مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نوزدهم ، شماره اول، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۱۵۳ تا ۱۷۲

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله مرور ساختار یافته

مروری نظام‌مند بر میزان آلودگی سم آفلاتوکسین M1 در انواع شیرهای عرضه شده در ایران

محمد امین حیدرزادی*

گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۶
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۶

واژگان کلیدی: آفلاتوکسین M1، ایمنی غذایی، شیر، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
heidarzadi1373@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: آفلاتوکسین‌ها در انواع مختلف مواد غذایی و خوراک دام یافت می‌شوند. آلودگی مواد غذایی با سم آفلاتوکسین امروزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعه حاضر با هدف تعیین شیوع آفلاتوکسین M1 در انواع شیرهای عرضه شده در ایران با یک مطالعه مروری نظام‌مند انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه مروری، پایگاه‌های داده ملی و بین‌المللی از SID، MagIran، Embase، ScienceDirect، Scopus، PubMed و Web of Science (ISI) بدون محدودیت زمانی تا دسامبر ۲۰۲۵ استخراج شدند. مجموع مقاله‌های جستجو شده ۲۲۵۰ عدد بودند که در این پژوهش ۹۰ مقاله مورد استناد قرار گرفت و شامل ۱۱۶۳۲ نمونه شیر بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد میانگین غلظت آفلاتوکسین M1 در انواع شیرهای عرضه شده در ایران (ng/L) ۶۸/۴۷ بود که پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ایران (ng/L ۱۰۰) بود؛ اما فراتر از استاندارد اتحادیه اروپا (ng/L ۵۰) است. یافته‌های این مطالعه نشان داد که ۱۷/۷۸ درصد (۱۶ از ۹۰ مقاله)، در مقایسه با مقادیر تعیین شده توسط استاندارد ایران و ۲۲/۳۲ درصد (۲۹ از ۹۰ مقاله) در مقایسه با استاندارد تعیین شده توسط اتحادیه اروپا فراتر رفته‌اند؛ بنابراین در ۵۹/۹ درصد مطالعات میزان آلودگی به آفلاتوکسین M1 پایین‌تر از استاندارد اروپا بود؛ که استانداردهای سختگیرانه وضع شده توسط مراجع ذیربط، دلیل اصلی پایین بودن سم آفلاتوکسین در شیرهای عرضه شده در ایران است.

نتیجه‌گیری: با توجه به میانگین غلظت آفلاتوکسین M1 در شیرهای عرضه شده در ایران، خطر قابل توجهی برای مصرف کنندگان ندارد، اما پایش و غربالگری خوراک دامداری‌ها به کاهش هرچه بیشتر آفلاتوکسین M1 در شیر کمک می‌کند.

Please cite this article as: Heidarzadi MA. Systematic review of the level of aflatoxin M1 contamination in various types of milk supplied in Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;19(1):153-72.

Copyright © 2026 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

مقدمه

شیر غذایی است که به طور قابل توجهی بر متابولیسم بدن تأثیر گذاشته و از بدو تولد تا پیری، تغذیه انسان را فراهم می‌کند. محصولات لبنی جزء حیاتی رژیم‌های غذایی در سراسر جهان هستند که در تمام قاره‌ها گسترده شده‌اند. شیر به عنوان محصولی که مراحل مختلف تولید؛ از مزارع گرفته تا مراکز فرآوری و در نهایت تا مصرف‌کنندگان را طی می‌کند، مسیر مهمی برای مواجهه انسان با آلاینده‌های غذایی، از جمله مایکوتوکسین‌ها است. این منبع غذایی مهم با آلودگی‌های عمده‌ی مختلفی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها، هورمون‌های استروئیدی (به‌ویژه در شیر کامل)، هورمون‌های رشد گاو (برای افزایش شیردهی گاو تا ۱۵ درصد)، انگل‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها، فلزات سنگین و کپک‌های آفلاتوکسین آلوده می‌شود (۱).

آلودگی با آفلاتوکسین‌ها به عنوان خطری فراگیر برای سلامتی انسان‌ها و حیوانات در نظر گرفته می‌شود. سازمان خوار و بار و کشاورزی اعلام کرد که در سراسر جهان، حدود ۲۵ درصد از محصولات غذایی با درجات گوناگون به سموم قارچی آلوده هستند (۲). در میان آفلاتوکسین‌های اصلی، آفلاتوکسین B1 قوی‌ترین سم طبیعی دارای توانایی سرطان‌زایی، ژنوتوکسیسیتی، جهش‌زایی و سقط جنین است (۳). آفلاتوکسین M1 (AFM1) یکی از متابولیت‌های‌های آفلاتوکسین B1 است. نوع M1 می‌تواند در شیر پستانداران شیرده به دنبال مصرف غذای آلوده به آفلاتوکسین B1 ترشح شود (۴). حیوانات شیرده AFB1 را در کبد از طریق سیتوکروم میکروزومی P450 متابولیزه می‌کنند و آن را به آفلاتوکسین M1 تبدیل می‌کنند (۵). پس از مصرف غذای آلوده به AFB1، فرآیندهای متابولیکی، متابولیت‌های واکنشی مانند AFB1-8، 9-اپوکسید تولید می‌کنند که می‌توانند اثرات بیوشیمیایی قابل توجهی اعمال کنند و با اندامک‌های سلولی و ماکرومولکول‌ها تعامل داشته باشند. آفلاتوکسیکوز حاد ممکن است ناشی از خواص اتصال پروتئین متابولیت‌های فعال زیستی AFB1 در کبد باشد که به طور بالقوه منجر به نارسایی اندام می‌شود. علاوه بر این، آسیب اکسیداتیو به سلول‌ها، بافت‌ها و DNA ممکن است منجر به سمیت سلولی و اثرات سرطان‌زایی ناشی از AFB1 شود (۶).

