

اثرات انواع مایکوتوکسین ها بر سلامت انسان و حیوان

فریمه علیدوست سحرخیز لاهیجی^{۱*}

دانشجوی دکتری، گروه علوم و مواد غذایی دانشکده علوم دارویی، دانشگاه آزاد علوم پزشکی تهران

*نویسنده مسئول: فریمه علیدوست سحرخیز لاهیجی

یوسف رمضان^۲

^۲استادیار، گروه علوم و مواد غذایی دانشکده علوم دارویی، دانشگاه آزاد پزشکی تهران

علیرضا فرجی^۲

^۲استادیار، گروه شیمی مواد غذایی دانشکده شیمی دارویی، دانشگاه آزاد پزشکی تهران

آرزو برنج فروش آذر^۲

^۲دانشجوی دکتری، گروه فناوری مواد غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

مایکوتوکسین ها متابولیت های ثانویه بالقوه خطرناکی هستند که میتوانند اثرات منفی بر سلامت انسان داشته باشند که علاوه بر صدمه بر ارگان های بدن باعث عفونت و آلرژی و مسمومیت می شوند ارتباط بین مصرف غذاهای آلوده به مایکوتوکسین و بیماری ها، به ویژه بیماری های کبدی، گوارشی و سرطان ثابت شده . گرچه بیش از ۳۰۰ مایکوتوکسین یافت شده است، تنها برخی از آنها نظیر آفلاتوکسین ها، زیرالنون ها، فوموزین، اکراتوکسین ها و پاتولین به طور مداوم در مواد غذایی شناسایی می شوند که ایمنی مواد غذایی را در اغلب کشور ها دچار مشکل می کند. مایکوتوکسین ها از طریق مصرف گوشت حیواناتی که با رژیم های غذایی آلوده تغذیه می شوند و همچنین ادویه های آلوده که در طی فرآوری این گوشت ها استفاده می شوند به انسان منتقل می شوند. تلاش تحقیقات کنونی باید بر توسعه روش هایی برای کاهش مؤثر سطوح مایکوتوکسین در غذا و در عین حال به حداقل رساندن آسیب به خود غذا متمرکز باشد.

کلمات کلیدی: مایکوتوکسین، آفلاتوکسین، پاتولین، زیرالنون، اکراتوکسین، فوموزین، سرطان، بیماری، سمیت.

