرات مخرب آن می توان از آسیبها و ناهنجاریها و بیماری خطرناک پیشگیری کرد.



۱۳. روش‌های حذف یا کاهش مایکوتوکسین در خوراک دام و طیور

۱-۱۳ روش‌های فیزیکی

حذف توده‌های کپکی یکی از روش‌های کاهش آفلاتوکسین مصرف شده توسط حیوان است. با این وجود روش قطعی نیست. چرا که همان گونه که اشاره شد علائم ظاهری نشانه قطعی حضور یا عدم حضور آفلاتوکسین در خوراک نیست.

اثر بخشی روش‌های مقابله فیزیکی با مایکوتوکسین‌ها مانند شستن، جدا کردن، پختن، تابش اشعه ماوراء بنفش و استخراج به وسیله حلالها، بستگی به غلظت آلودگی و سطح توزیع آنها در غله داشته و از همین رو نتایج بدست آمده عمدتاً غیر قابل اطمینان بوده و با افت کمی محصول همراه است. به علاوه بسیاری از این روش‌های فیزیکی پرهزینه بوده و می‌توانند باعث کاهش یا تخریب کامل ارزش مواد غذایی موجود در آن شوند. حرارت دادن جهت حذف آفلاتوکسین عملاً کارایی ندارد. چرا که آفلاتوکسین‌ها تنها در دمای بالای ۹۰ درجه و در مدت زمان بالای ۴ ساعت اندکی کاهش می‌یابند. این شرایط باعث آسیب رساندن و از دسترس خارج شدن بسیاری از مواد مغذی موجود در خوراک می‌شود.

۲-۱۳ روش‌های شیمیایی

استفاده از حلال‌ها یکی از روش‌های کاهش آفلاتوکسین‌ها در غذاهای انسانی است. اما این روش نیز بسیار هزینه‌بر است. همچنین استفاده از میزان بالای اسیدها یا بازها نیز به دلیل کاهش کیفیت خوراک عملاً منتفی است.

اگرچه بعضی از روش‌های خاص می‌توانند سطح مایکوتوکسین‌های معینی را کاهش دهند ولی هیچ روشی به تنهایی نتوانسته بر علیه طیف وسیعی از مایکوتوکسین‌ها که ممکن است بصورت همزمان در یک محصول وجود داشته باشند مؤثر واقع شود.

به علاوه روش‌های سم‌زدایی که تأثیر آنها در آزمون‌های آزمایشگاهی به اثبات رسیده است، لزوماً در آزمایش‌های که بر روی موجود زنده صورت می‌گیرد از نتایج موفقیت‌آمیز برخوردار نمی‌گردند.

از سوی دیگر روش‌های شیمیایی نه تنها نیازمند امکانات واکنشی مناسب هستند بلکه متکی به عملیات اغلب زمان‌بر و پرهزینه دیگری مانند خشک کردن و پاک کردن نیز می‌باشند. همچنین تنها تعداد کمی از مواد شیمیایی با قابلیت سم‌زدایی، عمل سم‌زدایی را بدون تأثیر منفی بر روی ارزش مواد غذایی به انجام می‌رسانند. در گذشته



پاک سازی محصولات آلوده شده به وسیله گاز آمونیاک دارای طرفداران و علاقمندان فراوان بود. هرچند که آزمایش‌های ابتدایی از مؤثر و سالم بودن این روش خبر می‌داد ولی به علت اثرات سمی و خواص سرطان‌زایی محصولات در معرض قرار گرفته، هرگز به وسیله سازمان FDA آمریکا مورد تأیید قرار نگرفت.

۱۳-۳ استفاده از جاذب‌ها یا توکسین بایندرها

توکسین بایندرها یا جاذب‌های رسی و غیر رسی یکی از مهمترین، عملی ترین و اقتصادی ترین روش‌های حذف، کاهش یا بی اثر سازی آفاتوکسین‌ها است.

