مروری بر اثرات بیولوژیکی افلاتوکسین بالای اعضا و سیستم‌های بدن

پوهنوال سیدعارف احـــمدی

دیپارتمنت تکنولوژی و حفظ الصــحه مواد غذایــی، پوهنځی عـــلوم وترنری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: sayedarif.ahmadi@yahoo.com

چکیده

افلاتوکسین‌ها گروهی از مایکوتوکسین‌ها هستند که می‌توانند سرطان‌زا، جهش‌زا و سرکوب‌کننده سیستم ایمنی باشند. این توکسین‌ها توسط سازمان بین‌المللی تحقیقات سرطان International Agency for Research on Cancer (IARC) به‌عنوان کارسینوژن انسانی طبقه‌بندی شده‌اند. افلاتوکسین‌ها از طریق خوردن یا استنشاق وارد بدن و با عبور از روده کوچک جذب خون می‌شوند. در انساج مختلف بدن از جمله کبد، ریه، کلیه، سیستم ایمنی، تناسلی، عصبی و هضمی تجمع پیدا می‌کنند که در این بین بیش از همه در کبد تغلیظ می‌شوند به‌طوری‌که غلظت این سم در کبد می‌تواند ۱۰ برابر میزان آن در عضلات باشد.

اصطلاحات کلیدی: افلاتوکسین؛ مایکوتوکسین؛ اثرات بیولوژیکی؛ کارسینوژن؛ بدن

Review of the Biological and Health Effects of Aflatoxins on Organs and Body Systems

Associate Prof. Sayed Arif. Ahmadi

Department of Food technology & Hygiene, Faculty of Veterinary Science, Kabul University, Kabul, Afghanistak

Email: sayedarif.ahmadi@yahoo.com

Abstract

Aflatoxins are a type of mycotoxins that have carcinogenic, mutagenic, and immunosuppressive effects. The International Agency for Research on Cancer (IARC) has classified them as human carcinogens. Aflatoxins can enter the body through ingestion or inhalation and are absorbed into the bloodstream by crossing the small intestine. They can be distributed to various organs of the body, such as the liver, lungs, kidneys, and immune, reproductive, nervous, and digestive systems. As a result, the level of this toxin in the liver can be 10 times higher than in the muscles.

Keywords: Aflatoxin; Mycotoxin; Biological Effects; Carcinogen; Body

مقدمه

افلاتوکسین B1 موجود درسلول‌های کبدی با DNA واکنش متقابل ایجاد و تولید RNA را مهار می‌کند و در نهایت سرطان کبد به‌وجود می‌آید. اولین بار در انگلستان پس از مرگ صد هزار فیل‌مرغ در اثر مصرف خوراکه آلوده حیوانی جدا گردید. به دنبال مسمومیت اتفاقی در بسیاری از گونه‌های حیوانی و در نتیجه مطالعات در این زمینه بشر برای اولین‌بار به‌وجود آن‌ها پی برد. در واقع با پی بردن به ارزش غذایی دانه‌های روغنی برای تغذیه حیوانی و اضافه کردن آن‌ها به خوراکه حیوان مسمومیت‌ها به‌وقوع پیوسته است(۱). افلاتوکسین‌ها مهم‌ترین مایکوتوکسین‌ها هستند و بیماری‌های ناشی از تغذیه مواد آلوده به افلاتوکسین، خطرات قابل‌ملاحظه‌ی را برای انسان، حیوان و طیور همراه دارد. اسپرژیلوس فلاووس واسپرژیلوس پارازیتیکوس دو گونه مهم تولیدکننده افلاتوکسین هستند که به‌عنوان عامل مولد فساد در فرآورده‌های انباری به حساب می‌آیند(۴). مسمومیت با افلاتوکسین سبب سرطان، نقص سیستم ایمنی و مرگ می‌شود. در پرندگان، ماهی‌ها و جوندگان کبد اولین ارگان آسیب‌پذیر است. سیتوکروم P^{450} افلاتوکسین را به یک اپواکساید قابل اتصال به DNA و پروتیین‌ها تبدیل می‌کند. یکی از خواص سموم قارچی، خاصیت تجمعی آن‌ها می‌باشد، در نتیجه فردی که در فواصل طولانی‌مدت میزان کمی از سم را دریافت می‌کند، پس از مدتی به عوارض تجمعی آن دچار می‌شود. میزان سمی که فرد باید دریافت کند تا جان خود را از دست ندهد، دقیقاً مشخص نیست. در سرطان‌زایی نیز بیش‌ترین خطر افلاتوکسین متوجه سلول‌های کبدی است. چین، فیلیپین، تایلند وکشورهای آفریقایی بیش‌ترین آمار سرطان کبد ناشی از مصرف موادغذایی آلوده به افلاتوکسین را دارند. در افغانستان استفاده از علوفه پوپنک‌زده و نان خشک جهت تغذیه حیوان در فارم‌داری‌های سنتی به شدت رواج دارد و سم افلاتوکسین تولید شده از طریق شیر گاوی که از خوراک آلوده تغذیه می‌شوند به انسان منتقل می‌نماید و سلامتی او را تهدید می‌کنند(۸،۲).