مایکوتوکسین ها ترکیبات سمی هستند که توسط برخی قارچ ها تولید می شوند و می توانند در مواد غذایی و خوراکی ها یافت شوند. این ترکیبات به دلیل پایداری در برابر حرارت و فرآوری های مختلف، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و حیوانات به شمار می آیند. مایکوتوکسین ها می توانند از طریق مصرف مواد غذایی آلوده، استنشاق یا تماس با پوست وارد بدن شوند و اثرات سمی متنوعی را ایجاد کنند. تحقیقات نشان می دهند که مایکوتوکسین ها می توانند بر روی سیستم ایمنی، سیستم عصبی و سیستم هورمونی تأثیر بگذارند و حتی منجر به بروز بیماری های مزمن و سرطان شوند. به عنوان مثال، آفلاتوکسین B₁ یکی از خطرناک ترین مایکوتوکسین ها است که ارتباط مستقیم آن با سرطان کبد اثبات شده است (Pitt, 2000). مایکوتوکسین یک اصطلاح گسترده برای مواد مضر تولید شده توسط کپک است. مایکوتوکسین ها سمی ترین عوامل شیمیایی هستند که در غذا و خوراک یافت می شوند و بیشترین تهدید را برای سلامتی انسان و حیوانات به همراه دارند. در این زمینه، آلودگی گوشت توسط مایکوتوکسین یکی از مهم ترین نگرانی های است که باید از نظر ایمنی مواد غذایی مورد توجه قرار گیرد (Iqbal, 2014). آلودگی مایکوتوکسین علت خسارات اقتصادی قابل توجه و همچنین ایمنی مواد غذایی و مسائل بهداشت عمومی است (Oguz, 2017). اصطلاح مایکوتوکسین در سال ۱۹۶۰ در واکنش به وضعیتی در انگلستان ابداع شد که در آن ۱۰۰۰۰۰ بوقلمون پس از مصرف خوراک آلوده به متابولیت های ثانویه تولید شده توسط *آسپرژیلوس فلاووس* تلف شدند. مایکوتوکسین از اصطلاحات "myco" به معنی "قارچ" و "toxin" به معنای سم ناشی می شود. مایکوتوکسیکوز نام بیماری ناشی از مایکوتوکسین ها است. اندام هایی که مایکوتوکسین ها بر آنها تأثیر می گذارند به عنوان هیپاتوتوکسین ها، نفروتوکسین ها، نوروٹوکسین ها و ایمونوتوکسین ها طبقه بندی می شوند. تراتوزن ها، جهش زاها، سرطان زاها و آلرژن ها بر اساس نحوه آسیب رساندن به سلول ها به چهار دسته تقسیم می شوند. با توجه به منشأ شیمیایی آنها، آنها همچنین به عنوان پلی پتیدها و مشتقات اسید آمینه طبقه بندی می شوند (Nunez, 2015). مایکوتوکسین ها از طریق مصرف گوشت حیواناتی که با رژیم های غذایی آلوده تغذیه می شوند و همچنین ادویه های آلوده که در طی فرآوری این گوشت ها استفاده می شوند به انسان منتقل می شوند. فرض بر این است که مایکوتوکسین ها عامل انواع اختلالات پاتولوژیک در انسان هستند. به عنوان مثال، اکراتوکسین با نفروپاتی اندمیک در بالکان مرتبط است، در حالی که فومونیزین با سرطان مری مرتبط است (Stoev, 2017). بیش از ۳۰۰ مایکوتوکسین شناسایی شده است. آفلاتوکسین، اکراتوکسین (OTA)، فومونیزین ها، تریکوتسن ها و سموم زیرالنون مهمترین مایکوتوکسین های مرتبط با کشاورزی، اقتصاد و بهداشت عمومی هستند (Kaya, 1998). بیماری های ناشی از قارچ ها از طریق کاشت مستقیم یا استنشاق اسپورها گسترش می یابند. از دیدگاه آلرژی و ایمنی شناسی، قارچ ها به عنوان آلرژن هایی شناخته شده اند که قادر به القای واکنش های ایمنی و آلرژیک هستند. بسته به حساسیت ژنتیکی، افراد می توانند بیماری های آلرژیک مانند رینیت، سینوزیت، آسم و پنومونیت هایپر حساسیتی را توسعه دهند (Solomon, 1993). مایکوتوکسین ها آلاینده های زیست محیطی طبیعی هستند که به طور گسترده ای در مواد غذایی یافت می شوند. بررسی ها نشان داده اند که مایکوتوکسین ها در غذاها و خوراک دام از کشورهای مختلف در سراسر جهان افزایش یافته است. اثرات سمی ناشی از مایکوتوکسین ها به مصرف غذاهای آلوده مرتبط بوده است. در چند سال گذشته، برخی گزارش ها گونه های قارچی تولیدکننده مایکوتوکسین که در محیط های داخلی یافت می شوند را با علائم به طور نامشخص در افراد احتمالی در معرض قرارگیری مرتبط دانسته اند. این گونه های قارچی شامل *آسپرژیلوس*، *پنسیلیوم*، *فوزاریوم*، *استاکیوبوتریس*، هستند. به طور کلی، مایکوتوکسیکوز به اثرات سمی یا مسمومیت ناشی از مایکوتوکسین ها اشاره دارد (Jelinek, 1989). به طور کلی، مایکوتوکسین ها ترکیبات آلی پیچیده ای هستند که در دماهای معمولی محیطی فرار نیستند. به عنوان یکی از مهم ترین چالش های ایمنی غذایی در سطح جهانی شناخته می شوند. این ترکیبات معمولاً در محصولات کشاورزی مانند غلات، آجیل، میوه ها و سبزیجات یافت می شوند و می توانند به راحتی وارد زنجیره غذایی انسان شوند.

