بررسی میزان آلودگی فرآورده‌های لبنی به آفلاتوکسین M۱ در ایران و جهان و راهکارهای پیشگیرانه برای کاهش آن

محسن مختاریان[۱*]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۰۱/۰۶/۰۶

پذیرش مقاله: ۰۱/۰۸/۲۴

کلمات کلیدی:

آفلاتوکسین M_1

فرآورده‌های لبنی

مایکوتوکسین

آفلاتوکسین‌زدایی

کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC)

آزمایش بررسی ایمنی مرتبط با آنزیم (ELISA)

چکیده

سابقه و هدف: تأمین امنیت غذایی از فاکتورهای مهم در حفظ سلامت جامعه بوده و استفاده از مواد غذایی مغذی گام مهمی در حصول این هدف به شمار می‌آید. شیر و فرآورده‌های لبنی یکی از کامل‌ترین و طبیعی‌ترین مواد غذایی بوده که جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد. بنابراین تأمین سلامت و آگاهی یافتن از ایمنی این مادهٔ غذایی ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج: در این مطالعهٔ مروری، با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی"Elsevier"،"Springer"، "PubMed"،"Wiley"،"SID"با استفاده از کلیدواژه‌های"Milk"،"Aflatoxin"،"Dairy Products"، "Antiaflatoxigenic" میزان سم آفلاتوکسین در فرآورده‌های لبنی مختلف (محدودهٔ سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷) مورد بررسی قرار گرفت. در کل تعداد ۵۸ مقالهٔ پژوهشی مرتبط با خطر شیوع سم آفلاتوکسین M_1 در فرآورده‌های لبنی یافت شد. در پژوهش‌های صورت گرفته مشاهده شد که مهم‌ترین آفلاتوکسین شناسایی شده در فرآورده‌های لبنی، سم آفلاتوکسین M_1 (AFM۱) است.

نتیجه‌گیری: یکی از عواملی که سلامت فرآورده‌های لبنی را به مخاطره می‌اندازد، آلودگی آن به سم آفلاتوکسین M_1 بوده که نتیجهٔ تغذیهٔ دام شیرده با غذا و علوفه کپک‌زده است که منجر به تولید و ترشح سم مذکور در شیر دام می‌گردد. بنابراین در این مطالعه با بررسی میزان آلودگی فرآورده‌های لبنی مختلف (شیر خام، شیر پاستوریزه شده، شیر استریلیزه، شیر خشک صنعتی، کره، پنیر خامه‌ای، پنیر سفید، بستنی و ماست) به آفلاتوکسین M_1 می‌توان علل افزایش را به‌خوبی پایش نمود و راهکارهای پیشگیرانه (بیولوژیکی، شیمیایی، فیزیکی، جذب سطحی مخلوط کردن) برای کاهش آن ارائه داد.

استناد (ونکوور): مختاریان م. بررسی میزان آلودگی فرآورده‌های لبنی به آفلاتوکسین M ۱ در ایران و جهان و راهکارهای پیشگیرانه برای کاهش آن. مجله پژوهشنامه حلال. پاییز ۱۴۰۱؛۵(۳): ۳۷-۴۹.

مقدمه

فرآورده‌های لبنی

امروزه امنیت غذایی یکی از مهم‌ترین مسائل بشر تلقی می‌شود، به‌طوری‌که از مسائل بسیار تأثیرگذار در روابط سیاسی، اجتماعی و اقتصادی بین کشورها می‌باشد. شیر به‌عنوان کامل‌ترین مادهٔ غذایی طبیعت شناخته شده و به همین دلیل یکی از مواد غذایی مهم در رژیم غذایی افراد بخصوص کودکان به شمار می‌رود. در حال حاضر به‌منظور جلوگیری و یا کاهش خطر ابتلا به بیماری‌ها، در جهت ترغیب افراد برای استفاده منظم و کافی از شیر و مواد لبنی، تلاش‌هایی صورت می‌گیرد، بنابراین آگاهی یافتن از سلامت این مادهٔ غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد(۱). خاورمیانه خاستگاه محصولات لبنی تخمیری مختلفی می‌باشد. محققان بسیاری اهمیت مصرف فرآورده‌های لبنی تخمیری مانند ماست، دوغ، ماست چکیده، کفیر و غیره را برای سلامتی انسان تأیید نموده‌اند. تعدادی از مطالعات روی فرآیند تخمیر غذا، اهمیت این محصولات را با توجه به توانایی آن‌ها در غیرفعال کردن یا تجزیه ترکیبات غیرتغذیه‌ای و

* نویسنده مسئول: محسن مختاریان، آدرس پست الکترونیکی: mokhtarian.mo@gmail.com، شماره تماس: ۰۹۳۵۲۶۰۱۷۸۸

This paper is open access under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license

https://doi.org/10.30502/h.2022.357786.1112

سموم و از سویی بهبود قابلیت هضم مواد مغذی خاطر نشان نموده‌اند. در طول فرآیند تخمیر در شیر عموماً باکتری‌های اسید لاکتیک، لاکتوز را به اسید لاکتیک تبدیل کرده و در نتیجه کاهش pH و افزایش اسیدیته اتفاق می‌افتد و بنابراین میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نمی‌توانند در این محصولات تخمیری رشد نمایند. کیفیت شیر و در نتیجه سایر محصولات لبنی تحت تأثیر عوامل متعددی است که خوراک دام از مهم‌ترین آن‌ها است، از این‌رو استفاده از خوراک دام ناسالم سبب ایجاد اختلال در چرخهٔ سلامت دام، شیر و فرآورده‌های لبنی می‌گردد(۲).

مایکوتوکسین‌ها و آفلاتوکسین M_1 (AFM_1)