ترکیبات رسی نظیر بنتونیت، سپیولیت و خاک دیاتومه رایج‌ترین توکسین بایندرهای جهت مقابله با مایکوتوکسین‌های قطبی از جمله آفاتوکسین‌ها هستند. این ترکیبات به دلیل داشتن ساختارهای متخلخل فیزیکی و اتمی قابلیت جذب آفاتوکسین‌ها و انتقال آن به مدفوع را دارند. اگرچه استفاده بیش از حد آن‌ها به میزان بالا می‌تواند موجب تداخل در جذب برخی مواد مغذی و داروها شود.

همچنین استفاده از اسیدهای آلی نظیر اسید پروپیونیک موجب عملکرد بهتر توکسین بایندرهای رسی می‌شود.

۱۳-۴ توکسین بایندر

از بین بردن مایکوتوکسین‌ها دشوار است، زیرا در اکثر فرآیندهای مورد استفاده در تولید غذا (مانند حرارت دادن) از بین نمی‌روند. به همین دلیل نگرانی‌ها در مورد مایکوتوکسین‌ها به طور روزافزون در حال افزایش است. در راستای رفع این دغدغه‌ها محصولات جذب‌کننده سموم یا توکسین بایندرها نیز در بازار افزودنی‌های خوراک دام، طیور و آبزیان به صورت متنوعی وجود دارند. یکی از ویژگی‌های این محصولات، حداقل ظرفیت آن‌ها برای “جذب” یا “پیوند” مایکوتوکسین‌ها، به منظور کاهش زیست فراهمی مایکوتوکسین در حیوانات و کاهش جذب آن‌ها در گردش خون سیستمیک بدن است.

معیارهای کلیدی و مهم برای ارزیابی میزان توکسین بایندرها عبارتند از:

- ظرفیت جذب بالا نسبت به طیف وسیعی از مایکوتوکسین‌ها، در شرایط مختلف pH
- ظرفیت جذب بالا نسبت به سایر سموم
- اختصاصی بودن
- سرعت جذب بالا
- داشتن کیفیت بالا

نوع مایکوتوکسین	میزان جذب (درصد)
زیرالئون	۷۶/۴
فومونیسین	۴۷/۱
آفلاتوکسین B	۹۹/۹
دئوکسی نیولئون	۵۲/۵
اکراتوکسین	۴۵/۳

نمونه ای از محصولات توکسین بایندر در بازار



الف) ظرفیت جذب یک مایکوتوکسین:

ظرفیت اتصال سم به دلیل ساختار پیچیده و متنوع مواد جذب کننده و تنوع بین مایکوتوکسین های مختلف می تواند بین محصولی به محصول دیگر به طور قابل توجهی متفاوت باشد.

با این حال وجود و تأثیر منفی مایکوتوکسین های مختلف و ایجاد آلودگی همزمان این باور را ایجاد می کند که یک محصول توکسین بایندر باید طیف زیادی از انواع مایکوتوکسین ها را جذب کند.

به عنوان مثال، مقادیر pH در طول دستگاه گوارش حیوانات بسیار متفاوت است، از pH اسیدی ۳ یا ۴ تا pH قلیایی ۶ یا ۷. ظرفیت اتصال مواد ممکن است تحت تأثیر تغییرات pH قرار گیرد که منجر به این خطر می شود که سموم در یک قسمت از دستگاه گوارش جذب شوند اما در قسمت دیگری از دستگاه گوارش آزاد شوند.

استفاده از اسیدیفایرهای مخلوط در خوراک باعث حفظ pH دستگاه گوارش در بازه پایین می شود که این مسئله منجر به حفظ کمپلکس توکسین بایندر- مایکوتوکسین می شود.

علاوه بر این به طور معمول اینگونه برداشت می شود که استفاده از ترکیبات رسی مانند بنتونیت و... به تنهایی می تواند خطر سموم کپکی را رفع نماید.

ب) ظرفیت جذب یک توکسین بایندر نسبت به سایر سموم

برخی از توکسین بایندها توانایی اتصال به سایر سموم به غیر از سموم تولید شده توسط قارچ ها را نشان داده اند که می توانند به حیوان کمک کند تا با عوامل مسمومیت زای دیگر در محیط مبارزه کند.