اثرات سمی مایکوتوکسین ها بر حیوانات

مایکوتوکسین ها نه تنها بر سلامت انسان تأثیر می گذارند، بلکه می توانند اثرات جدی بر روی حیوانات نیز داشته باشند.

سمیت حاد: مایکوتوکسین ها می توانند موجب مسمومیت حاد در حیوانات شوند، که ممکن است به علائمی مانند استفراغ، اسهال و کاهش وزن منجر شود. (Garcia, ۲۰۱۴)

تأثیر بر رشد: مصرف مایکوتوکسین ها می تواند رشد و توسعه حیوانات را تحت تأثیر قرار دهد و منجر به کاهش وزن و تأخیر در بلوغ شود. (Pestka, ۲۰۰۷)

تأثیر بر سیستم ایمنی: مایکوتوکسین ها می توانند عملکرد سیستم ایمنی حیوانات را تضعیف کرده و آن ها را در برابر عفونت ها آسیب پذیرتر کنند. (Doll, ۲۰۱۹)

تأثیر بر تولید مثل: برخی مایکوتوکسین ها نظیر اکراتوکسین می توانند بر روی باروری و تولیدمثل حیوانات تأثیر بگذارند، منجر به کاهش تعداد زاد و ولد و اختلالات هورمونی شوند. (Morrissey, ۲۰۱۶)

نقص های عصبی: مایکوتوکسین هایی مانند زئاریالین می توانند بر روی سیستم عصبی حیوانات تأثیر گذاشته و منجر به اختلالات حرکتی و رفتاری شوند. (Friedman, ۲۰۱۰)

اثرات سمی مایکوتوکسین ها بر بدن انسان

سرطانزایی: مایکوتوکسین ها، به ویژه آفلاتوکسین ها، اکراتوکسین ها به عنوان عوامل سرطان زا شناخته می شوند و مصرف مداوم آن ها می تواند خطر ابتلا به سرطان کبد و دستگاه گوارش و مجاری ادراری را افزایش دهد (Gong, ۲۰۰۲)

تأثیر بر سیستم ایمنی: مایکوتوکسین ها می توانند عملکرد سیستم ایمنی را تضعیف کنند و خطر ابتلا به عفونت ها را افزایش دهند. (Bennett, ۲۰۰۳)

تأثیر بر سیستم اعصاب: مایکوتوکسین هایی مانند زئاریالین و اکراتوکسین A می توانند بر روی سیستم عصبی تأثیر منفی بگذارند و منجر به اختلالات عصبی شوند. (Kumar, ۲۰۱۸)

تأثیر بر سیستم هورمونی: مایکوتوکسین ها می توانند بر روی هورمون ها تأثیر گذاشته و منجر به اختلالات هورمونی و مشکلات باروری شوند. (Fumagalli, ۲۰۱۷)

مشکلات گوارشی: مصرف مایکوتوکسین ها می تواند منجر به بروز مشکلات گوارشی مانند تهوع، استفراغ و اسهال شود. (Pitte, ۲۰۰۰)

انواع مایکوتوکسین ها

آفلاتوکسین: آفلاتوکسین ها یکی از خطرناک ترین مایکوتوکسین ها هستند که عمدتاً توسط قارچ های *Aspergillus flavus* و *Aspergillus parasiticus* تولید می شوند. این ترکیبات معمولاً در مواد غذایی و خوراک دام یافت می شوند و می توانند عوارض جدی بر سلامت انسان و حیوانات داشته باشند و می توانند منجر به سرطان کبد و آسیب به سیستم ایمنی شوند.