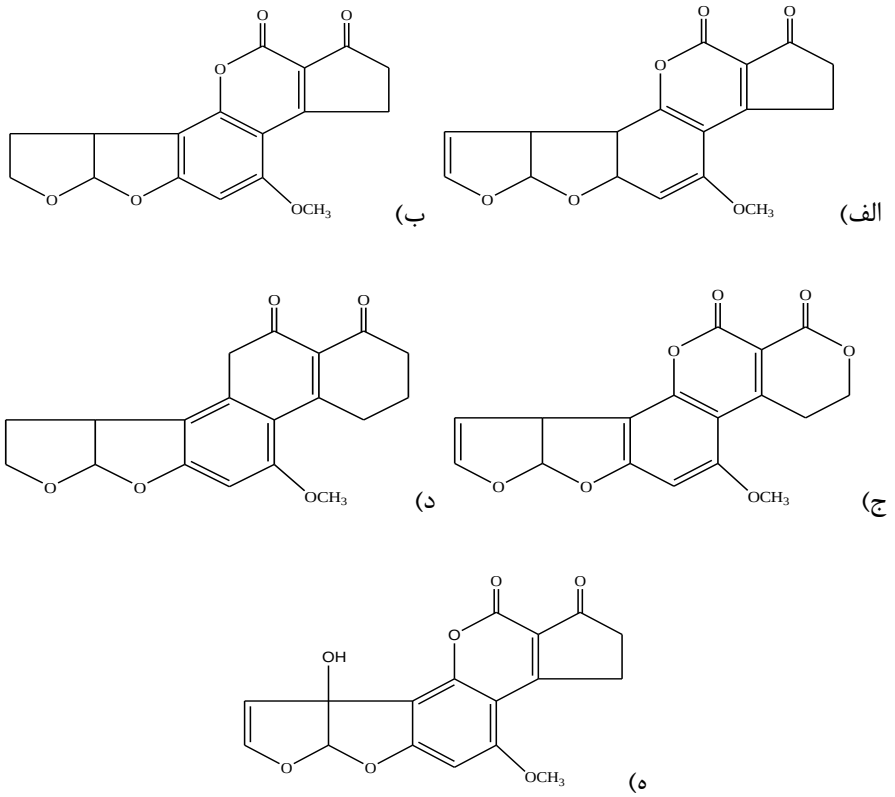
یکی از مشکلات عمده‌ای که شیر و سایر محصولات لبنی را تهدید می‌کند آلودگی با مایکوتوکسین‌ها است. مایکوتوکسین‌ها محصولات متابولیک تولید شده توسط قارچ‌ها بوده که قادر به ایجاد اثرات سمی حاد و مزمن بر حیوانات و انسان‌ها هستند. اثرات تراتوژنیک (ناقص الخلقه‌زایی) و موتاژنیک (جهش‌زایی) و استروژنیک و کارسینوژنیک (سرطان‌زایی) از عوارض مصرف طولانی مدت مایکوتوکسین‌ها است. مایکوتوکسین‌ها به علت مقاومت حرارتی نسبتاً خوبی که دارند، همواره به‌عنوان تهدیدی برای سلامتی انسان و حیوانات اهلی مطرح می‌باشند(۳-۴).

به‌طورکلی مایکوتوکسین‌ها آلاینده‌های طبیعی و متابولیت‌های ثانویه سمی حاصل از کپک‌ها بوده که عمدتاً توسط گونه‌های خاص نظیر *آسپرژیلوس*، *پنی‌سیلیوم*[1] و *فوزاریو م*[2] تحت شرایط مناسب دما و رطوبت تولید می‌شوند(۵). آفلاتوکسین‌ها اصلی‌ترین گروه از مایکوتوکسین‌ها بوده و عمدتاً شامل چهار دسته B_1، B_2، G_1 و G_2 می‌باشند. گونه‌های *آسپرژیلوس* نظیر *آسپرژیلوس فلاوو س*[3]، *آسپرژیلوس پارازیتیکو س*[4] و *آسپرژیلوس نومینوس*[5] انواع آفلاتوکسین-های B_1، B_2، G_1 و G_2 را تولید می‌کنند که در بین آن‌ها آفلاتوکسین B_1 (AFB_1) سمی‌ترین نوع بوده و بیش از دیگر انواع آفلاتوکسین در غذا و علوفه کپک‌زده یافت می‌شود(۴). این سم پس از ورود به بدن در کبد متابولیزه شده و متابولیتی به نام آفلاتوکسین M_1 (AFM_1) را به‌وجود می‌آوردکه در شیر و سایر محصولات لبنی دامی که غذای آلوده به AFB_1 را خورده باشد یافت می‌شود(۶). AFM_1 از تغییر در ساختمان شیمیایی آفلاتوکسین B_1، تنها به‌وسیله وارد کردن یک گروه (OH) هیدروکسیل روی کربن شماره ۴ مولکول آفلاتوکسین B_1 به‌وجود می‌آید(شکل ۱). میزان آلودگی شیر به AFM_1، معمولاً در حدی نیست که بتواند سبب بروز علائم مایکوتوکسیکوزیس به‌صورت واضح در انسان شود، اما همین مقدار می‌تواند در دراز مدت سبب ایجاد عوارض و بیماری‌هایی در انسان مثل تأثیر نامطلوب بر کبد، کولون، کلیه، ریه، آسیب مغزی، اختلال گوارشی و تضعیف سیستم ایمنی گردد(۶). اگرچه سمیت AFM_1 از پیش‌ساز آن کمتر است (اثرات سرطان‌زایی AFM_1 ده برابر کمتر از آفلاتوکسین AFB_1)، اما هر دو سرطان‌زا هستند و توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC[6])، AFB_1 و AFM_1 در گروه ۱ مواد کارسینوژن طبقه‌بندی شده‌اند(۷-۸). با توجه به خاصیت تجمعی این سموم در بدن این خطر وجود دارد که با بالا رفتن مصرف سرانه لبنیات بیماری‌های ناشی از این سموم هم افزایش یابد(۹). از آنجا که پاستوریزاسیون، استریلیزاسیون و فرآوری شیر تأثیر چندانی بر کاهش سمیت و بقای AFM_1 ندارد، مهم‌ترین راه جلوگیری از ورود AFM_1 به زنجیره غذایی انسان، پیشگیری از تولید آن در شیر دام از طریق کاهش تولید AFB_1 در جیره غذایی آن‌ها می‌باشد(۱۰).

چنانچه حیوان شیرده از خوراک دام آلوده به AFB_1 تغذیه کند، این سم ۱۲ تا ۲۴ ساعت بعد توسط آنزیم‌های موجود در کبد حیوان به AFM_1 تبدیل می‌شود و بعد از

[1] *Penicillium*
[2] *Fusarium*
[3] *Aspergillus flavus*
[4] *Aspergillus parasiticus*
[5] *Aspergillus nomius*
[6] The International Agency for Research on Cancer

چند روز به یک سطح بالایی خواهد رسید. این توکسین به کازئین شیر متصل شده و از این طریق در شیر دام قابل شناسایی است(۱۱). توکسین در شیر، بعد از ۷۲ ساعت به سطح غیرقابل تشخیصی کاهش می‌یابد(۱۱-۱۲). میزان ترشح AFM_1 در شیر از حیوانی به حیوان دیگر و از روزی به روز دیگر و از یک وعده شیردوشی به وعده شیردوشی دیگر بسیار متفاوت است حتی در مورد حیوانات یک گله هم این مسئله صادق است. ساختمان شیمیایی انواع آفلاتوکسین‌ها و مشتقات آن در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. ساختمان شیمیایی انواع آفلاتوکسین‌ها و مشتقات آن، الف) آفلاتوکسین B_1، ب) آفلاتوکسین B_2، ج) آفلاتوکسین G_1، د) آفلاتوکسین G_2 و ه) آفلاتوکسین M_1.

شرایط تولید آفلاتوکسین‌ها

در صورت وجود شرایط مناسب، تولید این سموم در مواد غذایی در مراحل مختلف تولید، فرآوری و نگهداری مواد غذایی امکان‌پذیر است. قارچ‌ها در شرایط رطوبت زیاد، گرما و وجود شرایط مناسب، آفلاتوکسین تولید می‌کنند. سنتز سم هنگامی‌که رطوبت بالای ۱۳ درصد و دما ۲۴ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد باشد، تشدید می‌گردد. به‌همین دلیل است که مناطق گرم و مرطوب بهترین محیط جهت تولید آفلاتوکسین‌ها هستند(۱۳).