سموم باکتریایی که می توانند در بیماری های مختلفی مانند کلی باسیلوس، آرتریت نکروزه در طیور دخیل باشند، ممکن است توسط برخی از مواد جاذب سموم جذب شوند. این مسئله یکی از راهکارهای مقابله با مقاومت آنتی بیوتیکی نیز می تواند باشد. چرا که در اینجا هدف خود باکتری نیست، بلکه متابولیت های تولید شده توسط باکتری است. بنابراین استفاده از توکسین بایندها می تواند در پرورش مرغ بدون آنتی بیوتیک مفید واقع شود.



ج) عملکرد اختصاصی توکسین بایندر

عملکرد اختصاصی توکسین بایندرها به معنی اثر مخصوص بر روی مایکوتوکسین‌ها و عدم اثرگذاری بر ترکیبات مفید خوراک است. یکی از چالش‌های استفاده از توکسین بایندرها، عوارض جانبی احتمالی آن‌ها بر اجزای تغذیه‌ای خوراک است. بعضی از مواد به‌عنوان جاذب‌های نسبتاً غیراختصاصی هستند که ممکن است مواد مغذی ضروری را جذب کنند.

به عنوان مثال، کربن فعال ظرفیت جذب طیف وسیعی از مایکوتوکسین‌ها را در شرایط آزمایشگاهی، نسبت به برخی ویتامین‌ها و مواد معدنی نشان می‌دهد.

استفاده از میزان مناسب توکسین بایندر نیز احتمال جذب مواد مغذی را بسیار کاهش خواهد داد. به عنوان مثال وجود میزان بالای ۰.۲ درصد بنتونیت در خوراک می‌تواند این اثرات منفی را داشته باشد. حال آنکه استفاده از توکسین بایندر چندجزئی با کیفیت به علت اثر سینرژیک در جذب مایکوتوکسین‌ها نیاز به استفاده از یک جزء توکسین بایندر را کاهش می‌دهد.

د) سرعت جذب توکسین بایندر

میزان زیست فراهمی مایکوتوکسین‌ها، با میزان جذب آن‌ها در دستگاه گوارش حیوان مرتبط است و میزان مایکوتوکسین‌ها با توجه به گونه‌های مختلف حیوان تنوع فراوانی دارد.

در تک معده‌ای‌ها، مایکوتوکسین‌های آفلاتوکسین ب ۱ و زیرالنون به‌سرعت در قسمت بالایی دستگاه گوارش جذب می‌شوند، در حالی که سایر مایکوتوکسین‌ها مانند فومنیسین میزان جذب کم و ضعیفی دارند.

برای مایکوتوکسین‌هایی که قابلیت جذب بالایی دارند و به سرعت جذب می‌شوند، باید محصول و توکسین بایندری را انتخاب کرد که به سرعت و ظرف مدت چند دقیقه عمل کند.



۱۴. توکسین بایندها معدنی

این توکسین بایندها عمدتاً ترکیبات معدنی با خاصیت لایه ای و قطبی هستند که مایکوتوکسین‌های قطبی را در خود محبوس کرده و از جذب آن‌ها توسط بدن موجود زنده محدود می‌کنند. این مواد شامل ترکیبات زیر هستند:

۱-۱۴ آلومینوسیلیکات‌ها

آلومینوسیلیکات‌ها فراوان ترین گروه کانی‌های سنگ ساز را تشکیل می‌دهند. واحد ساختاری پایه کانی‌های رسی سیلیکات از ترکیب ورقه‌های چهار وجهی سیلیسی و هشت وجهی آلومینیومی، هر دو با گروه‌های اکسیژن و هیدروکسیل تشکیل شده است.

اکثر مطالعات در مورد کاهش مایکوتوکسیکوز با استفاده از عوامل جاذب بر روی آلومینوسیلیکات‌ها متمرکز شده‌اند. در این گروه، دو زیر کلاس اصلی وجود دارد: فیلوسیلیکات‌ها و تکتوسیلیکات‌ها.

۱-۱-۱۴ فیلوسیلیکات‌ها

فیلوسیلیکات‌ها شامل: بنتونیت‌ها، مونت‌موریلونیت‌ها، اسمکتیت‌ها، کائولینیت‌ها و ایلیت‌ها هستند. آنها می‌توانند مواد را روی سطح خود یا در فضای بین لایه ای خود جذب کنند.