سمیت آفاتوکسین:

سرطان زایی: آفاتوکسین ها به عنوان عوامل سرطان زا شناخته می شوند. مطالعات نشان داده اند که تماس مداوم با این ترکیبات می تواند منجر به افزایش خطر ابتلا به سرطان کبد و سایر انواع سرطان ها شود

آسیب به کبد: آفاتوکسین ها می توانند به طور مستقیم به سلول های کبد آسیب برسانند و منجر به نارسایی کبد شوند

تأثیر بر سیستم ایمنی: این ترکیبات می توانند عملکرد سیستم ایمنی را تضعیف کنند و خطر ابتلا به عفونت ها را افزایش دهند

عوارض گوارشی: مصرف مواد غذایی آلوده به آفاتوکسین می تواند منجر به مسمومیت های گوارشی، استفراغ و اسهال شود. (Khan, ۲۰۱۸)

انواع افلاتوکسین ها:

آفاتوکسین B₁: این نوع آفاتوکسین به عنوان خطرناک ترین نوع آن شناخته می شود و بیشترین تأثیر را بر روی کبد دارد و به عنوان یک عامل سرطان زا شناخته شده است و می تواند منجر به سرطان کبد شود.

آفاتوکسین B₂: این نوع افلاتوکسین اثرات مشابهی با B₁ دارد، اما کمتر سمی است و دارای پتانسیل کمتری برای سرطان زایی است (Khan, ۲۰۱۸).

آفاتوکسین G₁ و G₂: این نوع آفاتوکسین ها معمولاً در محصولات دامی و غلات یافت می شوند و اثرات سمی مشابهی دارند. این نوع آفاتوکسین نیز سرطان زا هستند، اما به طور کلی سمیت کمتر از B₁ و B₂ دارند. (Wang, ۲۰۰۴)

آفاتوکسین M₁: این نوع آفاتوکسین به عنوان یک متابولیت از آفاتوکسین B₁ در شیر و محصولات لبنی ایجاد می شود که می تواند به مصرف کنندگان شیر آسیب برساند و خطر ابتلا به سرطان را افزایش دهد. (Pitt, ۲۰۰۹)

جدول شماره ۱: اطلاعات فیزیکی و شیمیایی آفاتوکسین ها (Khan, ۲۰۱۸)

آفاتوکسین B ₁	آفاتوکسین B ₂	آفاتوکسین G ₁	آفاتوکسین G ₂	خاصیت
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------

وزن مولکولی (گرم بر مول)	۳۱۲.۳۱	۳۱۴.۳۲	۳۲۸.۳۱	۳۳۰.۳۲
نقطه ذوب (درجه سانتی گراد)	۲۶۵-۲۶۰	۲۵۵-۲۵۰	۲۷۵-۲۷۰	۲۶۵-۲۶۰
انحلال پذیری	محلول در متانول و کلروفرم؛ کمی محلول در آب	محلول در متانول و کلروفرم؛ کمی محلول در آب	محلول در متانول و کلروفرم؛ کمی محلول در آب	محلول در متانول و کلروفرم؛ کمی محلول در آب
رنگ	زرد-سبز	زرد-سبز	آبی-سبز	آبی-سبز
فلورسانس	تحت نور UV فلورسانس آبی منتشر می کند	تحت نور UV فلورسانس آبی منتشر می کند	تحت نور UV فلورسانس سبز منتشر می کند	تحت نور UV فلورسانس سبز منتشر می کند

اکراتوکسین: این میکوتوکسین عمدتاً توسط *Aspergillus ochraceus* و *Penicillium verrucosum* تولید می شود و می تواند به کلیه ها آسیب برساند و به عنوان یک عامل سرطان زا شناخته می شود.

سمیت اکراتوکسین:

سمیت کلیوی OTA: می تواند باعث آسیب به کلیه ها و اختلال در عملکرد آنها شود.

سرطان زایی: مطالعات نشان داده اند که OTA می تواند منجر به بروز سرطان در برخی از حیوانات آزمایشگاهی شود و احتمالاً در انسان نیز خطر سرطان را افزایش می دهد.

تأثیرات ایمنی: این ترکیب می تواند سیستم ایمنی بدن را تضعیف کند و خطر ابتلا به عفونت ها را افزایش دهد.

انواع اکراتوکسین:

اکراتوکسین A: رایج ترین و مهم ترین نوع اکراتوکسین است که عمدتاً توسط قارچ های *Aspergillus* و *Penicillium* تولید می شود. این ترکیب به ویژه در دانه های غلات، قهوه و خشکبار یافت می شود.