عوامل مؤثر بر رشد قارچ‌های مولد آفلاتوکسین

عوامل بیولوژیکی

الف) نوع کپک و تعداد هاگ: *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* و *آسپرژیلوس نومیوس* به‌عنوان قارچ‌های مولد آفلاتوکسین شناخته شده‌اند در برخی موارد تولید آفلاتوکسین اشتباهاً به جنس‌های مختلف و گونه‌های دیگر نسبت داده شده است(۱۴). همچنین مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که تعداد هاگ در تولید آفلاتوکسین تأثیر داشته و سبب افزایش آن می‌گردد(۱۵).

ب) میکروارگانیسم‌های رقیب: معمولاً کپک‌های مولد سم به‌ندرت در طبیعت به‌صورت کشت خالص وجود دارند و همراه با سایر میکروارگانیسم‌ها می‌باشند که ممکن است منجر به رقابت بین قارچ مولد سم و سایر میکروارگانیسم‌ها شود در نتیجه منجر به محدود کردن رشد کپک شده و تولید

سم را تحریک می‌کنند. به‌عنوان مثال وقتی *آسپرژیلوس فلاووس* با گونه‌های *پنی‌سیلیوم* یک‌جا کشت داده شود، کمترین مقدار آفلاتوکسین به‌دست می‌آید(۱۵). نتیجه تأثیر ۱۳ گونه قارچی روی تولید آفلاتوکسین در ذرت نشان داده است که گونه‌های *آسپرژیلوس نایجر* و *تریکودرما*[7] ویریده تولید آفلاتوکسین را به نحو چشم‌گیری مهار می‌کند(۱۶). مثالی دیگر در این مورد عدم تولید آفلاتوکسین توسط *آسپرژیلوس فلاووس* در حضور *آسپرژیلوس کاندیدوس* و *آسپرژیلوس چوالیری* است(۱۷).

عوامل شیمیایی

الف) ترکیبات مواد غذایی (سوبسترا): به‌طور کلی می‌توان اثر سوبسترا را روی رشد و نمو قارچ و تولید توکسین به‌صورت زیر خلاصه نمود(۱۸):

•رشد و نمو قارچ و تولید توکسین ثابت نیست بلکه تابع نوع قارچ و نوع سوبسترا است.

- بسیاری از سوبستراها وجود دارند که قارچ روی آن‌ها به خوبی رشد و نمو می‌کند اما توکسین تولید نمی‌شود (نظیر چای، قهوه، ژلاتین و غیره)
- قارچهایی که می‌توانند دو نوع توکسین مختلف ایجاد نمایند، روی بسیاری از سوبستراها قادرند فقط یک نوع توکسین ایجاد کنند.
- قارچها روی فرآورده‌های دامی مقدار توکسین کمتری تولید می‌کنند درحالی‌که روی فرآورده‌های گیاهی مثل غلات و حبوبات به میزان قابل توجهی توکسین ایجاد می‌کنند.

ب) ترکیبات ضدقارچ: به‌طور کلی ترکیبات خاصی که رشد و نمو قارچها را کنترل می‌کنند در تولید آفلاتوکسین تأثیر دارند. برخی از اسیدهای چرب با زنجیر کوتاه رشد و نمو قارچها را مهار می‌کنند. اسید پروپیونیک ترکیب ضدقارچ مناسبی علیه *آسپرژیلوس فلاووس* می‌باشد. افزایش pH و برخی ترکیبات غذایی دام فعالیت اسید پیرویک را افزایش می‌دهد. از این ترکیب جهت نگهداری ذرت با رطوبت بالا استفاده می‌شود بدون اینکه ارزش غذایی آن کاسته شود(۱۹).

عوامل محیطی داخلی و خارجی

الف) فعالیت آب (aw): فعالیت آب مهم‌ترین عامل در فساد مواد غذایی است و عبارت است از رطوبت نسبی معادل که به صورت درصد بیان می‌شود. گونه‌های *آسپرژیلوس* در دامنه وسیعی از فعالیت آب می‌توانند رشد کنند. آن‌ها حتی در فعالیت آب معادل ۰/۶۵ رشد می‌کنند، درصورتی‌که اکثر قارچها در فعالیت آب ۰/۷ به پایین قادر به رشد نیستند. با افزایش فعالیت آب، *آسپرژیلوس فلاووس* رشد بیشتری پیدا می‌کند که نیاز به بالاترین فعالیت آب دارد پس برای اطمینان از انبارداری باید فعالیت آب را زیر ۰/۶۵ تنظیم نمود(۱۵).

ب) pH: *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* در دامنهٔ وسیعی از pH قادر به رشد و نمو می‌باشند. این دو کپک در دامنهٔ ۱/۷۹ تا ۹/۳۴ قادر به رشد و نمو بوده و رشد مناسب آن‌ها در pH معادل ۳/۴۲ تا ۵/۴۷ است (۱۵).

ج) فشار اسمزی: قارچها در محیط کشت با فشار اسمزی بالا (کلرور سدیم یا قند) رفتار متفاوتی دارند. برای مثال کپک *آسپرژیلوس گلاکوس*[8] در محیط کشت با فشار اسمزی بالا رشد نمی‌کند مگر اینکه محیط دارای ۲۰ تا ۴۰ درصد ساکارز یا معادل مولی آن کلرور سدیم باشد. کپک *آسپرژیلوس هالوفیلیکوس*[9] برای اینکه رشد مناسبی داشته باشد لازم است در غلظت‌های بالایی از فشار اسمزی کشت داده شود (مثلاً غلظت ۷۰ درصد ساکارز یا ۲۰ درصد کلرور سدیم با رطوبت نسبی ۷۳ درصد و درجه حرارت ۲۵ سلسیوس). با توجه به غلظت قند موجود در محیط کشت خصوصیات مورفولوژیکی قارچها متفاوت است و لازم است با توجه به محیط کشت، میکروفلورهای اسموفیلیک ارزیابی و انتخاب شوند. در واقع فشار اسمزی قابل تحمل برای رشد و

[7] *Thrichoderma*
[8] *A. Glaucus*
[9] *A. Halophilicus*

نمو قارچ‌های توکسین‌زا برابر با ۵۰ درصد غلظت ساکارز همراه با فشار اسمزی مؤثر ترکیبات محیط کشت است. بنابراین مرباها و ترکیبات غذایی که غلظت مواد قندی آن‌ها حدود ۶۰ درصد به بالا است از نظر توکسین‌زایی مواد غذایی مطمئن می‌باشند. نمک طعام در غلظت‌های کم (۱ تا ۱/۵ درصد) روی رشد و نمو قارچ و تولید توکسین اثر تشدیدکننده دارد. از طرف دیگر اثر غلظت نمک طعام روی رشد و نمو قارچ و تولید توکسین تابع درجهٔ حرارت و رطوبت محیط است. آزمایشات تجربی نشان می‌دهد که در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد اثر بازدارندگی نمک در غلظت ۱۴ درصد است. فعالیت آب نیز در رابطه با اثر غلظت نمک روی رشد و نمو قارچ و تولید توکسین بسیار مؤثر است. در شرایطی که رطوبت محیط در حداقل فعالیت آب قرار داشته باشد، غلظت ۱/۵ درصد نمک طعام هم اثر بازدارندگی از خود نشان می‌دهد(۲۰).