تأثیر افلاتوکسین برروی سلامتی انسان و حیوان

تقریباً چهار دهه است که دانش‌مندان مؤسسه ملی علوم سلامت محیط National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) تحقیقات خود را بر روی تأثیر افلاتوکسین در ایجاد سرطان کبد متمرکز کردند. کشف تغییرات جنتیکی ژن‌های مرتبط، به درک بهتر ارتباط بین افلاتوکسین و سرطان منجر می‌شود و هم‌چنین در توسعه استراتیژی‌هایی برای پیش‌گیری از سرطان می‌تواند مؤثر باشد. افلاتوکسین‌ها روی غلات کامل نظیر جواری، گندم، برنج و دانه‌هایی مانند فندق، چهارمغز و مرچ سیاه رشد می‌کنند که این آلودگی در طول پروسس کردن، ذخیره‌سازی و انتقال رخ می‌دهد. تحقیقات

نشان داده است که تماس با افلاتوکسین می‌تواند در بروز سرطان کبد مؤثر باشد که این امر ناشی از وجود اشکال تغییر یافته DNA بنام adducts می‌باشد. امروزه از adducts به‌عنوان مارکرهای زیستی انسانی در خون و ادرار استفاده می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که در افراد مبتلا به هپاتیت Bدر مقایسه با افراد عادی، خطر توسعه سرطان ناشی از تماس با افلاتوکسین ۶۰ بار بیش‌تر است. اولین‌بار محققین پوهنتون جان هاپکینز فواید مؤثر کلروفیلین را مورد ارزیابی قراردادند(۹،۱). بررسی‌ها نشان داد کلروفیلین مشتق از کلروفیل به‌عنوان مکمل و رنگدانه غذایی در کاهش خطر سرطان کبد مؤثر است. مطالعات انجام شده در اودنگ (Qidong) چین نشان می‌دهد که مصرف کلروفیلین در هر وعده غذایی، کاهش ۵۵ در صد adducts را موجب شده است. محققین معتقد اند که کلروفیلین میزان افلاتوکسین را بازداشت کردن جذب آن‌ها در دستگاه هضمی کاهش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که مصرف سبزیجات سبز غنی از کلروفیلین یک روش مؤثر و عملی در کاهش کانسر کبد در افرادی است که با افلاتوکسین تماس داشته‌اند(۵). در تلاشی که برای شناسایی اساس جنتیکی سرطان کبد صورت گرفته است، تیم پوهنتون جان هاپکینز جهش‌هایی را در ژن سرطان تحت عنوانp53 شناسایی و معرفی کرده است. این کشف می‌تواند به استراتیژی‌های جدید در تعیین، پیش‌گیری و درمان بیماری‌های کبد در افراد حساس منجر شود. انسان با مصرف موادغذایی آلوده در اثر رشد قارچ‌ها در معرض خطرات ناشی از سم قرار می‌گیرد و چون جلوگیری از رشد قارچ‌ها در مواد غذایی آسان نیست. بنابراین پیش‌گیری از بیماری‌های قارچی در انسان و حیوان مشکل می‌باشد. در خزان سال ۱۹۷۴ بیماری افلاتوکسیکوزیس در دو ایالت شمالی و ۱۵۰ روستای کشور هند اتفاق افتاد که در این همه‌گیری ۳۹۷ نفر بیمار شدند که از این تعداد ۱۰۸ نفر جان باختند. درسال ۱۹۸۲ نیز بیماری مزبور در کنیا مشاهده گردید. در بعضی از کشورها از جمله تایوان، اوگاندا و هندوستان مواردی از بروز افلاتوکسیکوزیس انسانی در اثر مصرف موادغذایی آلوده گزارش شده است؛ اما در کشورهای توسعه‌یافته با وجود سیستم‌های کنترل دقیق، فروش مواد غذایی آلوده ممنوع می‌باشد(۶) و بیماری به ندرت مشاهده می‌شود. علایم کلینیکی مشاهده شده در انسان شامل استفراغ، درد ناحیه شکم، ضایعات حاد کبد، ادم ریوی، لرزش عضلاتی، کوما، تشنج و مرگ همراه با ادم مغز و درگیری اعضای بدن نظیر کبد، کلیه‌ها و قلب می‌باشد. اگر انسان روزانه برای مدت طولانی در برابر هر کیلوگرام وزن خود کم‌تر از ۱۰ میکروگرام افلاتوکسین دریافت نماید به عوارض زودگذر و موقتی مبتلا می‌شود؛ اما چنان‌چه این میزان به ۵۰ میکروگرام برسد اثرات کلینیکی مهمی رخ خواهد داد و تظاهرات اپیدمیولوژیك اتفاق می‌افتد(۷،۸). سازمان غذا و داروی آمریکا حد مجاز افلاتوکسین‌ها در موادغذایی و خوراك حیوان را تعیین کرده که در جدول زیر آمده است.