اکراتوکسین B: کمتر شناخته شده و معمولاً در مقادیر کمتری نسبت به OTA وجود دارد. اثرات سمی آن کمتر از OTA است، اما همچنان نگران کننده است.

اکراتوکسین C: استر اتیل و متیل اکراتوکسین A و B می باشد که سمیت کمتری دارد.

زیرالنون: زیرالنون (ZEA) یک میکوتوکسین است که عمدتاً توسط قارچ های *Fusarium*، به ویژه *Fusarium graminearum* و *Fusarium culmorum* تولید می شود. این سم به خصوص در غلات مانند ذرت، گندم و جو یافت می شود و می تواند تأثیرات جدی بر سلامت انسان و دام داشته باشد. (Khan, ۲۰۱۸)

سمیت زیرالنون:

زیرالنون به عنوان یک میکوتوکسین می تواند بر سیستم هورمونی تأثیر بگذارد. اثرات سمیت آن شامل موارد زیر است:

سمیت حاد: دوزهای بالای زیرالنون می توانند منجر به علائم حاد مانند استفراغ، اسهال و کاهش اشتها شوند.

سمیت مزمن: تماس مکرر با زیرالنون می تواند منجر به اختلالات هورمونی، به ویژه در سیستم تولید مثل زنان و مردان شود.

تأثیر بر دام: در دامها، زیرالنون می تواند منجر به اختلالات تولید مثل، کاهش باروری و افزایش سقط جنین شود.

سیتترینین: سیتترینین ابتدا از *Penicillium citrinum* کشف و جدا شد. سپس در سایر گونه های *Penicillium* نیز یافت شد. این میکوتوکسین معمولاً برنج، گندم، جو، ذرت، چاودار و سایر مواد غذایی را آلوده می کند. با وجود آلودگی همزمان غلات با OTA، سیتترینین به عنوان یک نفروتوکسین شناخته شده است. آسیب های پاتولوژیک ناشی از سیتترینین شامل نفوذ چربی کبدی و نکروز می باشد. این میکوتوکسین در دمای ۱۷۵ درجه سانتی گراد تجزیه می شود و در فرآیندهای حرارتی تخریب می شود. از نظر اپیدمیولوژیک، سیتترینین با "سندرم برنج زرد" مرتبط است، اما هیچ تحقیق سیستماتیکی برای شناسایی میکوتوکسین یا عامل مسئول این بیماری نامشخص انجام نشده است. به نظر می رسد سیتترینین در حین پردازش غذایی از بین می رود نیست. (Eddy, ۲۰۲۰)

پاتولین: یک میکوتوکسین طبیعی است که عمدتاً توسط قارچ های *Aspergillus*، *Penicillium* و *Byssosclamyces* تولید می شود. این سم به ویژه در میوه ها و محصولات میوه ای، به ویژه سیب و آب سیب، شایع است و به عنوان یک خطر جدی برای سلامت عمومی شناخته می شود.

سمیت پاتولین:

پاتولین به عنوان یک سم با اثرات سمی بر روی انسان و حیوانات شناخته شده است. مطالعات نشان داده اند که این میکوتوکسین می تواند به سیستم ایمنی بدن آسیب بزند و باعث ایجاد مشکلات گوارشی مسمومیت حاد: علائم شامل تهوع، استفراغ، و درد شکم هستند.

آسیب های مزمن: مطالعات نشان داده اند که پاتولین می تواند به عنوان یک عامل سرطان زا در نظر گرفته شود

فوموزین: فوموزین ها یک گروه از سموم قارچی هستند که عمدتاً توسط گونه های مختلف *Fusarium* تولید می شوند. این ترکیبات به دلیل اثرات سمی و خطرات بهداشتی مرتبط با مصرف مواد غذایی آلوده، مورد توجه قرار گرفته اند. (Khan, ۲۰۲۰)

سمیت فوموزین:

سمیت حاد: فوموزین می تواند باعث بروز علائم حاد در انسان ها و حیوانات شود. این علائم شامل تهوع، استفراغ، و اسهال است.