همانند آفلاتوکسین B1، نوع M1 هم باعث سرطان‌زایی، جهش‌زایی، سقط جنین، سرکوب سیستم ایمنی و سمیت ژنتیکی می‌شود؛ از این رو، آفلاتوکسین M1 توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) در گروه ۱ طبقه بندی شده است (ترکیبات کاملا سرطان‌زا برای انسان). آفلاتوکسین M1 ماده‌ای مقاوم در برابر حرارت است (۷) و احتمال کاهش آن با عملیات حرارتی معمول مانند پاستوریزاسیون، تیمار ESL و استریلیزاسیون یا سایر فرآیندهای انجام شده روی شیر همچون تبخیر یا خشک کردن بسیار اندک است (۸)؛ بنابراین، اتحادیه اروپا و اداره غذا و داروی آمریکا بیشینه آفلاتوکسین M1 را در شیر به ترتیب ۵۰ و ۵۰۰ ng/L تعیین کرده‌اند (۹). در جدول ۱ مندرج در استاندارد ۵۹۲۵ (تجدید نظر اول سال ۱۳۹۹) در وب‌سایت سازمان ملی استاندارد ایران، مقدار یاد شده در شیرهای خام، پاستوریزه، استریلیزه و انواع شیرهای طعم‌دار برابر با ۱۰۰ ng/L تعیین شده است (۱۰). به طور کلی، آفلاتوکسین M1 آبدوست است و در بخش غیرچرب شیر وجود دارد، بنابراین آلودگی آفلاتوکسین M1 در شیر کامل کمتر از شیر بدون چربی است. مطالعات مختلف همچنین اثر هم‌افزایی زیادی بین آفلاتوکسین M1 و ویروس هپاتیت B نشان می‌دهند، به طوری که بیماران هپاتیت B (HBsAg+) که در معرض این سم قرار دارند، ۳۰ برابر بیشتر در معرض آسیب‌های کبدی و سرطان هستند (۱۱). در مطالعه حاضر، میانگین غلظت آفلاتوکسین M1 در انواع شیر و فرآیندهای گرمایش (خام، پاستوریزه و دمای بسیار بالا (UHT)) در مناطق جغرافیایی مختلف (کوهستانی، گرم و خشک، معتدل و بارانی) ایران با مدت زمان طولانی (بدون محدودیت تا سال ۲۰۲۵) بررسی شد. علاوه بر این، تکنیک‌های مختلف برای تشخیص AFM1 شامل کروماتوگرافی مایع با کارایی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

بالا (HPLC)، کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) و سنجش ایمونوسوربنت متصل به آنزیم (ELISA)، برای آلودگی AFM1 در شیر در ایران مورد مطالعه قرار گرفت. در مطالعه حاضر، از بانک‌های داده عمومی و اختصاصی برای انجام مطالعات بیشتر استفاده شد.

مواد و روش‌ها

روش‌های جستجو

برای دستیابی به یک جستجوی جامع، منابع غیرقابل استناد همچون پایان‌نامه‌ها و مقالات کنفرانس حذف و چندین پایگاه داده علمی کلیدی بررسی شدند. بنابراین، چندین پایگاه داده علمی بین‌المللی عمومی مانند Web of Sciences (ISI)، Scopus، ProQuest، Pub-Med و Google Scholar (به عنوان جامع‌ترین موتور جستجو) و همچنین پایگاه‌های داده علمی بین‌المللی خاص در حوزه غذا (Agricola و Agris) برای جمع‌آوری اسناد مرتبط در مورد وجود AFM1 در شیر ایران با فاصله زمانی نامحدود از پایان ۱۹۷۴ تا پایان نوامبر ۲۰۲۵ به طور کامل جستجو شدند. برای یافتن منابع فارسی، پایگاه‌های داده علمی ملی SID، Magiran و Research.ir نیز جستجو شدند. منابع مطالعات مورد بررسی برای جلوگیری از گم شدن اسناد مرتبط بررسی شدند. علاوه بر این، فهرست منابع بررسی‌های نظام‌مند مشابه قبلی برای یافتن مقالات احتمالی از دست رفته بررسی شد. برای دستیابی به کلمات کلیدی مناسب، جستجوی گسترده‌ای انجام شد، از جمله استفاده از Mesh (از طریق PubMed) و Emtree (از طریق Embase) و در نهایت، نحوه جستجو در Scopus به شرح ذیل:

ALL (milk) OR ALL (dairy) OR ALL ("dairy product") OR ALL ("milk product") OR ALL (dairying) OR ALL ("dairy cattle") OR ALL ("Dairy farm") AND (ALL ("aflatoxin M1") OR ALL (aflatoxin) OR ALL ("aflatoxin-M1") OR ALL (afm1) AND (TITLE- ABS (Iran) OR AFFIL (Iran) OR PUBLISHER (Iran)

و برگردان آنها به زبان فارسی برای جستجوی منابع فارسی اقدام شد.

معیارهای ورود و خروج

بر اساس اهداف مطالعه حاضر، ارزیابی معیارها از طریق مراحل غربالگری و انتخاب توسط نویسنده در مدت ۸ ماه به طور جداگانه انجام شد. هر استدلال در دو مرحله برجسته شده از طریق بحث‌های بیشتر اصلاح شد. معیارهای ورود، وجود AFM1 در نمونه‌های شیر (خام یا حرارت دیده) حیوانات (گاو، شتر، گاومیش، بز و گوسفند) بود. مطالعات مقطعی (توصیفی یا توصیفی-تحلیلی) که وجود AFM1 را در نمونه‌های شیر منتشر شده از زمان نامحدود تا ۲۰۲۵ گزارش کرده بودند، گنجانده شدند. در دسترس بودن میانگین و دامنه آلودگی را می‌توان با استفاده از داده‌های گزارش شده بدون محدودیت در روش نمونه‌گیری، مکان، اندازه نمونه و زبان محاسبه کرد. شرح واضح تکنیک تشخیص AFM1 در شیر یکی دیگر از معیارهای ورود بود. معیارهای حذف شامل داده‌ها و مطالعاتی بود که علاوه بر کتاب‌ها و نقدها، شیر انسان و سایر محصولات لبنی، بررسی‌هایی روی نمونه‌هایی که سایر آفلاتوکسین‌ها (مثلاً B1 و B2) را پوشش می‌دادند یا سایر روش‌های اعتبارسنجی مایکوتوکسین را گزارش کرده بودند.

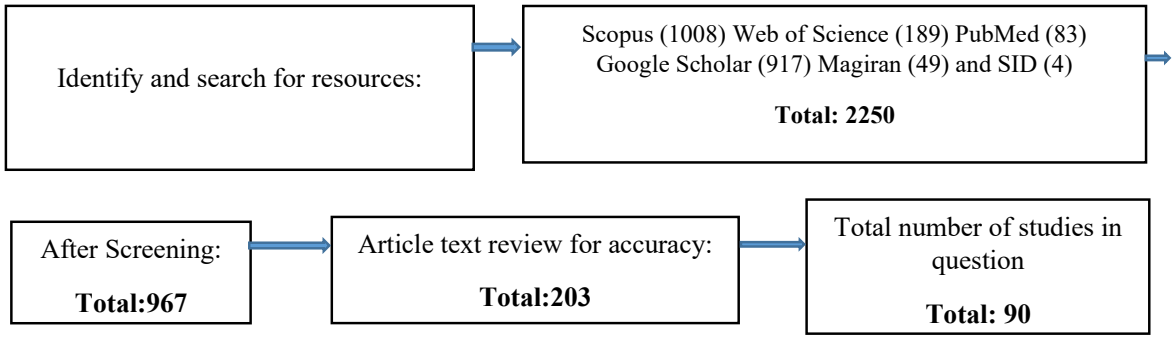
یافته ها

استخراج داده‌ها

اطلاعات از مطالعات مورد بررسی با نام نویسنده(گان)، سال انتشار، تکنیک‌های تشخیص AFM1 (HPLC، TLC و ELISA)، فصول (بهار، تابستان، پاییز و زمستان)، انواع شیر با توجه به فرآیندهای گرمایش (خام، پاستوریزه و UHT)، انواع شیر با توجه به گونه‌های حیوانی (گاو، بز، گوسفند، گاومیش و شتر)، مناطق جغرافیایی (کوهستانی، گرم و خشک، معتدل و بارانی)، انواع دامداری‌های لبنی (صنعتی و سنتی)، اندازه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