۲-۱-۱۴ تکنوسیلیکات‌ها

تکتو سیلیکات‌ها شامل: زئولیت‌ها می‌باشد. آنها یک سطح اتصال بزرگ و خاص را ارائه می‌دهند، اما همچنین اندازه، شکل و بار انتخابی را ارائه می‌دهند که به همین دلیل با غریبال‌های مولکولی (موادی هستند که در آن منافذ ریز با اندازه دقیق و یکنواخت قرار دارند که به عنوان جاذب گازها و مایعات استفاده می‌شوند) مقایسه شده‌اند. استفاده از اسیدهای آلی می‌تواند در اثرگذاری بیشتر توکسین بایندهای معدنی موثر باشد. چرا که در pH پایین‌تر آن‌ها قابلیت بیشتری در جذب سموم دارند.



گشت شبکه‌های صنعتی، صنایع مادران

باید توجه داشت که آلومینوسیلیکات‌ها ممکن است در صورت استفاده بالا در خوراک موجب از دسترس خارج شدن برخی از مواد معدنی و ویتامین‌ها شوند. اگرچه حد مصرف آن‌ها به عنوان توکسین بایندر در خوراک پایین‌تر از محدوده خطر آفرین است. همچنین، خطر آلوده شدن خاک رس‌های طبیعی به دیوکسین‌ها (انواع هیدروکربن‌های هتروسیکلیک) و فلزات باید در نظر گرفته شود.

۱۴-۲ ترکیبات آلی

با توجه به ناکارآمدی نسبی جاذب‌های خاک رس در جذب مایکوتوکسین‌ها (غیر از آفلاتوکسین‌ها)، بایندهای آلی طبیعی پیشنهاد شده‌اند. مخلوطی از جاذب‌های معدنی و آلی می‌توانند برای رایج‌ترین آلودکننده‌های مواد خوراکی سازگارتر و مفیدتر باشند.

۱۴-۳ دیواره سلولی مخمر

ساکارومایسس سرویزیه به عنوان بخشی از جمعیت میکروبی طبیعی در غذاها وجود دارد و به عنوان یک کشت اولیه در غذاها و نوشیدنی‌های تخمیر شده استفاده می‌شود.

دیواره سلولی مخمر عمدتاً از پروتئین‌ها، لیپیدها و پلی ساکاریدها تشکیل شده است که گلوکان‌ها و مانان‌ها دو جزء اصلی بخش سوم هستند. در واقع، دیواره سلولی مخمر تنوع زیادی از سایت‌های جذب مایکوتوکسین قابل دسترس و همچنین مکانیسم‌های اتصال مختلف (پیوندهای هیدروژنی، فعل و انفعالات یونی یا آبگریز) را نشان می‌دهد.

جذب از طریق سطح دیواره سلولی یک برهمکنش بین سموم و گروه‌های عملکردی سطح سلول است. دیواره سلولی مخمر دارای قابلیت جذب بسیار بیشتری در طیف وسیع تری از مایکوتوکسین‌ها مانند زیرالنون، اکراتوکسین A و فومونیزین‌ها از جمله دئوکسی نیوالنول، که جزء بتا دی گلوکان دیواره سلولی مخمر بوده و به طور مستقیم با فرآیند اتصال در ارتباط است.



همچنین مانان‌ها نشان داده‌اند که در اتصال به دئوکسی نیوالنول در pH مختلف مؤثر هستند و با افزایش غلظت دئوکسی نیوالنول، سرعت جذب کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ثابت شده است که گلوکومانان‌های استری شده^۱ در مقابله با اثرات سمی مایکوتوکسین‌های مختلف که به طور همزمان آلوده می‌کنند، مؤثر هستند.

۱۴-۴ کربن فعال

کربن فعال یک پودر غیر محلول است که از تجزیه در اثر حرارت چندین ترکیب آلی و به دنبال آن فعال سازی شیمیایی یا فیزیکی آن با هدف ایجاد یک ساختار بسیار متخلخل تولید می‌شود. بر اساس داده‌های تحقیقاتی، به نظر می‌رسد کربن فعال موثرترین جاذب با میل ترکیبی بالا برای مایکوتوکسین‌های مختلف (از جمله DON: دئوکسی نیوالنول) در شرایط آزمایشگاهی باشد.