جدول۱: حد مجاز افلاتوکسین‌ها

ماده غذایی یا خوراک حیوان	میزان سم برحسب ng/g
تمام محصولات به‌جز شیر(ویژه انسان‌ها)	۲۰
شیر	۰,۵
جوار برای تغذیه حیوانات نارس و گاوهای شیری	۲۰
جوار برای پرورش گاو، خوک و ماکیان در مرحله اولیه رشد	۱۰۰
جوار برای تغذیه خوک‌ها در فاز نهایی رشد	۲۰۰
جوار برای گاو و گوساله‌ها در فاز نهایی رشد	۳۰۰
آرد پنبه دانه	۳۰۰
خوراک‌های دیگر به جز جواری	۲۰

منبع: www.ehso.commycotoxins and mycotoxicoses: aflatoxin – wikipedia

مطالعات انجام شده درآسیا و آفریقا نشان می‌دهد که گوشت و فرآورده‌های گوشتی حیوان آلوده با افلاتوکسین از عوامل ایجاد سرطان کبد در انسان هستند. بنابراین محققین بیمارستان‌ها و مراکز درمانی سراسر جهان در جستجوی علل سرطان کبد می‌باشند. آن‌ها پس از بررسی‌های زیاد پی برده‌اند افرادی که در معرض فاکتورهای خطر مانند هپاتیت، سیروز کبدی، افلاتوکسین‌ها، پیری و عوامل ارثی قرار دارند؛ احتمالاً ابتلا به سرطان کبد در آن‌ها بیش‌تر است. علائم کلینیکی مشاهده شده در حیوانات شامل اختلال در دستگاه هضمی، جلوگیری از فعالیت سیستم ایمنی، کاهش تولید مثل، کاهش شیر و تخم مرغ، کم‌خونی، یرقان و کاهش رشد می‌باشد. ایجاد سرطان توسط افلاتوکسین به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است و کبد بیش‌تر از سایر اعضا آسیب می‌بیند(۳. ۹).

مایکوتوکسین‌ها یکی از ترکیبات کیمیایی طبیعی و به‌عنوان مهم‌ترین متابولیت ثانویه گونه‌های مختلفی از قارچ‌ها بالاخص جنس آسپرژیلوس، پنیسیلیوم و فوزاریوم است. این متابولیک‌ها به‌عنوان نوعی سیستم دفاع کیمیایی قارچ‌ها جهت حفاظت آن‌ها در برابر اغلب حشرات، میکروارگانیزم‌ها، نماتودها، حیوانات و انسان‌ها، تکامل یافته است. رشد و تکثیر قارچ‌ها و متعاقب آن تولید مایکوتوکسین‌ها در محصولات زراعی در مراحل قبل و پس از برداشت و یا در طول ذخیره‌سازی در انبارهای تحت شرایط حرارت و رطوبت نامناسب رخ می‌دهد(۳). گرچه این مواد در روند میتابولیزم و رشد طبیعی قارچ هیچ نقشی ندارد؛ لیکن به دلیل پایداری در انواع مواد غذایی (خام، فرآوری یا طبخ شده) غالباً از طریق مصرف خوراکی به بدن انسان و حیوان منتقل گشته و به‌عنوان یک عامل خطر مهم محیط‌زیست ضمن ایجاد آسیب‌های بسیار جدی برای سلامت بالاخص سرطان می‌تواند زمینه‌ساز ایجاد نگرانی‌های جدی در بهداشت موادغذایی گردد. علاوه‌براین، مایکوتوکسین‌ها سالانه منجر به ایجاد ضرر و زیان‌های بزرگ اقتصادی،

ازجمله مرگ انسان‌ها و حیوانات، آفت محصولات علوفه‌ی و غذایی حیوان خواهند شد. براساس ارزیابی توکسین‌ها علاوه بر مصرف مستقیم غذاهای با منشأ گیاهی آلوده به این سموم) از جمله غلات، حبوبات، میوه‌ها، فندق، بادام، تخمه، علوفه می‌تواند. از طریق انتقال توکسین یا میتابولیت‌های حاصل از آن‌ها در محصولات حیوانی مانند انساج حیوانی، فرآورده‌های لبنی و تخم مرغ وغیره به‌صورت غیرمستقیم وارد زنجیره غذایی انسان گردد. گزارش سازمان غذا و زراعت سالانه در ۲۵ درصد از کل تولیدات جهان، آلودگی با بیش از حد مجاز مایکوتوکسین‌ها مشاهده می‌شود.

علاوه بر مسیر گوارشی که مهم‌ترین راه مواجهه با مایکوتوکسین‌ها است؛ احتمال بروز آلودگی از طریق استنشاقی و تماس پوستی نیز وجود دارد.

شرایط تولید افلاتوکسین روی محصولات غذایی

افلاتوکسین‌ها اغلب در شرایط آب و هوایی گرم و خشک بر روی محصولات زراعتی درحال رشد در مزرعه و شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب بعد از رسیدن محصولات تولید می‌شوند (www.ehso.commycotoxins andmycotoxicoses aflatoxin–wikipedia/).