نمونه‌ها، نمونه‌های مثبت و میانگین، انحراف معیار (SD)/خطای معیار (SE) و دامنه محتوای AFM1 جمع‌آوری شد. در نهایت به این جمع‌بندی رسیده شد که به‌دلیل حجم بسیار بالای مطالعات انجام شده و دیتاهای حاصل از آن، از ذکر فصل، انواع دامداری و گونه پستاندار صرف‌نظر گردید. در نهایت برای میانگین‌گیری شهرهای مختلف، از داده‌های هر مقاله به تفکیک استفاده شد (شکل ۱ و جدول ۱).



شکل ۱- طرح کلی فرآیند مرور نظام‌مند بر اساس PRISMA

جدول ۱- ویژگی‌های مختلف مطالعات گنجانده شده در رخداد آفلاتوکسین M1 در انواع شیر

محققین (سال تحقیق)	استان/منطقه	تعداد نمونه (درصد مثبت)	میانگین غلظت (ng/L)	مقایسه با استاندارد ایران و اروپا	روش آنالیز	منبع
کامکار و همکاران (۲۰۰۵)	تهران	۵۲ (۱۰۰)	٦٧/٦٥	**	الایزا	(۱۲)
تاج‌کریمی و همکاران (۲۰۰۷)	گلستان، همدان، گیلان، فارس، تهران	۸۰۸ (۲۸/۲۲)	۱۳/۲٦	***	HPLC	(۱۳)
غیاثیان و همکاران (۲۰۰۷)	همدان	۱۸٦ (٦۳/۹۷)	۲۸/۲۷	***	الایزا	(۱٤)
کریمی و همکاران (۲۰۰۷)	مشهد	۱۱۰ (۱۰۰)	۱۸/۵۱	***	الایزا	(۱۵)
تاجیک و همکاران (۲۰۰۷)	آذربایجان غربی	۱٤٤ (۱۰۰)	۱٦/٤۷	***	الایزا	(۱٦)
نظری و همکاران (۲۰۰۷)	لرستان	۵۰ (۸٤)	۲۰/۷۰	***	HPLC	(۱۷)
اویسی و همکاران (۲۰۰۷)	تهران	۱۲۰ (٥٦/٦۷)	۱۰۲/۷۳	*	الایزا	(۱۸)
تاج‌کریمی و همکاران (۲۰۰۸)	۱٤ استان	۳۱۹ (۱۰۰)	۱۵/٤٦	***	HPLC	(۱۹)
عزیزی و همکاران (۲۰۰۸)	مازندران	۱۱۱ (۱۰۰)	۲۲۱/٦٦	*	HPLC	(۲۰)
کامکار و همکاران (۲۰۰۸)	تهران	٦۰ (۱۰۰)	٦۲/٤۰	**	الایزا	(۲۱)
هزیر و همکاران (۲۰۰۸)	کردستان	۸۷ (۹٦/۵۵)	۲٦/۳۹	***	الایزا	(۲۲)
سفیدگر و همکاران (۲۰۰۸)	مازندران	٤۹ (۱۰۰)	۱۱۱/٤۵	*	الایزا	(۲۳)
غازانی و همکاران (۲۰۰۹)	آذربایجان شرقی	۵۰ (۱۰۰)	۵۰/۵۵	**	الایزا	(۲٤)
رحیمی و همکاران (۲۰۰۹)	اصفهان	۸۷ (۹٦/۵۵)	۱۸/۷۱	***	الایزا	(۲۵)
محمدی‌ثانی و همکاران (۲۰۱۰)	مشهد	۱۹٦ (۱۰۰)	۷٤/۹۱	**	الایزا	(۲٦)
فلاح (۲۰۱۰)	تهران، اصفهان، شیراز، یزد	۹۱ (۷۲/۵۳)	۵۷/۲٤	**	TLC	(۲۷)
محمدیان و همکاران (۲۰۱۰)	کردستان	۲۷۲ (۹٤/٤۹)	۱۷/٦۷	***	الایزا	(۲۸)
فلاح (۲۰۱۰)	اصفهان و یزد	۲۲۵ (٦۷/۱۱)	٤۹/۷۰	***	الایزا	(۲۹)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

ادامه جدول ۱- ویژگی‌های مختلف مطالعات گنجانده شده در رخداد آفلاتوکسین M1 در انواع شیر