د) دما: درجهٔ حرارت نقش مهمی در رشد میسلیوم قارچ‌ها، تشکیل جوانه و رشد و تشکیل اسپورها دارد. اکثر کپک‌ها در درجه حرارت بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کنند و درجهٔ حرارت بهینه رشد آن‌ها ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. بعضی از این کپک‌ها قادر به رشد در این شرایط نیستند، اما اسپور آن‌ها می‌تواند فعال باقی بماند. بنابراین قابلیت رشد کپک‌ها در چنین شرایطی یکی از مهم‌ترین عوامل آلوده‌کنندهٔ فرآورده‌های کشاورزی و محصولات غذایی است. برخی گزارش‌ها دمای رشد مطلوب و تولید حداکثر سم توسط *آسپرژیلوس فلاووس* را به ترتیب ۲۴ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد بیان نموده‌اند و در گزارش دیگر این ارقام به ترتیب ۲۹ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد مطلوب برای رشد و ۲۴ درجه سانتی‌گراد مطلوب برای تولید حداکثر سم بیان شده است(۱۵). اغلب مطالعات نشان می‌دهد که *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* در دمای درجه سانتی‌گراد قادر به رشد و نمو و تولید آفلاتوکسین نمی‌باشد(۲۱).

ه) ترکیب گازی اتمسفر: اکسیژن امکان تنفس را برای قارچ‌ها فراهم می‌آورد و مهم‌ترین فاکتور رشد است، زیرا اکثر کپک‌ها هوازی هستند. کپک *موکور* و *تریکودرما* برای رشد نیاز به غلظت بالای اکسیژن دارند. بنابراین در سطح سوبسترا یا مادهٔ غذایی رشد می‌کنند. درحالی‌که کپک *استاکیبوتریس*[10] و *پریکونیا*[11] به غلظت پایین‌تری از اکسیژن نیاز دارند و بنابراین در بخش‌های عمقی‌تر سوبسترا رشد می‌کنند. رشد و اسپورزایی با توجه به ترکیبات هوا یا اتمسفر در جنس‌های *آسپرژیلوس* و *پنی‌سیلیوم* متفاوت است. میزان دی‌اکسید کربن موجود در اتمسفر فاکتور دیگری است که تأثیر ویژه‌ای روی رشد و ظاهر قارچ‌ها دارد. *آسپرژیلوس نیگار* در غلظت پایین دی‌اکسید کربن اسپورهایش جوانه می‌زنند و در مورد *آسپرژیلوس فلاووس* در غلظت بالای دی‌اکسید کربن رشد آن متوقف می‌شود. وجود اکسیژن برای رشد قارچ و ایجاد اسپور ضرورت کامل دارد ولی دی‌اکسید کربن از تولید توکسین جلوگیری می‌کند. قارچ‌ها می‌توانند مقادیر زیاد دی‌اکسید کربن را تحمل نمایند، به‌طوری که اگر غلظت دی‌اکسید کربن از ۳ درصد به ۲۰ درصد افزایش یابد، کاهش قابل ملاحظه‌ای در رشد قارچ و تولید اسپور ایجاد نمی‌شود. ولی در غلظت ۷۵ درصد دی‌اکسید کربن، از تولید مایکوتوکسین‌ها کاسته می‌شود. در تراکم ۱۰۰ درصد دی‌اکسید کربن، هم رشد قارچ و هم تولید مایکوتوکسین متوقف می‌شود(۲۲).

اثرات آفلاتوکسین‌ها

اثرات بیولوژیکی

اثرات بیولوژیکی آفلاتوکسین‌ها موضوع کتب و مقالات متعددی است و به‌طور کلی نقش‌های متفاوتی شامل سمیت حاد و مزمن، اثرات سمی روی سلول‌ها، سمیت عصبی، فعالیت سرکوب ایمنی، ناقص الخلقه‌زایی، جهش‌زایی، سرطان‌زایی، اثرات حشره‌کشی، خواص ضدمیکروبی و اثرات فیتوتوکسیک را به این دسته از ترکیبات نسبت می‌دهند(۲۳).

[10] Stachybotrys

[11] Periconia

آفلاتوکسین‌های B_1، G_1 و M_1 مانع از رسیدن اکسیژن از طریق سیستم زنجیره انتقال الکترون به بافت‌های بدن می‌شوند این سموم فعالیت آنزیم آدنوزین تری فسفاتاز را مهار نموده و منجر به کاهش میزان تولید آدنوزین تری فسفات (ATP) می‌شوند(۱۹).

اثرات سمی

شدت اثرات آفلاتوکسین به‌میزان سم، نوع سم (گونه قارچی)، ساختمان شیمیایی آن‌ها، تعداد دفعات در معرض بودن، سن، جنس، وزن و وضع سلامتی انسان یا حیوانی که غذای آلوده به آفلاتوکسین مصرف کرده، وابسته است(۲۴). در میان چهار نوع آفلاتوکسین، نوع B_1 بیشترین سمیت را دارد و انواع G_2، B_2 و G_1 به‌ترتیب به دنبال آن قرار دارد. آفلاتوکسین‌های M_1 و M_2 نیز به‌علت حضور یک پیوند دوگانه ساختمانی از نوع ۲،۳-وینیل اتر، نسبتاً سمی می‌باشد. آفلاتوکسین B_1 اثرات سمی خود را بیشتر روی سلول‌های کبدی اعمال می‌کند و در حال حاضر به‌عنوان الگوی بسیار مناسب برای مطالعه سمیت کبدی مطرح است(۲۳). اگرچه افراد در سنین پائین حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهند اما همه سنین به درجات متفاوت تحت تأثیر عوارض این سم قرار می‌گیرند(۱۱).

از نظر جنسیت، جنس نر نسبت به جنس ماده حساس‌تر است(۲۵). آفلاتوکسین‌ها منجر به مسمومیت حاد یا مزمن شده و دارای اثرات کارسینوژنیک، موتاژنیک، تراتوژنیک، ممانعت از کدبرداری ریبونوکلئیک اسید و سنتز پروتئین‌ها هستند(۶). سمیت حاد زمانی رخ می‌دهد که مقدار زیادی آفلاتوکسین در مدت زمان کوتاهی مصرف شود. مواجهه با مقادیر کم در دراز مدت و به‌صورت مزمن، سبب عوارض سمیت مزمن و بیماری‌هایی در انسان می‌شود. بیماری‌های ناشی از سمیت حاد و مزمن آفلاتوکسین‌ها شامل سرطان کبد، هپاتیت حاد و مزمن، سیروز کبدی، بزرگ شدن کبد، کوارشیورکور، در بچه‌ها سندرم ریه، توقف یا کندی در رشد بچه‌ها، تداخل در متابولیسم عصبی، سرطان ریه، آسیب کلیوی، اختلال در ساخت پروتئین و متابولیسم چربی، التهاب مزمن معده و نقص در عملکرد سیستم ایمنی و برخی بیماری‌های دیگر می‌باشند(۱۱-۱۲،۲۶).

اصلی‌ترین اثرات مزمن آفلاتوکسین‌ها سرطان کبد است. افرادی که به‌طور مزمن ناقل ویروس هپاتیت B و C هستند و در مواجهه با آفلاتوکسین هم قرار دارند، خطر ابتلا به سرطان در آن‌ها تا حدود زیادی افزایش می‌یابد(۲۴).