دلیل افزایش تولید افلاتوکسین در شرایط استرس خشک‌سالی در مزرعه این است که خشک‌سالی باعث ایجاد شکاف روی پوست خارجی و غلاف محصولات زراعتی شده و این آسیب باعث نفوذ بیش‌تر قارچ و تولید بیش‌تر افلاتوکسین می‌شود. علاوه‌براین، در این شرایط میزان فیتوالکسین‌ها که ترکیبات دفاعی هستند و به‌صورت طبیعی در گیاهان وجود دارند و از آن‌ها در مقابل عوامل بیماری‌زای گیاهی مانند قارچ‌ها و غیره دفاع می‌کنند، کاهش یافته و شرایط برای رشد قارچ و تولید افلاتوکسین فراهم می‌شود (www.ehso.commycotoxins and mycotoxicoses) aflatoxin – wikipedia /). این نکته شایان ذکر است که نه‌تنها تمام گونه‌های قارچی توکسین‌زا نیستند؛ بلکه تمام میتابولیت‌های ثانویه قارچی نیز سمی نمی‌باشد از آن‌جایی‌که احتمال تولید انواع متفاوتی از مایکوتوکسین‌ها از یک‌گونه خاص قارچی و یا امکان تولید یک نوع مایکوتوکسین از گونه‌های متفاوت قارچی وجود دارد؛ لذا می‌توان علت جداسازی انواع مختلفی از مایکوتوکسین‌ها را در یک سو بستری اولیه منفرد یا ترکیبی آلوده غذایی توجیه نمود. گرچه نوع مایکوتوکسین متفاوت به‌صورت هم‌زمان در مواد غذایی مصرفی وجود داشته باشند، می‌توانند سبب تشدید عوارض سوء یک‌دیگر شوند. عوارض سوء مایکوتوکسین‌ها حتی در غلظت‌های کم‌تر از حداکثر حد مجاز، در صورت تغذیه طولانی‌مدت از مواد غذایی آلوده، بالاخص در کودکان و افراد با ضعف سیستم ایمنی ریسک بالا، قابل مشاهده است(۲). با توجه به مقاومت انواع بسیاری از مایکوتوکسین‌ها به طیف وسیعی از عوامل محیطی از جمله حرارت و فشار pH بالا حتی در شرایط پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون پایین و دیگر مراحل متفاوت آماده‌سازی ماده غذایی، پایداری خود را

در محصول نهایی تولیدی حفظ کرده و یا تخریب آن به آهستگی صورت می‌پذیرد. حتی ساختار کیمیایی آن نسبت به شیره معده هم مقاومت نشان داده و در صورت مصرف مواد غذایی آلوده می‌تواند نقش و اثرات جانبی خود را ایفا کند (۲). مایکوتوکسین‌ها با توجه به فراوانی بالا در مواد غذایی و اثرات تراتوجنیک، موتاژنیک و سرطان‌زایی، ژنوتوکسیک و سرکوب‌کننده‌گی سیستم ایمنی، در حوزه بهداشت عمومی جامعه، زمینه‌ساز نگرانی‌های گسترده‌ای شده‌اند که به‌طور عمده توسط اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می‌گردند (۸).

قارچ اسپرژیلوس فلاووس در دامنه حرارتی حدود ۱۲-۴۸ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند و حرارت مطلوب برای رشد این قارچ حرارت حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد است و قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس در دامنه حرارتی حدود ۱۲-۴۲ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند که حرارت مطلوب برای رشد این قارچ حدود ۳۳ درجه سانتی‌گراد است. حرارت مناسب برای تولید افلاتوکسین حرارت ۲۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که بالاترین سطح تولید افلاتوکسین در حرارت ۲۸-۳۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد، چون بیان جین تولیدکننده افلاتوکسین در این حرارت‌ها بیش‌تر است. در حرارت‌های بالا معمولاً تولید افلاتوکسین B بیش‌تر از افلاتوکسین G است؛ ولی در حرارت‌های پایین تولید افلاتوکسین B و G برابر است. تحقیقات نشان داده است که در حرارت حدوداً کم‌تر از ۷ درجه سانتی‌گراد و بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد هیچ افلاتوکسینی تولید نمی‌شود و در صورت تولید، میزان آن بسیار کم است(۱۵).

تولید افلاتوکسین به شرایط نوری هم بستگی دارد، به این صورت که افلاتوکسین در شرایط تاریکی نسبت به شرایط روشنایی بیش‌تر تولید می‌شوند و در شدت نور کم تولید افلاتوکسین‌ها بیش‌تر است (www.ehso.commycotoxins and (mycotoxicoses aflatoxin – wikipedia /).