محققین (سال تحقیق)	استان/منطقه	تعداد نمونه (درصد مثبت)	میانگین غلظت (ng/L)	مقایسه با استاندارد ایران و اروپا	روش آنالیز	منبع
محمدی و همکاران (۲۰۱۰)	آذربایجان غربی	۸۰ (۱۰۰)	۲۱/۳۸	***	الایزا	(۳۰)
رضائی‌پور (۲۰۱۰)	تهران	۷۵ (۱۰۰)	۲۲/۲۶	***	الایزا	(۳۱)
رحیمی و همکاران (۲۰۱۰)	خوزستان	۱۲۲ (۱۰۰)	۴۰/۰۱	***	الایزا	(۳۲)
حبیبی‌پور (۲۰۱۰)	همدان	۱۰۰ (۶۸)	۳۲/۵۰	***	الایزا	(۳۳)
نعمتی و همکاران (۲۰۱۰)	اردبیل	۶۰ (۱۰۰)	۳۱/۹۰	***	الایزا	(۳۴)
گنجی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰)	کرمان	۷۲ (۵۰)	۹۲/۵۰	**	HPLC	(۳۵)
سفیدگر و همکاران (۲۰۱۱)	مازندران	۷۲ (۱۰۰)	۲۳۰/۲۰	*	الایزا	(۳۶)
مکتبی و همکاران (۲۰۱۱)	خوزستان	۱۷۸ (۱۰۰)	۴۷/۴۵	***	الایزا	(۳۷)
کامکار و همکاران (۲۰۱۱)	اردبیل	۷۶ (۱۰۰)	۲۸/۴۲	***	الایزا	(۳۸)
موثق (۲۰۱۱)	آذربایجان شرقی	۵۱۸ (۱۰۰)	۴۷/۱۰	***	الایزا	(۳۹)
داوودی (۲۰۱۱)	آذربایجان شرقی	۱۰۰ (۸۴)	۳۶۷/۵۰	*	TLC	(۴۰)
عفوریان و کریم (۲۰۱۱)	سمنان	۴۸ (۱۰۰)	۱۷۸/۵۰	*	الایزا	(۴۱)
رحیمی و همکاران (۲۰۱۲)	خوزستان	۶۰ (۴۰)	۳۴/۷۰	***	الایزا	(۴۲)
محمدی‌ثانی و همکاران (۲۰۱۲)	مشهد	۴۲ (۹۷/۶۱)	۲۳	***	الایزا	(۴۳)
محسن‌زاده و بیسجردی (۲۰۱۲)	خوزستان	۶۲ (۱۰۰)	۱۳۷	*	HPLC	(۴۴)
قلی پور و همکاران (۲۰۱۲)	مازندران	۱۲۰ (۷۹/۱۶)	۱۱/۵۰	***	الایزا	(۴۵)
موسوی و همکاران (۲۰۱۳)	آذربایجان شرقی	۸۰ (۸۷/۵۰)	۲۷/۸۰	***	الایزا	(۴۶)
ریاحی‌زنجانی وبالایی (۲۰۱۳)	مشهد	۴۷ (۱۰۰)	۲۷/۲۰	***	الایزا	(۴۷)
ثانی و نیک‌پویان (۲۰۱۳)	مشهد	۷۵ (۹۶)	۶۱/۱۴	**	HPLC	(۴۸)
صادقی و همکاران (۲۰۱۳)	کرمانشاه	۳۲۰ (۱۰۰)	۱۲۱/۱	*	الایزا	(۴۹)
خسروی و همکاران (۲۰۱۳)	قزوین	۴۸ (۱۰۰)	۲۷/۸	***	الایزا	(۵۰)
واقف و محمودی (۲۰۱۳)	ایلام	۱۶۸ (۱۰۰)	۲۲/۳۸	***	الایزا	(۵۱)
دارسنکی و همکاران (۲۰۱۳)	گیلان	۹۰ (۶۲/۲۲)	۶۶/۵۵	**	الایزا	(۵۲)
قاعدی و محمدی‌ثانی (۲۰۱۳)	مشهد	۳۴ (۸۸/۲۳)	۶۵/۰۴	**	الایزا	(۵۳)
معینیان و همکاران (۲۰۱۴)	سمنان	۳۱۱ (۹۱/۹۶)	۵۵/۱۰	**	HPLC	(۵۴)
کامکار و همکاران (۲۰۱۴)	خوزستان	۱۲۰ (۷۵)	۸۵/۸۵	**	الایزا	(۵۵)
نوروزی و کاظمی (۲۰۱۴)	آذربایجان غربی	۱۲۰ (۷۷/۷۸)	۵۰/۴۰	**	الایزا	(۵۶)
محمودی (۲۰۱۴)	آذربایجان شرقی	۴۹ (۸۱/۶۳)	۲۳/۳۰	***	الایزا	(۵۷)
معینیان و راستگو (۲۰۱۴)	سمنان	۲۲۵ (۶۴/۴۴)	۳۴/۱۸	***	HPLC	(۵۸)
محمودی و زارع (۲۰۱۴)	آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل	۸۰ (۱۰۰)	۲۲/۰۷	***	الایزا	(۵۹)
رضایی و همکاران (۲۰۱۴)	قم	۴۰ (۱۰۰)	۱۷۰	*	HPLC	(۶۰)
ضیائیان و محمدی‌ثانی (۲۰۱۴)	مشهد	۴۰ (۱۰۰)	۱۰۵	*	الایزا	(۶۱)
محمودی و نوریان (۲۰۱۵)	قزوین	۲۸۸ (۵۶/۶۰)	۹۵	**	الایزا	(۶۲)
فلاح و همکاران (۲۰۱۵)	قزوین	۲۵۴ (۸۰/۳۲)	۶۶/۱	**	HPLC	(۶۳)
احسانی و همکاران (۲۰۱۵)	تهران	۱۱۸ (۸۰/۵۱)	۱۵۶/۲۰	*	الایزا	(۶۴)
رضایی و همکاران (۲۰۱۵)	اراک	۷۲ (۹۴/۴۴)	۸۵/۸۰	**	الایزا	(۶۵)
باریک‌بین و همکاران (۲۰۱۵)	خراسان شمالی	۵۹ (۱۰۰)	۲۲/۳۲	***	الایزا	(۶۶)
نوریان و همکاران (۲۰۱۵)	قزوین	۱۷۰ (۱۰۰)	۴۰۰	*	HPLC	(۶۷)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

ادامه جدول ۱- ویژگی‌های مختلف مطالعات گنجانده شده در رخداد آفلاتوکسین M1 در انواع شیر