به طور کلی، خواص جذب کربن فعال به مواد منبع، مساحت سطح و توزیع اندازه منافذ بستگی دارد. با این حال، کربن فعال غیر اختصاصی است، از این رو همانند توکسین بایندرهای معدنی در صورت استفاده بالا از کربن فعال، مواد مغذی ضروری نیز جذب می‌شوند، به ویژه اگر غلظت آنها در خوراک در مقایسه با غلظت یک مایکوتوکسین بسیار بیشتر باشد.

گزارش‌هایی وجود دارند که کربن فعال ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری برای رشد و نمو را به شدت جذب می‌کند. علاوه بر این، هنگامی که آنها در شرایط مزرعه ای بررسی شدند، اجزای ماتریکس غذا می‌توانند با یک مایکوتوکسین رقابت کنند یا از تعامل با آن جلوگیری کنند.

۱۵. حذف مایکوتوکسین‌ها

۱-۱۵ نابودی از طریق جذب

شناخته‌شده‌ترین روش سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها شامل استفاده از ترکیباتی است که با داشتن ظرفیت‌های خاصی با مایکوتوکسین‌ها ترکیب شده و در نتیجه باعث عدم جابجایی آنها در دستگاه گوارش و کاهش فراهمی زیستی^۱ آنها می‌گردند. در چندین مطالعه علمی مستقل، ترکیبات سدیم کلسیم آلومینوسیلیکات هیدراته به عنوان مؤثرترین نوع از این گروه مواد شناخته شده‌اند. در صورت ترکیب این مواد با غذایی مصرفی، جذب آفاتوکسین به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. ولی اثربخشی این مواد در مقابل سموم زرالنون، اکراتوکسین A، فومونیزین بسیار کم و محدود بوده و در مقابل سموم تریکوتسن مانند وومی‌توکسین و T-2 به کلی فاقد اثر محافظتی می‌باشند.

کارایی سیستم جذب آفاتوکسین‌ها عمدتاً بستگی به خواص شیمیایی ماده جاذب بکار رفته دارد. در طول چندین مطالعه علمی گسترده که به وسیله شرکت بایومین^۲ به اتفاق دانشگاه‌های اتریش صورت گرفت، ترکیبات جاذب مؤثر با بیشترین اثربخشی و کارایی مورد کاوش و دقت قرار گرفته و در نهایت ترکیبات معدنی با خواص همکوشی^۳ معرفی و انتخاب گردیدند. این مواد حداکثر فعالیت خود را مستقل از pH و با دوز ۰/۵ کیلوگرم در هر تن دان و بدون نیاز به حذف بخشی از مواد غذایی جیره اعمال می‌نمایند.

۱۵-۲ تغییر شکل زیستی^۴ به وسیله باکتری

در طی فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه سم‌زدایی زیستی مایکوتوکسین‌ها که ما بین سال‌های ۱۹۸۸ الی ۲۰۰۴ صورت گرفت نشان داده شد که تغییر شکل زیستی یا بیولوژیک می‌تواند برای سم‌زدایی مایکوتوکسین‌هایی که در مقابل سیستم جذب مقاوم هستند، مورد استفاده قرار گیرد.

از این مکانیسم بنام تجربه آنزیمی نیز یاد شده و به طور موفقیت‌آمیزی از سال ۱۹۹۱ بکار گرفته شده است. در این زمینه تحقیقات مداوم در نهایت منجر به کشف گونه باکتری خاصی گردید که توانایی خنثی‌سازی تمامی

1. Bioavailability

2. Biomin

3. Synergism

4. Biotransformation



تریکوتسن‌ها، زیرالنون و اکراتوکسین A را دارد. این باکتری غیربیماری‌زایی جنس ایوباکتریوم^۱ که در سال ۱۹۹۷ به وسیله تیم تحقیقاتی شرکت بایومین کشف گردید به نام BBSH 797 نامگذاری گردیده است. این باکتری با ایجاد گروهی از آنزیم‌ها، به طور اختصاصی باعث شکاف گروه‌های اپوکسی ۱۳ و ۱۲ سموم گروه تریکوتسن شده و در نتیجه منجر به خنثی شدن اثرات سمی آنها می‌گردد. قابلیت سم‌زدایی این باکتری در مطالعات آزمایشگاهی و هم در مطالعات بر روی موجود زنده به اثبات رسیده است.