حتی نوع و میزان کود مصرفی در مزرعه روی میزان تولید افلاتوکسین نقش دارد. به‌طور مثال، در مورد کودهای عضوی که شامل بقایا و مواد زائد گیاهی، حیوانی و منبع کاربن هستند، استفاده بیش از اندازه آن‌ها با اثرگذاری روی نسبت کاربن به نیتروژن، شرایط را برای رشد قارچ و تولید افلاتوکسین افزایش می‌دهد. علاوه‌براین، چون این کودها شامل بقایای گیاهی وغیره می‌باشند که احتمال آلودگی آن‌ها به اسپور قارچ و یا خود قارچ و افلاتوکسین وجود دارد و از طرفی به دلیل این‌که این کودها به سرعت تجزیه می‌شوند، باعث افزایش حرارت سطح خاک شده و شرایط را برای رشد قارچ و تولید افلاتوکسین در مزرعه افزایش می‌دهند(۱۵).

از طرفی دیگر استفاده مناسب از میزان کودهای معدنی بر اساس تجزیه یا تحلیل خاک توصیه می‌شود، به دلیل این‌که چنان‌چه نایتروجن خاک پایین‌تر از میزان مناسب یا توصیه تجزیه خاک باشد، باعث بر هم خوردن نسبت کاربن به نایتروجن شده و باعث افزایش آلودگی‌های افلاتوکسینی می‌شود و همین‌طور

مصرف بیش از اندازه کودهای حاوی نایتروجن هم باعث حساسیت گیاه به بیماریهای گیاهی و آفات میشود و با ضعیف کردن گیاه، زمینه را برای آلودگی قارچی و افلاتوکسینی فراهم میکند و در ضمن باعث بالا رفتن عناصر کودهای کیمیایی و سمیت آنها در گیاهان میشوند. بنابراین، توصیه میشود استفاده از کودهای عضوی و معدنی به گونهیی باشد که نه به رشد گیاه صدمه وارد کند نه رشد قارچ و تولید افلاتوکسین را افزایش دهد(۱۲).

آسیب به محصولات در اثر عملیاتهای زراعتی و فعالیت حشرات و جونده‌گان در مزرعه و انبار باعث صدمه و ایجاد فضاهای کوچک روی محصولات برای رشد قارچ و تولید سم افلاتوکسین میشود و همینطور حشرات میتوانند بهعنوان ناقل عمل کنند و باعث انتقال آلودگی روی محصولات شوند.

میزان رطوبت نسبی هوای مطلوب برای رشد قارچ و تولید افلاتوکسین بهخصوص در زمان نزدیک به برداشت محصولات و در حین خشک کردن آنها و در طول انبارداری، بالای ۸۵ درصد میباشد و در رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد رشد قارچ و تولید افلاتوکسین یا متوقف میشود و یا در حد بسیار اندک است. علاوهبراین، تولید افلاتوکسین به میزان رطوبت موجود در محصولات زراعتی بهخصوص در شرایط انبار نیز بستگی دارد؛ بنابراین برای جلوگیری از رشد قارچ و تولید افلاتوکسین باید به میزان این رطوبت هم توجه شود، بهطور مثال برای انبار کردن غلات مانند جوار باید میزان رطوبت دانه را زیر ۱۲-۱۳درصد و برای انبار کردن پسته رطوبت آن باید کمتر از ٦ درصد باشد و در ممپلی رطوبت آن باید کمتر از ۹ درصد و در فندق رطوبت کمتر از ٦ درصد باشد تا نه قارچ رشد کند نه افلاتوکسین تولید شود. نکته دیگر، باید به حرارت و رطوبت نسبی هوا در حین حمل و نقل و انبارداری توجه جدی گردد. بهطور مثال حتی اگر میزان رطوبت محصولات به حد زیر خطر هم رسیده باشد؛ ولی در طی حمل و نقل و انبارداری رطوبت نسبی هوا زیاد باشد، محصولات غذایی رطوبت را از هوا گرفته تا به حد تعادل با رطوبت محیط برسند که این باعث افزایش رطوبت محصولات و آلوده شدن آنها میشود.

خطرات سم افلاتوکسین بر سلامت انسان

بالای۴.۵ میلیون انسان در کشورهای درحال توسعه در معرض خطرات افلاتوکسینها از طریق غذاهای آلوده هستند. اثرات مخرب افلاتوکسینها روی انسان در موارد مسمومیت شدید شامل دردهای شکمی، هپاتیت، نارسایی کبد، کلیه، آسیب به مغز و حتی مرگ میشوند. برعلاوه، در اثر قرار گرفتن طولانی مدت بدن با افلاتوکسینها باعث انواع سرطانها میشود و در کودکان باعث کمبود وزن و کوتاهی قد میگردند. آسیا و آفریقا قارههایی هستند که بیشتر تحت تأثیر افلاتوکسینها هستند. طبق گزارش سازمان

بین‌المللی تحقیق در مورد سرطان، ۵۰۰ میلیون انسان در آسیا و جنوب آفریقا در معرض سطحی از افلاتوکسین‌ها قرار دارند که باعث افزایش مرگ و میر و بیماری می‌شود.