محققین (سال تحقیق)	استان/منطقه	تعداد نمونه (درصد مثبت)	میانگین غلظت (ng/L)	مقایسه با استاندارد ایران و اروپا	روش آنالیز	منبع
روحی و همکاران (۲۰۱۵)	فارس	۸۵ (۷۰/۷۳)	۱۸/۷۶	***	الایزا	(۶۸)
اکرمی مهاجری (۲۰۱۵)	کرمان	۲۲۱ (۱۰۰)	۲۱/۴۰	***	الایزا	(۶۹)
ریاحی‌زنجانی و همکاران (۲۰۱۵)	مشهد	۹۰ (۱۰۰)	۳۷/۶۱	***	الایزا	(۷۰)
بهرامی و همکاران (۲۰۱۶)	کرمانشاه، کردستان، ایلام وآبادان	۱۷۲ (۶۵/۷۰)	۴۸/۴۴	***	الایزا	(۷۱)
مشاک و همکاران (۲۰۱۶)	البرز	۳۰ (۱۰۰)	۷۹	**	HPLC	(۷۲)
دخیلی و همکاران (۲۰۱۶)	قم	۷۰ (۹۲/۸۶)	۸۷/۵۰	**	الایزا	(۷۳)
تاجیک و همکاران (۲۰۱۶)	آذربایجان غربی	۶۰ (۱۰۰)	۱۶/۶	***	الایزا	(۷۴)
محمدی و همکاران (۲۰۱۶)	مازندران	۲۳۶ (۹۷/۷۰)	۶۵	**	الایزا	(۷۵)
سهرابی و قرهکولی (۲۰۱۶)	سیستان و بلوچستان	۹۸ (۱۰۰)	۵۳	**	الایزا	(۷۶)
فلاح و همکاران (۲۰۱۶)	یزد	۹۲ (۱۰۰)	۹۷/۲۴	**	HPLC	(۷۷)
کوتامهر و همکاران (۲۰۱۷)	آذربایجان شرقی	۳۲۰ (۹۱/۵۷)	۵۲/۴۲	**	الایزا	(۷۸)
شکری و ترابی (۲۰۱۷)	یزد	۷۰ (۱۰۰)	۴۵/۹۵	***	الایزا	(۷۹)
موثق و قربانی (۲۰۱۷)	اصفهان	۶۰ (۱۰۰)	۱۵۵/۹۱	*	الایزا	(۸۰)
راستی‌اردکانی و همکاران (۲۰۱۸)	اصفهان	۱۰۸ (۱۰۰)	۲۵	***	HPLC	(۸۱)
قاسمیان (۲۰۱۸)	خوزستان	۹۰ (۱۰۰)	۳۲/۱۸	***	الایزا	(۸۲)
خانقاهی‌ابیانه و همکاران (۲۰۱۹)	تهران	۴۶۱ (۵۴/۶۷)	۳۱/۳۰	***	HPLC	(۸۳)
کهزادی و همکاران (۲۰۱۹)	کردستان	۸۴ (۱۰۰)	۲۲۹/۲۰	*	الایزا	(۸۴)
جلیل و کیانی (۲۰۱۹)	لرستان	۴۰ (۵۲/۵)	۲۰/۳۰	***	HPLC	(۸۵)
انصاری و همکاران (۲۰۱۹)	آذربایجان شرقی	۱۱۱ (۷۶/۵۸)	۶۱/۴۳	**	HPLC	(۸۶)
حاج‌محمدی و همکاران (۲۰۲۰)	مشهد	۶۰ (۹۸/۳۳)	۶۱	**	الایزا	(۸۷)
احمدی (۲۰۲۰)	کردستان	۱۲۸ (۱۰۰)	۷۴/۲۰	**	الایزا	(۸۸)
عبدالی و همکاران (۲۰۲۰)	فارس	۲۲ (۱۰۰)	۳۶/۱۶	***	الایزا	(۸۹)
جعفری و همکاران (۲۰۲۱)	اصفهان	۱۵۶ (۱۰۰)	۵۳/۸۲	**	الایزا	(۹۰)
ستوده و همکاران (۲۰۲۱)	کرمان	۳۹ (۱۰۰)	۳۳/۲۸	***	HPLC	(۹۱)
اقدمی و همکاران (۲۰۲۱)	قزوین	۹۰ (۷۵/۵۶)	۵۹/۱۲	**	الایزا	(۹۲)
کمالی و همکاران (۲۰۲۳)	کرمان	۱۸۰ (۵۵/۵۶)	۲۲/۳۱	**	الایزا	(۹۳)
برزوکی و همکاران (۲۰۲۳)	گرگان	۱۸۰ (۷۲/۲)	۱۴۷/۱۱	*	الایزا	(۹۴)
غفاریان و همکاران (۲۰۲۳)	کرمان	۱۰۰ (۱۰۰)	۱۷/۳۸	***	HPLC	(۹۵)
رحیمیان (۲۰۲۳)	چهارمحال و بختیاری	۱۹۲ (۱۰۰)	۱۶/۶۸	***	الایزا	(۹۶)
قویمی و همکاران (۲۰۲۳)	زنجان، گیلان، آذربایجان شرقی و کرمانشاه	۱۸۰ (۱۰۰)	۲۱/۱۳	***	الایزا	(۹۷)
حسنیان و همکاران (۲۰۲۳)	کرمانشاه	۱۰۸ (۱۰۰)	۱۶/۷	***	HPLC	(۹۸)
بهترین و همکاران (۲۰۲۴)	آذربایجان شرقی	۲۵ (۱۰۰)	۷۸/۸۵	**	HPLC	(۹۹)
پرویزی‌فرا و رحیمی (۲۰۲۴)	البرز	۶۰ (۱۰۰)	۸/۸۲	***	الایزا	(۱۰۰)
مفید و همکاران (۲۰۲۴)	تهران، اصفهان، ساری، تبریز، زنجان، کرمانشاه، اهواز، شیراز و کرمان	۵۴ (۱۰۰)	۱۰۲/۱	*	الایزا	(۱۰۱)
فتح آباد و همکاران (۲۰۲۵)	خراسان جنوبی	۵۰ (۱۰۰)	۷۵/۷	**	HPLC	(۱۰۲)

*** میزان آلودگی فراتر از استاندارد ایران است. ** میزان آلودگی فراتر از استاندارد اروپا است. *** میزان آلودگی پایین‌تر از استاندارد اروپا و ایران است.**