سمیت مزمن: قرارگیری طولانی مدت در معرض فوموزین می تواند به آسیب های کبدی و کلیوی، اختلال در سیستم ایمنی و حتی سرطان زایی منجر شود.

تأثیر بر روی سیستم عصبی: تحقیقات نشان داده اند که فوموزین می تواند اثرات منفی بر روی سیستم عصبی مرکزی داشته باشد. (Gelderblom, ۱۹۹۱)

نتیجه گیری:

مایکوتوکسین ها اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان دارند و سبب بیماری هایی نظیر سرطان و آلرژی و بیماری های گوارشی می شوند، توکسین ها به عنوان عامل زیستی شناخته میشوند و حتی در مقادیر کم مشکل ساز خواهند بود چرا که ممکن است صدمات جبران ناپذیری بر سلامت انسان داشته باشد علاوه بر آن میتواند ضرر های بسیاری بر اقتصاد نیز وارد کند. آلودگی مواد غذایی به مایکوتوکسین مهم است به همین دلیل تشخیص و استراتژی های کاهش سمیت مایکوتوکسین ها بسیار حائز اهمیت است و قوانین و مقررات مربوط به سموم مایکوتوکسین باید در هر کشوری کاربردی قوی داشته باشند و ایمن سازی مواد غذایی باید مورد توجه قرار گیرد.

منابع:

Bennett JW, Klich M. Mycotoxin production by *Penicillium* and *Aspergillus* species. *Int J Food M Gelderblom WCA, et al. Fumonisin: a new family of mycotoxins. Mycopathologia.* ۱۹۹۱;۱۱۳(۳):۱۴۵-۹. *icrobiol.* ۲۰۰۳;۸۰(۳):۲۱۳-۲۰.

Bennett JW, Klich M. Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev.* ۲۰۰۳;۱۶(۳):۴۹۷-۵۱۶.

Döll S, et al. Impact of mycotoxins on the immune system. *Mycotoxin Res.* ۲۰۱۹;۳۵(۲):۱۱۳-۲۷.

Eddy KRN, Sreeramulu K, Reddy D. Citrinin: A review of its toxicology and health effects. *Food Chem Toxicol.* ۲۰۲۰;۱۴۱:۱۱۱۳۸۱.

Fr Khan MF, et al. Aflatoxins: A review on their occurrence, toxicity, and health risks. *J Food Sci Technol.* ۲۰۱۸;۵۵(۱۰):۳۷۶۵-۷۶. *iedman M. Toxicity of mycotoxins: A review. Food Chem Toxicol.* ۲۰۱۰;۴۸(۷):۱۸۰۲-۱۰.

Fumagalli F, et al. Mycotoxins in food: A global concern. *Food Res Int.* ۲۰۱۷;۱۰۰:۱-۱۲.

García A, et al. Mycotoxins in livestock: A review. *Toxins.* ۲۰۱۴;۶(۷):۲۳۳۷-۶۲.

Gong YY, et al. Aflatoxin exposure and impaired growth in young children. *N Engl J Med.* ۲۰۰۲;۳۴۶(۱۹):۱۳۹۹-۴۰۶.

Iqbal Z, Nisar S, Asi MR. Natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in chicken meat and eggs. *Food Control.* ۲۰۱۴;۴۳:۹۸-۱۰۳. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.foodcont.۲۰۱۴.۰۲.۰۴۶.

Jelinek CF, Pohland AE, Wood GE. Review of mycotoxin contamination worldwide occurrence of mycotoxins in foods and feeds—an update. *J Assoc Anal Chem.* ۱۹۸۹;۷۲(۲):۲۲۳-۳۰.

Kaya S. Mikotoksinler ve mikotoksin zehirlenmeleri. In: Kaya S, editor. *Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji.* ۱st ed. Ankara: Medisan Yayınevi; ۱۹۹۸. p. ۲۲۲-۳۵.