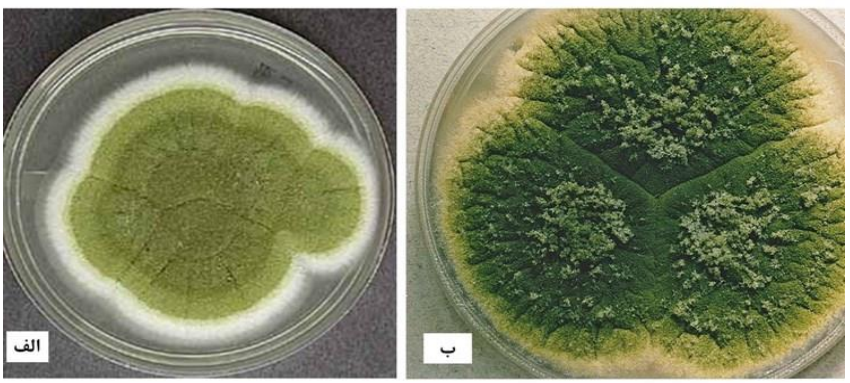
زیان‌های اقتصادی افلاتوکسین‌ها

در صورت آلودگی بالاتر از حد مجاز ستندردهای تصویب شده محصولات زراعتی به افلاتوکسین‌ها، امکان ورود آن‌ها به بازارهای داخلی و خارجی وجود ندارد. حد مجاز ستندردهای اروپا در وب‌سایت آزمایش‌گاه قابل دست‌رس است.

انواع افلاتوکسین‌های متداول در صنعت غذا

افلاتوکسین B1 و B2: این توکسین در مقابل نور فرا بنفش، فلورسانس آبی نسبتاً قوی از خود نشان می‌دهد به همین دلیل این افلاتوکسین با حرف B مشخص شده است. افلاتوکسین B1 از نظر ساختاری شبیه افلاتوکسین B2 است با این تفاوت که افلاتوکسین B1 دارای یک پیوند دوگانه بیش‌تر (روی کاربن‌های ۸ و ۹) می‌باشد. افلاتوکسین B1 و B2 توسط برخی از گونه‌هایی اسپرژیلوس تولید می‌شود که متداول‌ترین آن‌ها اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس است(۱۰).

افلاتوکسین G1 و G2: افلاتوکسین G تحت تأثیر نور فرابنفش، نور سبز (Green) منتشر می کند، به همین دلیل این افلاتوکسین با حرف G مشخص شده است. افلاتوکسین G1 از نظر ساختاری شبیه افلاتوکسین G2 است؛ با این تفاوت که افلاتوکسین G1 دارای یک پیوند دوگانه بیش‌تر (روی کاربن‌های ۸ و۹) می‌باشد. افلاتوکسین G1 و G2 توسط برخی از گونه‌های اسپرژیلوس تولید می‌شود که متداول‌ترین آن‌ها اسپرژیلوس پارازیتیکوس است. به‌طور کلی پذیرفته شده است که قارچ اسپرژیلوس فلاووس فقط افلاتوکسین‌های B1 و B2 را تولید می‌کند و توانایی تولید افلاتوکسین G1 و G2 را ندارد؛ ولی در سال ۲۰۱۹ سویه‌های کره‌یی از این قارچ پیدا شد که توانایی تولید افلاتوکسین‌های G را هم داشتند(۱٦).



شکل ۱: افلاتوکسین G1 تحت اشعه ماواری بنفش به رنگ سبز روشن تر و(ب) افلاتوکسین G2 به رنگ سبز تاریک تر
(https://www.farsnews.ir/news/)

افلاتوکسین‌های B1 و G1 نسبت به B2 و G2 خطرناک‌تر و سمی‌تر هستند به علت این‌که، افلاتوکسین‌های B1 و G1 دارای پیوند دوگانه روی کاربن‌های ۸ و ۹ هستند که اجازه تشکیل افلاتوکسین اپوکساید (ساختار مثلثی شکل شامل دو اتوم کاربن و یک اتم اکسیجن) را در کبد می‌دهد که باعث جهش جنتیکی DNA شده و با اتصال به RNA و پروتیین باعث مهار تولید پروتیین و در نتیجه اختلال در عملکرد سلول‌ها می‌شود(۱۵).

افلاتوکسین M1 و M2: بعد از مصرف غذای آلوده به افلاتوکسین B1 و B2 در اثر فعالیت انزایمی که بیش‌تر در کبد یافت می‌شود، افلاتوکسین M1 و M2 تولید می‌شود که البته سمیت کم‌تری نسبت به افلاتوکسین B دارند. افلاتوکسین M در شیر و محصولات لبنی دیده می‌شود. سازمان ایمنی غذای اروپا(EFSA) تخمین زده است که میزان انتقال افلاتوکسین از گاو به شیر به‌طور متوسط ۱-۲ درصد است در حالی که در گاوهای با شیردهی زیاد می‌تواند تا ٦ درصد افزایش پیدا کند(۱۱).