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

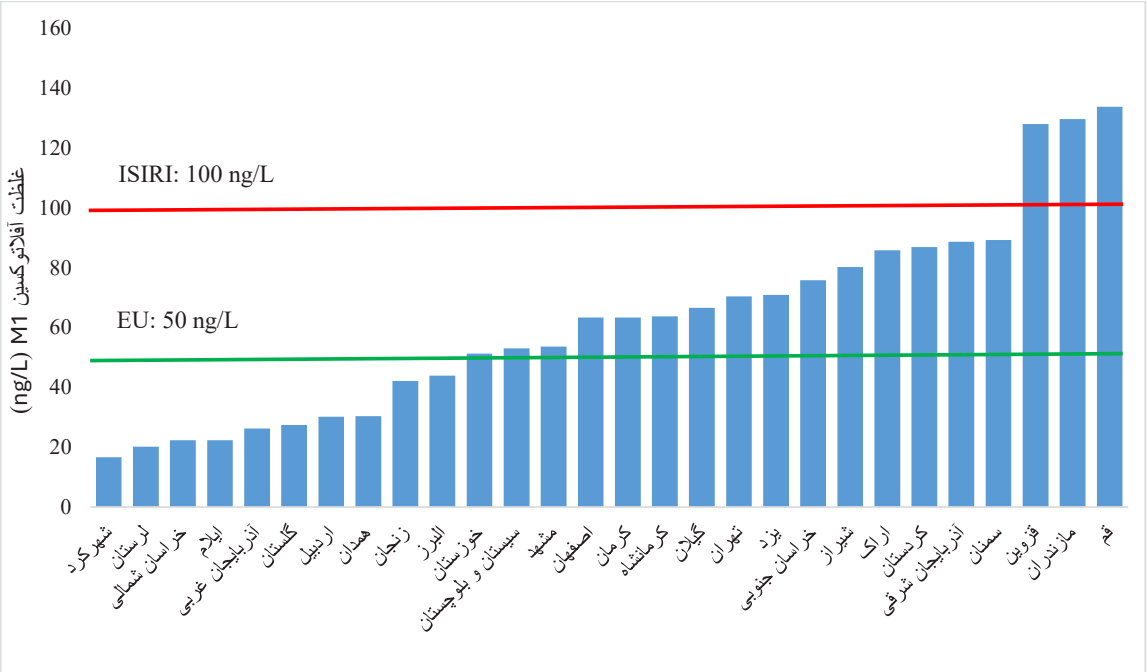
وجود آفلاتوکسین M1 در شیر ناشی از مصرف مواد حاوی آفلاتوکسین B1 توسط دام است و ارتباط خطی بین غلظت آفلاتوکسین B1 در غذاهای مصرف شده توسط حیوانات شیرده و سطح آفلاتوکسین M1 در شیر آنها گزارش شده است (۱۰۳). طبیعتاً عوامل متعددی بر محتوای آفلاتوکسین B1 در خوراک دام تأثیر می‌گذارند که می‌توان به دما، میزان رطوبت، سیستم‌های تغذیه، شرایط نگهداری خوراک دام، رویه‌های مدیریت مزرعه و زمان و روش‌های برداشت اشاره کرد؛ زیرا این عوامل بر رشد قارچ‌های تولیدکننده این مایکوتوکسین تأثیر می‌گذارند (۲۰، ۱۰۴). علاوه بر موارد یاد شده، غلظت آفلاتوکسین M1 در شیر به طور قابل توجهی تحت تأثیر عوامل دیگری مانند موقعیت‌های جغرافیایی، گونه‌های حیوانی، فصول و همچنین روش‌های فرآوری و تجزیه و تحلیل شیر قرار می‌گیرد (۷۳). مطالعه حاضر بر روی ۲۳۱ مطالعه انجام شد که از این تعداد، ۹۰ مطالعه شامل مقالات و ۱۱۶۳۲ نمونه شیر (گاو، شتر، گاومیش، گوسفند و بز) بودند. در ابتدا، ۲۲۵۰ مطالعه استخراج شد که از این تعداد، ۹۶۷ سند پس از بررسی مجدد حذف شدند. به طور نسبی، ۱۲۸۳ سند غربالگری شدند که از این تعداد در نهایت، ۹۰ مقاله در این مطالعه گنجانده شد (شکل ۱). پژوهش‌های انجام شده، میزان آلودگی آفلاتوکسین M۱ را در انواع نمونه‌های شیر در تمام شهرهای ایران (به‌جز کهگیلویه و بویراحمد، بوشهر و هرمزگان) گزارش داده‌اند.

بحث

به طور نسبی، اتحادیه اروپا (EU)، Codex Alimentarius، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI) و مقررات ایالات متحده، حداکثر حد مجاز (maximum permitted limits (MPL)) در AFM1 شیر خام را به ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ ng/L تعیین کرده‌اند. بنا بر استانداردهای ذکر شده فوق، نتایج پژوهش مروری حاضر نشان داد، ۳ شهر قزوین، مازندران و قم به‌ترتیب با میانگین آلودگی ۱۲۹/۶۱، ۱۲۷/۹۶ و ۱۲۸/۷۵ ng/L به آفلاتوکسین M1 فراتر از استاندارد ایران (۱۰۰ ng/L) آلوده بودند، در حالی که ۱۶ شهر ایران (خوزستان (۶۲/۸۸ ng/L)، سیستان و بلوچستان (۵۳ ng/L)، مشهد (۵۲ ng/L)، اصفهان (۶۳/۳۶ ng/L)، کرمان (۶۳/۳۷ ng/L)، گیلان (۶۶/۵۵ ng/L)، آذربایجان شرقی (۸۸/۶۱ ng/L)، فارس (۸۰/۱۹ ng/L)، تهران (۷۰/۴۳ ng/L)، کردستان (۸۶/۸۴ ng/L)، کرمانشاه (۶۳/۷ ng/L)، اراک (۸۵/۸ ng/L)، یزد (۷۰/۹ ng/L)، خراسان جنوبی (۷۵/۸ ng/L) و سمنان (۸۹/۲۶ ng/L)) میزان آلودگی فراتر از استاندارد اروپا (۵۰ ng/L) را داشتند.

سایر مناطق شامل البرز (۴۳/۹۱ ng/L)، زنجان (۴۲/۱ ng/L)، همدان (۳۰/۳۸ ng/L)، اردبیل (۳۰/۱۶ ng/L)، گلستان (۲۷/۴۶ ng/L)، آذربایجان غربی (۲۶/۲۲ ng/L)، ایلام (۲۲/۳۸ ng/L)، خراسان شمالی (۲۲/۳۲ ng/L)، لرستان (۲۰/۱۵ ng/L) و شهرکرد (۱۶/۶۸ ng/L) میزان آلودگی به آفلاتوکسین M1 پایین‌تر از محدوده تعیین شده توسط اتحادیه اروپا را داشتند (نمودار ۱)، اما با این حال میانگین غلظت آفلاتوکسین M1 در شیرهای مورد تجزیه و تحلیل در پژوهش حاضر (در ایران)، تا دسامبر ۲۰۲۵، برابر ۶۸/۴۷ ng/L بود که از استاندارد اروپا فراتر است. بنابراین یافته‌های این مطالعه نشان داد که ۱۷/۷۸ درصد (۱۶ مطالعه از مجموع ۹۰ مطالعه)، در مقایسه با حد تعیین شده توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۰۰ ng/L) فراتر بوده است. همچنین ۲۲/۳۲ درصد (۲۹ مطالعه از مجموع ۹۰ مطالعه) در مقایسه با استاندارد تعیین شده توسط اروپا (۵۰ ng/L) فراتر رفته‌اند؛ لذا در ۴۵ مقاله میزان آلودگی به آفلاتوکسین M1 پایین‌تر از سطح استاندارد تعیین شده توسط اتحادیه اروپا بوده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]



نمودار ۱- وضعیت آلودگی به آفلاتوکسین M1 در شیرهای عرضه شده در ایران و مقایسه آن با استاندارد اروپا و ایران

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، بیشترین تعداد مطالعات مورد بررسی برای تشخیص آفلاتوکسین M1 از روش الایزا استفاده کرده‌اند که از دلایل آن می‌توان به در دسترس بودن کیت‌های تجاری ELISA در ایران و سادگی استفاده از آن، برای تشخیص AFM1 در نمونه‌های شیر اشاره کرد که این میزان ۷۲/۲۲ درصد پژوهش‌های انجام شده در ایران است. تشخیص مؤثر AFM1 در شیر نیاز به تکنیک‌های تحلیلی کاربرپسند خاص، از جمله روش‌های ایمونواسی غربالگری مانند سنجش ایمونوسوربنت متصل به آنزیم (ELISA) و روش‌های کمی مانند کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) دارد. همه روش‌های ذکر شده دارای مزایا و معایبی هستند. به عنوان مثال، مزایای ELISA شامل زمان کوتاه آزمایش، آماده‌سازی آسان نمونه، حساسیت مطلوب، ارزان بودن، سرعت و اختصاصی بودن برای AFM1 است. با این حال، این روش محدودیت‌هایی از جمله ضریب تغییرات، منحنی استاندارد ضعیف و تاثیر ماتریس بر گزارش اعلامی را دارد (۱۰۵).