حذف آفلاتوکسین

سمیت‌زدایی آفلاتوکسین B_1 در کبد با ۲ مکانیسم هیدرولاز اپوکسید و گلوتاتیون S-ترانسفراز انجام می‌شود. در صورت وجود فرم اپوکساید، کبد با استفاده از ذخیره گلوتاتیون و تحت تأثیر آنزیم‌های گلوتاتیون S-ترانسفراز این متابولیت سمی به فرم غیرفعال تبدیل می‌شود. پس میزان ذخیره گلوتاتیون کبدی و فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون S-ترانسفراز فاکتور مهمی در اختلاف حساسیت گونه‌های مختلف نسبت به آفلاتوکسین است. در صورت مصرف دوز بالای آفلاتوکسین، مکانیسم‌های سم‌زدایی کبد کافی نخواهد بود و متابولیت‌های فعال تشکیل شده، با اتصال به ماکرومولکول‌ها (درشت مولکول‌ها) نظیر ریبونوکلئیک اسید (RNA) و دزوکسی نوکلئیک اسید (DNA) و پروتئین باعث تغییر ساختمان این مولکول‌های حیاتی می‌شود(۲۷). آفلاتوکسین پس از این که در کبد به مشتقات هیدروکسیله تبدیل شد، از طریق مدفوع، ادرار و شیر دفع می‌شود(۲۸).

روش‌های کاهش سم آفلاتوکسین M_1 در فرآورده‌های لبنی

همانطور که اشاره شد، وجود AFM_1 در شیر و فرآورده‌های لبنی ناشی از وجود آفلاتوکسین B_1 در خوراک حیوانات شیرده و سپس متابولیزه شدن آن در کبد است. پس اولین راهکار برای کاهش میزان AFM_1 دریافتی توسط انسان، رعایت روش‌های صحیح انبارداری و نگهداری مواد غذایی، خشک کردن سریع و مناسب محصول، حمل‌ونقل مناسب و استفاده از آفت‌کش‌ها به‌منظور جلوگیری از رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین است(۲۹). در ادامه روش‌های کاهش میزان آفلاتوکسین در فرآورده‌های لبنی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

روش‌های بیولوژیکی

برخی از محققان در این زمینه معتقدند که بهترین راه حل برای حذف آلودگی، سمیت‌زدایی یا تجزیه آن‌ها توسط موجودات زنده است که امکان حذف مایکوتوکسین‌ها را تحت شرایط ملایم، بدون استفاده از مواد شیمیایی مضر ضدعفونی‌کننده و از دست رفتن ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی و خوراک دام، آلودگی‌زدایی شده فراهم می‌آورد. امروزه از باکتری‌های پروبیوتیک مثل اسید لاکتیک گونه *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* به‌منظور کاهش AFM۱ استفاده می‌شود(۳۰).

روش‌های شیمیایی

تیمارهای شیمیایی به تجهیزات پُر هزینه‌ای نیاز دارند و ممکن است منجر به کاهش کیفیت تغذیه‌ای محصول تیمار دیده شود. ولی اثرات نامطبوعی که این تیمارها روی سلامتی دارند به‌طور کامل بررسی نشده است(۱۹). تعداد زیادی از ترکیبات شیمیایی می‌توانند با آفلاتوکسین‌ها واکنش داده و آن‌ها را به ترکیباتی با سمیت کمتر تبدیل کنند. مواد شیمیایی متعددی سبب کاهش، تخریب یا غیرفعال شدن مایکوتوکسین‌ها می‌شود. روش‌هایی که به‌منظور غیرفعال کردن آفلاتوکسین B_1 مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل مجاورت با اسید، باز، فرم‌آلدهید، استفاده از مواد اکسیدکننده مثل پراکسید هیدروژن یا آب اکسیژنه (H_2O_2) و موادی مانند گاز آمونیاک، آب آهک، مونومتیل آمین و استفاده از حلال‌ها برای استخراج و جداسازی آفلاتوکسین B_1 است(۳۱). در روش‌های جدید از سیستم لاکتوپراکسیداز همراه ریبوفلاوین جهت کاهش AFM_1 شیر قبل از پاستوریزاسیون استفاده می‌شود (۱-۸).

روش‌های فیزیکی

حذف مایکوتوکسین‌ها توسط ترکیبات شیمیایی در برخی نواحی قابل قبول و مجاز نمی‌باشد. باید عنوان کرد که تیمار شیمیایی در اتحادیه اروپا برای محصولات کشاورزی که برای مصرف انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند مجاز نیست، در نتیجه روش‌های فیزیکی را باید به‌کار گرفت(۲۶).

روش‌های فیزیکی برای انهدام آفلاتوکسین شامل حرارت دادن، استفاده از مایکروویو، اشعه گاما، اشعه ایکس و اشعه UV، تمیز کردن و تفکیک، آسیاب کردن مرطوب و خشک و جذب با مواد جاذب مثل آلومینوسیلیکات‌ها، تیمار فراصوت، هوادهی، سرد کردن و کنترل رطوبت است(۱۷-۱۹).

روش جذب سطحی

جهت حذف و یا کاهش قابل ملاحظه در میزان آفلاتوکسین روش‌های جدیدی مورد مطالعه قرارگرفته است که در این روش‌ها مواد جاذب غیرآلی که به جاذب‌های شیمیایی معروف هستند به خوراک دام اضافه می‌شود(۳۲). محققین نشان داده‌اند که مواد جاذب متفاوتی از دسته سیلیکاس‌ها، آلومینوسیلیکات و آلومیناس ترکیباتی قوی برای اتصال با آفلاتوکسین‌ها در محیط مایع می‌باشند، که نتیجه این اتصال جذب سم از محیط است(۳۲-۳۳).

علاوه بر خاک‌های جاذب از جمله بنتونیت، ورمیکولیت، و سدیم کلسیم آلومینوسیلیکات هیدراته (HSCAs)، کربن فعال نیز به‌عنوان یک ترکیب جاذب با تمایل زیاد جهت جذب انواع سموم در محیط‌های محلول شناخته شده است(۳۳).

گروهی از محققین معتقدند که استفاده از بنتونیت (از جمله مواد جاذب از خاک‌های فیلوسیلیکاتی) در سطح ۰/۵درصد قبل از عمل‌آوری و یا بسته‌بندی شیر می‌تواند میزان سم را از حدود غیر مجاز به‌میزان مطمئن کاهش دهد. همچنین استفاده از این مواد در شیر تازه تأثیر نامطلوبی بر سلامت مصرف‌کنندگان ندارد ولی باید مقادیر مورد استفاده از این مواد با توجه به باقی‌مانده آن در شیر به‌طور مرتب کنترل گردد(۱۶).

روش مخلوط کردن

در روش دیگر که مخلوط کردن نام دارد، خوراک دامی را که دارای میزان بیشتر آفلاتوکسین B_1 است با خوراک دامی که دارای مقدار کمتری از این ماده است با یکدیگر مخلوط می‌کنند تا در نهایت میزان آفلاتوکسین B_1 در

خوراک به حدی برسد که مقدار AFM_1 حاصل از آن در شیر دام‌ها از میزانی که به نظر بی‌خطر می‌رسد، تجاوز نکند(۳۴).

مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته در زمینهٔ شناسایی سم AFM_1 در فرآورده‌های لبنی

در این مطالعهٔ مروری میزان سم آفلاتوکسین M_1 در فرآورده‌های لبنی (شامل شیر خام، شیر پاستوریزه شده، شیر استریلیزه، شیر خشک صنعتی، پنیر سفید، کره، بستنی، پنیر خامه‌ای و ماست) مورد پایش قرار گرفت. بدین منظور در مقالات پیشین، میزان سم آفلاتوکسین M_1 در فرآورده‌های لبنی یاد شده بررسی و مقادیر آن‌ها در جدول(۱) ثبت شد. سپس مقادیر بدست آمده با بیشینه رواداری آفلاتوکسین M_1 طبق استاندارد ملی ایران مورد مقایسه قرار گرفت. مطابق نتایج بدست آمده می‌توان چنین برداشت نمود که میزان آفلاتوکسین M_1 ثبت شده در مورد شیر خام نسبت به شیرهای پاستوریزه و استریلیزه بیشتر است. احتمالاً این حالت نشان‌دهندهٔ کاهش میزان سم آفلاتوکسین M_1 با افزایش دما است (که البته لازم به ذکر است که بعد از فرآیندهای مذکور، حذف کامل سم اتفاق نمی‌افتد). در مورد شیر خشک صنعتی، میزان آفلاتوکسین M_1 ثبت شده در مقایسه با استاندارد ملی، اختلاف چشمگیری مشاهده می‌شود که این حالت به‌دلیل دمای بالا طی فرآیند خشک کردن پاششی است. نتایج بدست آمده در مورد سایر فرآورده‌های لبنی نیز در جدول به روشنی مشاهده می‌گردد.

نگاه آینده

تغذیه دام‌ها با استفاده از نان‌های کپک‌زده یکی از مهم‌ترین عوامل ورود سم آفلاتوکسین به بدن دام بوده که در نهایت با مصرف شیر و فرآورده‌های دام این سم خطرناک و سرطان‌زا وارد بدن انسان می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود فرهنگ‌سازی و آموزش‌های لازم در این زمینه صورت گیرد تا در آینده‌ای نه چندان دور شاهد بهبود تغذیه دام به ویژه در دامداری‌های سنتی باشیم.

جدول ۱. بررسی میزان شیوع سم آفلاتوکسین M_1 در فرآورده‌های لبنی طبق پژوهش‌های صورت گرفته در ایران و جهان

نوع فرآوردهٔ لبنی	مقدار آفلاتوکسین M۱ گزارش شده در پژوهش (ppb)	بیشینه رواداری آفلاتوکسین M۱ طبق استاندارد ملی ایران (ppb)	سال انتشار پژوهش	منبع
شیر خام	۰/۰۰۲ تا ۰/۰۸	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۳۵)
	۰/۰۲۷۱۹ تا ۰/۰۳۷۱۴۸	۰/۰۵	۲۰۱۳	(۲۲)
	۰/۰۰۲۵	۰/۰۵	۲۰۱۵	(۳۶)
	۰/۰۱۲۶۵	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۳۷)
	۰/۰۲۲۷۲۴ تا ۰/۱۰۲۹۸	۰/۰۵	۲۰۱۵	(۳۸)
شیر پاستوریزه	۰ تا ۰/۰۰۴۶۳	۰/۰۵	۲۰۱۱	(۳۹)
	۰ تا ۰/۰۰۴۶۳	۰/۰۵	۲۰۱۱	(۳۹)
	۰/۰۰۸۵ تا ۰/۰۰۵۵۲۸	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۴۰)
	۰/۰۷۳۸	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۳۱)
	۰/۰۱۱ تا ۰/۰۹۴	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۴۱)
	۰/۰۴۳۳	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۴۱)
	۰/۰۱۲۴۳	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۳۷)
	۰/۰۷۴۳۱	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۴۲)
	۰/۰۹۷۵۵ تا ۰/۲۲۱	۰/۰۵	۲۰۱۱	(۴۳)

شیر استریلیزه	۰/۰۰۶۵ تا ۰/۰۰۹۵۱۵	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۴۰)
	۰/۰۰۶۵ تا ۰/۰۰۹۵۱۵	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۳۱)
	۰/۰۷۴۳	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۴۰)
	۰/۰۲۱ تا ۰/۵۱۵۵	۰/۰۵	۲۰۱۰	(۴۴)
شیر خشک	۰/۰۰۳۱۵ تا ۰/۰۰۸۱۱	۰/۵	۲۰۱۰	(۲۴)
صنعتی	۰/۰۵	۰/۵	۲۰۱۶	(۴۵)
پنیر سفید	۰/۲۵	۰/۲	۲۰۱۵	(۲۸)
	۰/۱۱۴۸۸	۰/۲	۲۰۱۵	(۴۶)
	۰/۲۹۷	۰/۲	۲۰۱۰	(۴۰)
	۰/۵۳۳۹	۰/۲	۲۰۱۳	(۴۷)
	۰/۱۳۳۲	۰/۲	۲۰۱۲	(۴۸)
	۰/۱۶۲۷	۰/۲	۲۰۱۳	(۴۹)
کره	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۲۰۱۰	(۴۰)
پنیر خامه‌ای	۰/۲۳۰۱	۰/۰۲	۲۰۱۱	(۵۰)
	۰/۰۲۱۹۶	۰/۰۲	۲۰۱۱	(۵۰)
بستنی	۰/۰۴۱	۰/۰۵	۲۰۱۱	(۵۱)
	۰/۰۳۳۹۸	۰/۰۵	۲۰۱۲	(۵۲)
	۰/۰۶۵۱	۰/۰۵	۲۰۱۲	(۴۸)
ماست	۰/۰۱۵ تا ۰/۱۱۹	۰/۰۵	۲۰۱۱	(۵۱)
	۰/۰۳۳۶۷	۰/۰۵	۲۰۱۲	(۵۳)
	۰/۰۳۱ تا ۰/۱۱۳	۰/۰۵	۲۰۱۷	(۵۴)

نتیجه‌گیری

این مقاله مروری به‌منظور بررسی آلودگی فرآورده‌های لبنی به سم آفلاتوکسین، در ایران و جهان صورت گرفته است. همانطور که گفته شد مایکوتوکسین‌ها جزء متابولیت‌های ثانویهٔ تولید شده توسط گونه‌های قارچی نظیر *آسپرژیلوس فلاووس*، *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* و *آسپرژیلوس نومیوس* بوده که قادر به ایجاد اثرات سمی حاد در حیوانات و انسان‌ها هستند و اصلی‌ترین گروه این مایکوتوکسین‌ها، آفلاتوکسین‌ها بوده که قادر به رشد در فرآورده‌های لبنی هستند. این سموم بسیار سمی و سرطان‌زا بوده و همچنین به‌عنوان عامل هپاتیت کبدی و سرطان مجاری صفراوی خارج کبدی شناخته شده‌اند. آفلاتوکسین B_1 فراوان‌ترین و سمی‌ترین آفلاتوکسین موجود در طبیعت است که در صورت حضور در آذوقه دام و سپس متابولیزه شدن در کبد به شکل آفلاتوکسین M_1 (AFM_1) در شیر ظاهر می‌شود. همان‌طور که از پژوهش‌های صورت گرفته توسط محققین مشاهده شد، میزان آفلاتوکسین M_1 در شیر حاصل از گاوداری‌های ایران، بالاتر از بیشینه رواداری تعیین شده توسط ادارهٔ استاندارد ملی بوده و به نظر می‌رسد که مؤثرترین روش کاهش این نوع آفلاتوکسین در شیر (AFM_1)، ایجاد اقدامات پیشگیرانه و شناسایی مخاطرات در خوراک دام است. بنابراین می‌توان با کنترل و پایش رطوبت

و دمای محیط نگهداری خوراک دام، از تولید آفلاتوکسین جلوگیری نمود.