در مورد آلودگی‌های محصولات می‌توان گفت که افلاتوکسین‌های B و G در غلات، حبوبات، میوه خشک، ادویه‌جات و همچنان روی محصولات تجاری مانند ممپلی، روغن‌های خوراکی، ماکارونی، انواع چای دم شده، محصولات لبنی، لوازم آرایش و گیاهان دارویی نیز گزارش شده است. خوراک حیوان و طیور مانند جواری، جو، گندم، رشقه و حتی غذای حیوانات خانگی و اسپ هم می‌تواند به افلاتوکسین آلوده باشند. این سموم پس از مصرف خوراک آلوده توسط حیوان و طیور، علاوه بر آسیب به بدن آن‌ها باعث کاهش تولید شیر و تخم مرغ می‌شوند. افلاتوکسین M در شیر و محصولات لبنی دیده می‌شود(۱۴، ۱۵).

افلاتوکسین‌های M1 و M2 در صورت مصرف خوراک حیوان آلوده با افلاتوکسین B1، این سم در ترشحات و انساج آن‌ها به سایر توکسین‌ها تبدیل می‌شوند که می‌توان به توکسین‌های شیر که اصطلاحاً افلاتوکسین‌های M1 و M2 نامیده می‌شوند اشاره نمود.

خاصیت فلورسانس افلاتوکسین‌های M1 و M2 بیش‌تر از افلاتوکسین B1 و خاصیت سرطان‌زایی، جهش‌زایی و سمیت آن مشابه افلاتوکسین B1 است(۱۱). سمیت حاد افلاتوکسین M1و تأثیر آن در ممانعت از کدبرداری RNA و سنتز پروتیین‌ها درست به اندازه افلاتوکسین B1 است؛ ولی تأثیر آن بر DNA کم‌تر از افلاتوکسین B1 می‌باشد. قدرت سرطان‌زایی و جهش‌زایی افلاتوکسین M1 با نوع B1 برابر است. افلاتوکسین M1 درجه حرارت پاستوریزاسیون را تحمل می‌کند، بررسی‌های انجام شده با شیرهای آلوده به افلاتوکسین M1 نشانه مقاومت آن‌هاست. افلاتوکسین M1 درجه حرارت ٦۴ درجه را به مدت ۲ساعت تحمل می‌کند؛ ولی افزایش درجه حرارت ثبات ساختمانی آن را کاهش می‌دهد. درجه

حرارت‌های مختلف که برای تهیه انواع فرآورده‌های لبنی به‌کار می‌روند، نمی‌توانند پایداری افلاتوکسین M1 را کاهش دهند و هم‌چنین مشخص شده است که پایداری افلاتوکسین M1 در طی پروسه‌ی حرارت به نوع آلوده‌گی بستگی ندارد و در شیر آلوده مقاومت به حرارت یک‌سان می‌باشد. امروزه به کمک مواد جاذب نظیر بنتونیت توانسته‌اند افلاتوکسین موجود در شیر را حذف نمایند(۱۲) و (۱۳). البته بنتونیت روی محتوای پروتین شیر تأثیر می‌گذارد، همان‌طوری‌که ثابت شده است با مصرف ۲ درصد بنتونیت، ۵ درصد یا کم‌تر از کل پروتیین شیر کاسته می‌شود. تحقیقات مختلف ثابت کرده است که می‌توان از بنتونیت به‌عنوان وسیله‌ی برای حذف افلاتوکسین شیر کمک گرفت. البته مطالعات دقیق‌تری برای تعیین ایمنی و حفظ موادمغذی شیر باید انجام گیرد تا اطمینان حاصل شود که علاوه بر سم‌زدایی به کیفیت شیر لطمه وارد نمی‌شود. افلاتوکسین M1 درpH بین ۶/۵-۴/۵ بسیار پایدار است. آزمایشات در pHهای متفاوت این نظر را اثبات می‌کند، به‌نظر می‌رسد که محیط اسیدی در تجزیه افلاتوکسین M1 تأثیرگذار نمی‌باشد(۱۱). غلظت‌های بالای امونیاک سطوح خارجی‌تر پنیر آلوده به افلاتوکسین M1 را تخریب می‌کند. برای این کار باید از امونیاک در غلظت‌های بالا و در زمان طولانی استفاده شود. از طرف دیگر افلاتوکسین M1 موجود در شیر می‌تواند توسط هایدروجن پراکساید همراه با ریبوفلاوین و لکتوپراکسید غیرفعال گردد(۱۲). عمل خنثی کردن افلاتوکسین M1 به کمک این مواد در درجه حرارت ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت صورت می‌گیرد و در طی آن اگر حرارت را تا ۶۳ درجه سانتی‌گراد افزایش دهند ۹۸ درصد افلاتوکسین M1 کاهش می‌یابد. این روش در صنعت پنیرسازی به دلیل مشکلات ایمنی، بیولوژیکی و تغییر ویژگی‌های تغذیه‌ی کاربرد ندارد. سولفیت پوتاسیم سبب خنثی کردن افلاتوکسین M1 در شیر و فرآورده‌های شیری می‌شود. بیش‌ترین درصد کاهش افلاتوکسین یعنی ۴۵ درصد به‌وسیله سولفیت پوتاسیم در حرارت۲۵ درجه و در غلظت ۵ درصد و در مدت ۵ ساعت حاصل شده است(۱۵).