نتایج بررسی سیستماتیک و متاآنالیز که توسط Salari و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد، نشان داد که میزان آلودگی شیر در اکثر کشورها رو به افزایش است و این می‌تواند موضوعی برای سیاست‌گذاران باشد تا کیفیت تغذیه حیوانات را جدی بگیرند. با این حال، این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود و در برخی کشورها روند کاهشی وجود داشت که نشان می‌دهد کیفیت بهداشتی تغذیه حیوانات در برخی کشورها افزایش یافته است (۱۰۶). در این مطالعه بیشترین میزان میانگین آلودگی به آفلاتوکسین M1 در مازندران، قم و قزوین بود؛ برخی مناطق مانند شهرهای حاشیه دریای خزر در ایران که رطوبت بالا دارند، برای رشد آفلاتوکسین‌ها مطلوب است و همچنین دمای بالا در برخی مناطق مرکزی ایران، تسهیل‌کننده این پدیده به شمار می‌آید. در تأیید این موضوع، برخی مطالعات غلظت بالای AFM1 را در شیر حیواناتی که در آب و هوای معتدل مرطوب یا فصول سرد پرورش می‌یابند، در مقایسه با آب و هوای خشک یا فصول گرم، گزارش کرده‌اند که می‌توان به مطالعه Asi و همکاران (۲۰۱۲) در مناطق ساحلی پاکستان

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

(۱۰۷)، Duarate و همکاران در پرتغال (۱۰۸) و Zheng در چین (۱۰۹) اشاره کرد. با توجه به اینکه رطوبت برای رشد قارچ‌ها و تولید آفلاتوکسین‌ها حیاتی است، میزان بالای AFM1 شهرهای حاشیه دریای خزر را می‌توان به بارندگی و رطوبت بالای آنها نسبت داد. علاوه بر این، برخی از پژوهشگران معتقدند که خشکسالی و استرس گرمایی نیز دو عامل محیطی حیاتی هستند که با افزایش بار گونه‌های قارچی تولیدکننده مایکوتوکسین، بر آلودگی آفلاتوکسین تأثیر می‌گذارند (۱۱۰). با وجود اهمیت نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، برخی محدودیت‌ها نیز وجود دارد. نخست، تمام مطالعات انجام شده در خصوص میزان آفلاتوکسین M1 در شیرهای عرضه شده در ایران دارای پوشش جغرافیایی محدود هستند و همه استان‌های کشور را شامل نمی‌شود. همچنین اغلب مطالعات دارای حجم نمونه‌ی پایینی هستند که تعمیم‌پذیری نتایج را کاهش می‌دهد. تنوع روش‌های آنالیزی همچون الایزا، HPLC و TLC باعث ایجاد ناهمگونی نتایج می‌شود که دلیل آن، دقت و حساسیت روش‌های یاد شده است که مهم‌ترین عامل در دشواری تحلیل داده‌ها و مقایسه مطالعات است.

شواهدی از آلودگی AFM1 در شیر و فرآورده‌های لبنی کشورهای مختلف اتحادیه اروپا، از جمله ایتالیا ۲۷/۵۳ ng/L (۱۱۱)، کرواسی ۹۴/۶ ng/L (۱۱۲)، اسپانیا ۱/۳۶ ng/L (۱۱۳) و مجارستان ۲۴/۷ ng/L (۱۱۴)، و همچنین کشورهای حوزه اسکاندیناوری ۸۵/۱ ng/L (۱۱۵)، مقدونیه شمالی ۴۹/۱ ng/L (۱۱۶)، صربستان ۵۲/۷ ng/L (۱۱۷)،ترکیه ۷۸/۶۹ ng/L (۱۱۸) و آلبانی ۵۱/۷ ng/L (۱۱۹) گزارش شده است. در پژوهش متاآنالیز دیگری در آلبانی که توسط Tahiri و همکاران (۲۰۲۵) انجام شد، گزارش کردند میانگین آلودگی ۵۸/۸ ng/L (۶) بود. گزارش‌هایی از قاره آفریقا، نشان‌دهنده غلظت متفاوت آفلاتوکسین M1 است. به این ترتیب میانگین آفلاتوکسین M1 در اتیوپی ۴۹/۸ ng/L (۱۲۰)، کنیا ۴۵/۶۳ ng/L (۱۲۱)، غنا ۳۵/۲ ng/L (۱۲۲) و مصر ۸۰ ng/L گزارش شد (۱۲۳). در چین میزان آلودگی به آفلاتوکسین M1، ۱۲۷ ng/L (۱۲۴)،هندوستان ۱۱/۶ ng/L (۱۲۵)، مکزیک ۷۳/۸ ng/L (۱۲۶) و برزیل ۱۵۰ ng/L (۱۲۷) بود. صربستان در سال ۲۰۱۳ یافته‌های نگران‌کننده‌ای در مورد AFM1، با میزان بروز ۹۵ درصد و سطوحی که تا ۹۰۰ ng/L و ۷۵ درصد از آن بیش از MRL اتحادیه اروپا بود را گزارش کرد (۱۲۸).

نتیجه‌گیری

این مطالعه تصویر کلی از وقوع آلودگی به آفلاتوکسین M1 در انواع شیرهای عرضه شده در ایران بود. از آنجا که فرایندهای حرارتی، سبب نابودی آفلاتوکسین نمی‌شود، وجود این ماده خطرناک و بسیار سمی در شیر، اهمیت فوق العاده زیادی دارد. مصرف شیر عاری از آفلاتوکسین مطلوب جوامع بوده، اما دستیابی به این موضوع، به‌راحتی ممکن نیست. جهت رسیدن به کیفیت مطلوب شیر، باید غذای دام بدون آلودگی به کپک‌های تولیدکننده مایکوتوکسین و آفلاتوکسین B1 باشند که نظارت مستمر و دقیق بر نحوه کنترل و نگهداری علوفه و خوراک دام توسط کارشناسان مجرب می‌تواند رسیدن به این هدف را ممکن سازد. در ایران آلودگی آفلاتوکسین M1 در شیر دام، گسترش فراوانی داشته که خطرات جبران‌ناپذیری را بر سلامت انسان تحمیل نموده، از این رو کنترل دوره‌ای و مستمر امری حیاتی است. این بررسی نظام‌مند نشان داد آفلاتوکسین M1 همچنان یک خطر دائمی و همیشگی در بخش لبنیات است و می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری برای مصرف‌کنندگان به‌همراه داشته باشد.