در سال‌های بعد در طی چندین سال پروژه تحقیقاتی، مجدداً نوعی مخمر برای خنثی نمودن سموم زرالنون و اکراتوکسین A به وسیله شرکت بایومین کشف و بنام Biomin HTV ثبت گردید. در مطالعاتی که به وسیله این شرکت و دانشگاه اترخت هلند صورت گرفته، قابلیت ویژه این مخمر برای خنثی نمودن یک پی پی ام سم زرالنون به اثبات رسیده است. در مطالعات تکمیلی دیگر نشان داده شده است که غلظت‌های بالای ۵ پی پی ام اکراتوکسین نیز در عرض یک ساعت به وسیله این مخمر کاملاً خنثی شده و بی‌اثر می‌گردند. توانایی این مخمر در خنثی نمودن سم بر روی موجود زنده در دانشگاه گودلا مجارستان مورد آزمایش قرار گرفت. در این مطالعه نشان داده شد که مصرف این مخمر در جیره غذایی حیوان باعث کاهش ضریب تبدیل و افزایش وزن‌گیری گردیده و موارد بروز اسهال و تلفات نسبت به گروه کنترل مثبت بسیار کمتر بوده است. در مطالعه دیگری که به وسیله دانشگاه ماریو اسلوونی انجام گرفت نشان داده شد که با اضافه نمودن این مخمر به جیره جوجه‌های گوشتی می‌توان اثرات مضره حاصل از سم اکراتوکسین A را از بین برد. به طوری که در پایان این مطالعه وزن نهایی گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل به میزان ۸۳ گرم بیشتر گزارش شده است.

۱۵-۳ استفاده از ترکیبات خاص گیاهی و جلبکی

گیاهانی که بدین منظور انتخاب شده‌اند به طور کلی جزو گیاهان محرک سیستم ایمنی بوده و موجبات افزایش ایمنی بدن از طریق به جریان انداختن سلولهای افکتور^۲ را فراهم می‌آورند. این سلول‌ها از این توانایی برخوردارند که به طور غیر انتخابی به تمامی ذرات و اجسام خارجی و مهاجم واکنش نشان دهند. به منظور انتخاب بهترین ترکیب مواد و عصاره‌های گیاهی و جلبک در طی آزمون، فعالیت ماکروفاژی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. ماکروفاژها در بخش مهمی از سیستم ایمنی غیر اختصاصی بوده و مسئول بلع میکروب‌های مهاجم می‌باشند و از این رو موادی که باعث افزایش فعالیت ماکروفاژها می‌شوند در نهایت فعالیت فاگوسیتوزی را نیز افزایش می‌دهند. در پایان این

1 . Eubacterium

2 . Effector sells



آزمون ترکیبات گیاهی خاص براساس نتیجه حاصله از آنها انتخاب و سپس اثرات افزایش قدرت سیستم ایمنی آنها طی آزمون تکثیر لنفوسیتی به تأیید دوباره رسید.

در طی مطالعه‌ای که در دانشگاه ملی کلمبیا انجام شد، اثرات التیام‌آور و محافظتی این ترکیبات بر روی بافت کبد جوجه‌های گوشتی مورد مطالعه قرار گرفت. در طی این مطالعه به دان مصرفی جوجه گوشتی که با جیره آغازین آردی تغذیه می‌شدند مواد محافظت کننده و همچنین سم آفلاتوکسین به میزان ۲۰۰ پی پی ام اضافه گردید. در پایان مطالعه وزن نهایی جوجه‌های آزمون نسبت به گروه کنترل مثبت و شاهد در حدود ۵۲ گرم بیشتر گزارش گردید. همچنین میزان مصرف دان، وزن بافت کبد نیز از روند مشابه پیروی نمود که نشان‌دهنده این واقعیت است که مواد گیاهی مورد اشاره توانسته‌اند بافت کبد را در برابر سم آفلاتوکسین محافظت نماید.