افلاتوکسین P1: میتابولیتی است که در اثر دمتیلاسیون افلاتوکسین B1 ایجاد می‌شود. این سم از کشت آزمایش‌گاهی قارچ آسپرژیلوس استخراج شده است(۱۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به خطرات سموم قارچی و آلوده شدن طیف وسیعی از مواد غذایی و حتی محصولات مراقبتی و آرایشی بر پایه گیاهی و بروز خطرات جبران‌ناپذیر روی سلامت انسان‌ها و از طرفی ایجاد خسارت‌های اقتصادی به دلیل برگشت داده شدن محصولات صادراتی و به دلیل این‌که حتی به کار بردن راه‌کارهای صنعتی موجود برای کاهش میزان افلاتوکسین در محصولات غذایی و زراعتی نمی‌توانند باعث کاهش ۱۰۰ درصدی آلوده‌گی‌های افلاتوکسینی شوند. اولاً بهتر است با آگاهی از شرایط رشدی پوپنک‌ها و

تولید افلاتوکسین در مراحل قبل و بعد از برداشت، از فراهم شدن شرایط لازم برای تولید این سم قارچی جلوگیری شود و ثانیاً تولیدکنندگان موادغذایی، قبل از ورود محصولات به بازار، میزان آلودگیهای افلاتوکسینی آنها را در آزمایشگاه مواد غذایی بررسی کرده تا هم از بروز اثرات نامطلوب روی سلامت جامعه و هم از بروز زیانهای اقتصادی جلوگیری شود.

منابع

1. INCHEM Principles of evaluating chemical effects on the aged population: International Programme on chemical Safety- Environmental Health Criteria 144 World Health Orgnization.
2. Charmley, L . L., H. L. Trenholm and D. B. Prelusky.. Mycotoxins: their origin, impact and importance: insight into common methods of control and elimination. 1995PP.41-63 In: T Lyons and K. A Jacques (Eds.), Biotechnology in the feed industry. Proceedings of alltech's 11 annual symposium.
3. safety risk in developing countries. In:Unnevehr LJ, editors. Food Safety in food security and food trade. 2020vision, Focus .١٠Washington DC, USA: International Ford Policy Research Institute; 2003; Sep. Brief 3.
4. Nakajima M, Tabata S, Akiyama H, et al Occurece of aflatoxin M1 in domestic milk in Japan during the winter season. Food Addit Contam 2004 May; 21 (5): 472-8.
5. INCHEM Principles of evaluating chemical effects on the aged population: International Programme on chemical Safety- Environmental Health Criteria 144 World Health Orgnization.
6. Abou-Bakr S. Effect of some plant extracts on fungal and aflatoxin roduction. International Journal of Academic Research 2011 Jul; 3 (4): 116.
7. Joki M. Aflatoxins. Available at: http://www.foodkeys .com/view /articles/ detail.
8. Code of practice for the reduction of aflatoxin B1 in raw materials and supplemental feedingstuffs for milk produsing animals. 1997CAC/RCP: 43-45.
9. G. E. Who, "IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, Vol. 56, Some Naturally Occurring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins," Analytica Chimica Acta, vol. 294, no1994; 3, p. 341.
10. Mahmoudi R, Norian R, Katiraee F, Pajohi Alamoti MR. Total flatoxin contamination of maize produced in different regions of Qazvin-Iran. IFRJ 2013; 20 (5): 4-29.
11. Frisvad JC, Skouboe P, Samson RA.Taxonomic comparison of three different groups of aflatoxin producers and a new efficient producer of aflatoxin B1,sterigmatocystin and 3-Omethylsterigmatocystin,Aspergillus rambellii sp. nov. Syst Appl Microbiol 2005 Jul; (5).442-445.
12. (١٢)Jodie A. Aflatoxin M1 in Milk; Agriculture and Natural Resources. University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating. FSA4018.
13. FAO/WHO food standards programme. Codex committee on food additives and contaminants. Thirty-third session. 2001 Mar 12-16; TheNetherlands .
14. Mahmoudi R, Vagef R. Occurrence of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk produced in west region of Iran (during summer and winter). IFRJ 2013; 20 (3):14-21.
15. (١٥) Fallah A. Aflatoxin M1 contamination in dairy products marketed in Iran during winter and summer. Food Control 2010; 21 (11)8-14.
16. (١۶)X. Cui, I. Muhammad, R. Li et al., "Development of a UPLC-FLD Method for Detection of Aflatoxin B1 and M1 in Animal Tissue to Study the Effect of Curcumin on Mycotoxin Clearance Rates," Frontiers in Pharmacology; 2020vol. 8, p. 650.