تضاد منافع

نتایج حاصل از این مطالعه با منافع نویسندگان و محققان در تعارض نیست.

References

1. Karim G. Milk and its products. Jahad Daneshgahi publication. Tehran; 1995. [In Presian]
2. Iha MH. Barbosa CB. Okada IA. Trucksess MW. Aflatoxin M1 in milk and distribution and stability of aflatoxin M1 during production and storage of yoghurt and cheese. Food Control. 2013; 29: 1-6.
3. Parker C. Development of an affinity sensor for the detection of Aflatoxin M1 in milk. Ph.D. Thesis. Cranfield University. PP: 2-17. URL: http://hdl.handle.net/1826/2854, 2008.
4. Prandini A. Tansini G. Sigolo S. Filippi L. Laporta M. Piva G. On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. Food Chem. Toxicol. 2009; 47(5): 984-991.
5. Frisvad JC. Skouboe P. Samson R. Taxonomic comparison of three different groups of aflatoxin producers and a new efficient producer of aflatoxin B1, sterigmatocystin and 3-Omethylsterigmatocystin, Aspergillusrambellii sp. Systematic Applied Microbiology. 2005; 28(5): 442-53.
6. López C. Ramos L. Ramadán S. Bulacio L. Perez J. Distribution of aflatoxin M1 in cheese obtained from milk artificially contaminated. Int. J food Microbiology. 2001; 64(1-2): 211-215.
7. Williams JH, Phillips TD, Jolly PE, Stiles JK, Jolly CM, Aggarwal D. Human aflatoxicosis in developing countries, A review of toxicology, exposure, potential health consequences, and intervention. American J of Clin Nut. 2004; 80(5): 1106-1122.
8. Kamkar A. Study of aflatoxin contamination of factory white cheeses supplied to Tehran market using thin layer chromatography method. Food Sci. Technol. 2005; 1(4): 71-78.
9. Tavakoli HR, Riazipour M, Ráfáti Shaldehi H, Shahriari M, Naghavi S, Rahmati Najarkolaei F. AFM1 Contamination in used yogurt in one of universities of medical sciences in Tehran by ELISA. Quarterly Horizon Medical Sci. 2013; 18(5): 261-268.
10. Nemati M, Mesgari Abbasi M, Parsa Khankandi H, Ansarin M. A survey on the occurrence of aflatoxin M1 in milk samples in Ardabil, Iran. Food Control. 2010; 21(7): 1022-1024.DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.021
11. Baniani H. Measurement of M1 aflatoxin in breast milk. Ph.D. Thesis in Pharmacy, Tehran Medical University, 2009. [In Presian]
12. Pournormohammad SH, Ansari M, Nezakati AL, Kazempour M, Hosseini M, Determination of M1 aflatoxin in pasteurized milk consumed in Kerman province. Journal of Kerman University of Medical Sciences. 2009; 16(3): 271-280. [In Presian]
13. Van Egmond HP. Mycotoxins, Regulations, quality assurance and reference materials. Foods Additives Contaminants. 1995; 12(3): 321-330. DOI: 10.1080/02652039509374309
14. Alameh A. Razaghi Abyaneh M. Mycotoxins. Emamhossein University. 2001. [In Presian]
15. Kamkar A. Studying the effect of different parameters on M1 aflatoxin in milk. Ph.D. Thesis in Veterinary, Tehran University; 1999. [In Presian]
16. Razaviler V. Pathogenic microbes in food. Tehran University; 1999. [In presian]
17. Boller R, Schroeder H. Influence of Aspergillus Condidus on production of aflatoxin in rice by Aspergillus parasiticus. Phytopathology. 1974; 63: 1507-1510.
18. Horfar A. Determining the amount of aflatoxin (up to the permissible limit) in consumed bread and investigating its growth factors and providing effective solutions. Cereal Research Center. 2010. [In Presian]
19. Dixon R, Hamilton P. Effect of feed ingredients on the antifungal activity of propionate. Poultry Sci. 1981; 60(11): 2407- 2411.
20. Binder E. Managing the risk of mycotoxins in modern feed production. Animal Feed Sci Technol. 2007; 133(1-2): 149-166. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.08.008
21. Mitchell E. Survey of aflatoxin M1 in milk powder. Food Safety-Northern Ireland Surveillance Bulletin. 1996; 6: 6.
22. Movasegh M, Adinehvand S. Studying the amount of aflatoxin M1 in raw milk of milk

collection centers in Tabriz city. Food Hygiene. 2013; 3(2): 10.