Khan MF, Ali MA, Hussain M. Patulin: A mycotoxin of concern in food safety. *Food Chem.* ۲۰۲۰;۳۱۰:۱۲۵۸۷۷.

Kumar P, Sinha S. Mycotoxins: A global concern for food safety and health. *Food Saf Hum Health.* ۲۰۱۸;۱(۱):۱-۱۰.

Morrissey C, et al. Mycotoxins and reproduction in livestock: A review. *Anim Reprod Sci.* ۲۰۱۶;۱۶۹:۱-۱۰.

Nunez F, Lara MS, Peromingo B, et al. Selection and evaluation of *Debaryomyces hansenii* isolates as potential bioprotective agents against toxigenic penicillia in dry fermented sausages. *Food Microbiol.* ۲۰۱۵;۴۶:۱۱۴-۲۰. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.fm.۲۰۱۴.۰۷.۰۱۹.

Oguz H. Mycotoxins and their importance. *Turkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol.* ۲۰۱۷;۳:۱۱۳-۱۹.

Pestka JJ. Deoxynivalenol: Toxicology and potential effects on humans and animals. *Toxicol Ind Health.* ۲۰۰۷;۲۳(۱):۱-۲۵.

Pestka JJ. Fumonisin toxicity and mechanisms of action. *Food Chem Toxicol.* ۲۰۰۷;۴۵(۱):۱-۱۲.

Pitt JI, Hocking AD. *Fungi and food spoilage.* Springer; ۲۰۰۹.

Pitt JI. Toxigenic fungi: a risk to food safety. *Food Control.* ۲۰۰۰;۱۱(۵):۳۰۹-۱۷.

Pitt JI. Toxigenic fungi: a risk to food safety. Food Control. ۲۰۰۰;۱۱(۵):۳۰۹-۱۷.

Solomon WR, Platts-Mills TAE. Chapter ۱۹, aerobiology of inhalant allergens. In: Middleton E, Reed CE, Ellis EF, Adkinson NF, Yunginger JW, Busse WW, editors. Allergy: Principles and Practice. ۴th ed. St. Louis: Mosby; ۱۹۹۳. p. ۴۶۹-۵۲۸.

Stoev SD. Balkan endemic nephropathy—still continuing enigma, risk assessment and underestimated hazard of joint mycotoxin exposure of animals or humans. Chem Biol Interact. ۲۰۱۷;۲۶۱:۶۳-۷۹. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.cbi.۲۰۱۶.۱۱.۰۱۸.

Wang JS, et al. Aflatoxins and their metabolites. Mycotoxin Res. ۲۰۰۴;۲۰(۱):۱-۶.

Effects of Various Mycotoxins on Human and Animal Health

Farimah Alidoust SaharKhiz Lahiji^{۱*}

^۱Yousef Ramazan

^{۱*}Department of Food Sciences, Faculty of Pharmaceutical
Sciences,

Department of Food Sciences, Faculty of Pharmaceutical
Sciences, Tehran Azad University of Medicine

Tehran Azad University of Medicine

^۲Alireza Faraji

Food Chemistry, Department of

School of Medicinal Chemistry,

Tehran Azad University of Medicine

Arezoo Berenjforoush Azar^{*}

Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

Mycotoxins are potentially hazardous secondary metabolites that negatively impact human health by causing organ damage, infections, allergies, and poisoning. The association between the consumption of mycotoxin-contaminated foods and various diseases, particularly liver, gastrointestinal disorders, and cancers, has been well established. Despite the identification of over ۳۰۰ mycotoxins, only a limited number—including aflatoxins, zearalenones, fumonisins, ochratoxins, and patulin—are consistently detected in food products, raising significant safety concerns in many countries. Mycotoxins are transmitted to humans through the consumption of meat from animals fed contaminated diets, as well as through contaminated spices used in meat processing. Current research efforts should focus on developing methods to effectively reduce mycotoxin levels in food while minimizing damage to the food itself.

Keywords : Mycotoxin, Aflatoxin, Patulin, Zearalenone, Ochratoxin, Fumonisin, Cancer, Disease, Toxicity.