23. Saha S, Borji M. Reduction of M1 aflatoxin in milk by using some chemical absorbent compounds and studying their effect on milk composition. Animal Sci. J. 2007; 74: 19-26.
24. Meucci V, Razzuoli E, Soldani G, Massart F. Mycotoxin detection in Infant formula milks in Italy. Food Additives Contaminants. 2010; 27(1): 64-71. DOI: https://doi.org/10.1080/02652030903207201
25. Decker WJ. Activated charcoal adsorbs aflatoxin B. Veterinary Human Toxicol. 1980; 22: 388-389.
26. Mohammadi H. A Review of Aflatoxin M1 Milk, and Milk Products. Aflatoxins. Biochemistry and Molecular Biology. Chapter 19, P: 397-414, 2011.
27. Kamkar A, Karim G, Shojaee Aliabadi F, Khaksar R. Fate of Aflatoxin M1 in Iranian white cheese processing. Food Chem. Toxicol. 2008; 46(6): 2236-2238. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.02.028
28. Mao J, Lei S, Liu Y, Xiao D, Fu C, Zhong L, Ouyang H. Quantification of aflatoxin M1 in raw milk by a core-shell column on a conventional HPLC with large volume injection and step gradient elution. Food Control. 2015; 51: 156-162. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.11.022
29. Prandini A. Tansini G. Sigolo S. Filippi L. Laporta M. Piva G. On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. Food Chem. Toxicol. 2009; 47(5): 984-991. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.10.005
30. National Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Milk and its products-measurement of M1 aflatoxin in cheese by high-performance liquid chromatography and purification with immunoaffinity column-test method. (No. 18545). 2011.
31. Fallah AA. Aflatoxin M1 contamination in dairy products marketed in Iran during winter and summer. Food Control. 2010, 21(11): 1478-1481. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.04.017
32. Pietri A, Piva G. Aflatoxins in foods. Italian J Public Health. 2007; 4(1): 32-38. DOI: https://doi.org/10.2427/5899
33. Deshpande SS. Handbook of food toxicology. Boca Raton: CRC Press. 2002: pp: 390-411. DOI: https://doi.org/10.1201/9780203908969
34. Kamkar A. Detection of Aflatoxin M1 in UHT milk samples by ELISA. J. Vet. Res. 2008; 63(2): 7-12. [In Persian]
35. Lee JE, Kwak BM, Ahn JK, Jeon TH. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk in South Korea using an immunoaffinity column and liquid chromatography. Food Control. 2009; 20: 136-138. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2010.00243.x
36. Chavarrí G, Granados-Chinchilla F, Alfaro-Cascante M, Molina A, Detection of aflatoxin M1 in milk, cheese and sour cream samples from Costa Rica using enzyme assisted extraction and HPLC. Food Additives Contaminants: Part B. 2015; 8(2): 128-135.
37. Mohamadian H, Alizadeh M. A Study of the Occurrence of Aflatoxin M1 in Dairy Products Marketed in Urmia, Iran. J Agric. Sci. Technol. 2010; 12 (Supplementary Issue): 579-583. DOI: http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2010.12.5.2.6
38. Najafian M. Najafian B. Investigating the amount of aflatoxin M1 in milk samples from Gilan dairy factories by ELISA method. J Microbial World. 2015; 8(3): 248-253. [In Persian]
39. Riazipour M, et al. Measurement of M1 aflatoxin in pasteurized milk. Kowsar Medical J. 2011; 15(2): 89-93.
40. Fallah AA. Assessment of aflatoxin M1 contamination in pasteurized and UHT milk marketed in central part of Iran. Food Chem. Toxicol. 2010; 48(3): 988-991. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.01.014
41. Rahimi E, Shakerian A, Jafariyan M, Ebrahimi M, Riahi M. Occurrence of aflatoxin M1 in raw, pasteurized and UHT milk commercialized in Esfahan and Shahr-e Kord, Iran. Food Security. 2010; 1(3): 317-20.
42. Mohamadi Sani A. Nikpooyan H. Moshiri R. Aflatoxin M Contamination and antibiotic residue in milk in Khorasan province, Iran. Food Chem. Toxicol. 2010; 48(8): 21-30. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.015
43. Gholipour M. Measurement of M1 aflatoxin in pasteurized milk produced by factories in Mazandaran province in the first half of 1390. J. Mazandaran Uni. of Medical Sci. 2012; 23(93): 40-46. DOI: 10.22034/vj.2017.108435.1241
44. Heshmati A. Milani JM. Contamination of UHT milk by aflatoxin M in Iran. Food Control. 2010; 21(1): 19-22.
45. Kos J. Janic HE. Jajic I. Krstovic S. Mastilovic J. Saric B. Jovanov P. Comparison of ELISA, HPLC-FLD and HPLC-MS/MS Methods for determination of Aflatoxin M1 in natural contaminated milk samples. Acta Chim. Slov. 2016; 63:747-756.
46. Noroz Babaei H, Mohammadi-Sani A, Rezaei S, Hajimahmodi M. Investigation and comparison of M1 aflatoxin levels in white and probiotic cheeses. J. Innov. Food Sci. Technol. 2014; 7(2): 59-66. [In Presian]

47. Tavakoli HR, Riazipour M, Ráfáti Shaldehi H, Shahriari M, Naghavi S, Rahmati Najar kolaei F. AFM1 Contamination in used yogurt in one of universities of medical sciences in Tehran by ELISA. Quarterly Horizon Medical Sci. 2013; 18(5): 261-268
48. Noachian Z. Rahimi E. Aflatoxin M1 in Yoghurts, Cheese and Ice-Cream in Shahrekord-Iran. World Applied Sci. J. 2012; 19(5): 621-4.
49. Esfahani M, Madani G, Hosseini P. Study of Aflatoxin M1 Contamination in Iranian White Cheese Produced by Isfahan Dairy Factories using ELISA Technique. Health Sys. Res. 2013; 1614-20.
50. Mohammadi H. A review of Aflatoxin M1, Milk, and Milk products. Aflatoxins-Biochemistry and Molecular Biology Croatia: Intech 2011. DOI: 10.5772/24353
51. Fallah AA, Rahnama M, Jafari T, Saei-Dehkordi SS. Seasonal variation of aflatoxin M1 contamination in industrial and traditional Iranian dairy products. Food Control. 2011; 22: 1653-1656
52. Khoshnevis SH, Gholampour Azizi I, Shateri S, Mousavizadeh M. Determination of the Aflatoxin M in Ice Cream in Babol City (Northern, Iran). Global Veterinaria. 2012; 8(2): 205-8.
53. Tavakoli HR. Riazipour M. Kamkar A. Rafati Shaldehi H. Mozaffari Nejad AS. Occurrence of aflatoxin M1 in white cheese samples from Tehran, Iran. Food Control. 2012; 23(1): 293-5. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.07.024
54. Tabari M, Tabari KH, Salari S. Validation of M1 aflatoxin measurement method in yogurt. 2017; 70(14): 98-91. [In Presian]

Investigating the dairy products contamination level with M1 aflatoxin in Iran and the world and preventive solutions to reduce it

Mohsen Mokhtarian [1]*

1- Department of Food Science and Technology, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.

ARTICLE INFO

Received:28 August 2022

Acceptance:15 November 2022

Keywords:

Aflatoxin M1
Dairy Products
Mycotoxin
Aflatoxin Decontamination
High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

ABSTRACT

Background and purpose: Ensuring food security is one of the important factors in maintaining the society health and using nutritious food is an important step in achieving this goal. Milk and dairy products are one of the most complete and natural foods that have a special place in people's diets. Therefore, it seems necessary to ensure health and to be aware of the safety of this food.

Results: In this review study, using the databases "Elsevier", "Springer", "Wiley", "PubMed" and "SID" using the keywords "Milk", "Aflatoxin", "Dairy products" and "Antiaflatoxigenic", the level of aflatoxin in different dairy products (during the years of 2010 to 2017) was investigated. A total of 58 research articles related to the risk of aflatoxin M1 prevalence in dairy products were found. In the conducted research, it was observed that the most important aflatoxin detected in dairy products is M1 aflatoxin.

Conclusion: One of the factors that endanger the health of dairy products is its contamination with aflatoxin M1, which is the result of feeding dairy animals with moldy food and fodder, which leads to the production and secretion of the said poison in animal milk. Therefore, in this study, by examining the level of contamination of different dairy products (raw milk, pasteurized milk, sterilized milk, milk powder, butter, cream cheese, white cheese, ice-cream and yogurt) with aflatoxin M1, it is possible to monitor the causes of the increase and provide preventive solutions (biological, chemical, physical, surface adsorption and mixing) to reduce it.

OPEN ACCESS

Use your device to scan and read the article online

Citation (Vancouver): Mokhtarian M. Investigating the dairy products contamination level with M1 aflatoxin in Iran and the world and preventive solutions to reduce it. Journal of Halal Research. Autumn 2022; 5(3): 37-49. [In Persian] https://doi.org/10.30502/h.2022.357786.1112

*Correspondance to: Mohsen Mokhtarian, Email: mokhtarian.mo@gmail.com, Tel: +98-09352601788

This paper is open access under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license