رویکردهای فعلی کاهش خطر مانند استفاده از جاذب‌ها (بنتونیت‌ها و زئولیت‌ها)، اکسیداسیون (ازن و پراکسید هیدروژن) و سم‌زدایی بیولوژیکی از طریق باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها نویدبخش هستند اما برای کاربرد صنعتی نیاز به بهینه‌سازی دارند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

آلودگی آفلاتوکسین M1 در شیرهای عرضه شده در ایران فراتر از استاندارد نیستند و نگرانی عمده‌ای ندارند، که دلیل اصلی این امر کنترل منظم و مستمر خوراک دام است که می‌تواند محتوای AFM1 را در شیر کاهش دهد.

ملاحظات اخلاقی

نویسنده این مقاله، کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

References

1. Pardakhti A, Maleki S. Risk assessment of aflatoxin M1 contamination of milk in Iran. International Journal of Environmental Research. 2019;13(2):265-71.

2. Shabeer S, Asad S, Jamal A, Ali A. Aflatoxin contamination, its impact and management strategies: an updated review. Toxins. 2022;14(5):307.

3. Dogi C, Armando R, Luduena R, De Moreno de LeBlanc A, Rosa C, Dalcero A, et al. Saccharomyces cerevisiae strains retain their viability and aflatoxin B1 binding ability under gastrointestinal conditions and improve ruminal fermentation. Food Additives & Contaminants: Part A. 2011;28(12):1705-11.

4. Campagnollo FB, Ganev KC, Khaneghah AM, Portela JB, Cruz AG, Granato D, et al. The occurrence and effect of unit operations for dairy products processing on the fate of aflatoxin M1: A review. Food Control. 2016;68:310-29.

5. Chain Epocitf, Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, Del Mazo J, et al. Risk assessment of aflatoxins in food. EFSA journal. 2020;18(3):e06040.

6. Tahiri A, Risto J, Mato L, Cani A, Topi D. Occurrence of aflatoxin M1 in milk consumed in Tirana, Albania, and health risk assessment in different population groups. Toxins. 2025;17(7):315.

7. Rahimi E, Heidarzadi M A, Vahad Dehkordi N. Aflatoxin B1 concentrations in corn flour and wheat flour supplied in Shahrekord province using ELISA method in 2022. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;16(3):433-44 (in Persian).

8. Mollayusefian I, Ranaei V, Pilevar Z, Cabral Pinto MM, Rostami A, Nematolahi A, et al. The concentration of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk: A worldwide systematic review and meta-analysis. Trends in Food Science & Technology. 2021;115:22-30.

9. Hassan ZU, Al Thani R, Atia FA, Almeer S, Balmas V, Migheli Q, et al. Evidence of low levels of aflatoxin M1 in milk and dairy products marketed in Qatar. Food Control. 2018;92:25-29.

10. Iranian National Standardization Organization (INSO). Food and feed- Maximum Tolerated Level of Mycotoxins (INSO 5929). Tehran: INSO; 2020.

11. Peng KY, Chen CY. Prevalence of aflatoxin M1 in milk and its potential liver cancer risk in Taiwan. Journal of Food Protection. 2009;72(5):1025-29.

12. Kamkar A. A study on the occurrence of aflatoxin M1 in raw milk produced in Sarab city of Iran. Food Control. 2005;16(7):593-99.

13. Tajkarimi M, Aliabadi FS, Salah Nejad M, Pursoltani H, Motallebi A, Mahdavi H. Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk in five regions in Iran. International Journal of Food Microbiology. 2007;116(3):346-49.

14. Ghiasian SA, Maghsood AH, Neyestani TR, Mirhendi SH. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk during the summer and winter seasons in Hamedan, Iran. Journal of Food Safety. 2007;27(2):188-98.

15. Karimi G, Hassanzadeh M, Teimuri M, Nazari F, Nili A. Aflatoxin M1 contamination in pasteurized milk in Mashhad, Iran: Aflatoxin contamination of milk. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2007;3(3):153-56.

16. Tajik H, Rohani SMR, Moradi M. Milk in Urmia,

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

Iran. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2007;10(22):4103-07.

17. Nazari A, Nourouzi H, Movahedi M, Khaksarian M. Measurement of aflatoxin m1 in raw and pasteurized cow milk samples by HPLC. Yafteh. 2007;9(3):49-56 (in Persian).

18. Oveisi MR, Jannat B, Sadeghi N, Hajimahmoodi M, Nikzad A. Presence of aflatoxin M1 in milk and infant milk products in Tehran, Iran. Food Control. 2007;18(10):1216-18.

19. Tajkarimi M, Aliabadi SF, Nejad AS, Poursoltani H, Motallebi A, Mahdavi H. Aflatoxin M1 contamination in winter and summer milk in 14 states in Iran. Food Control. 2008;19(11):1033-36.

20. Gholampour Azizi I, Khoushnevis S, Hashemi S. Aflatoxin m1 level in pasteurized and sterilized milk of Babol city. Tehran University of Medical Sciences Journal. 2007;65:20-24 (in Persian).

21. Kamkar, A. Detection of aflatoxin M1 in UHT milk samples by ELISA. Journal of Veterinary Research. 2008;63(2):7–12 (in Persian).

22. Hazhir M, Tahaiee NS, Rashidi K, Rezaie R, Shaykhi H. Determination of the amount of aflatoxin in milk samples delivered to Sanandaj pasteurized Milk corporation. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2008;13(1):44-50 (in Persian).

23. Sefidgar S, Azizi G, Khosravi A, Roudbar Mohammadi S. Presence of Aflatoxin M1 in raw milk at cattle farms in Babol, Iran. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2008;11(3):484-86.

24. Movassagh Ghazani MH. Aflatoxin M1 contamination in pasteurized milk in Tabriz (northwest of Iran). Food and Chemical Toxicology. 2009;47(7):1624-25.

25. Rahimi E, Shakerian A, Jafariyan M, Ebrahimi M, Riahi M. Occurrence of aflatoxin M1 in raw, pasteurized and UHT milk commercialized in Esfahan and Shahre Kord, Iran. Food Security. 2009;1(3):317-20.

26. Sani AM, Nikpooyan H, Moshiri R. Aflatoxin M1 contamination and antibiotic residue in milk in Khorasan province, Iran. Food and Chemical Toxicology. 2010;48(8-9):2130-32.

27. Fallah AA. Assessment of aflatoxin M1 contamination in pasteurized and UHT milk marketed in central part of Iran. Food and Chemical Toxicology. 2010;48(3):988-91.

28. Mohammadian B, Khezri M, Ghasemipour N, Mafakheri S, Pourghafour Langroudi P. Aflatoxin M1 contamination of raw and pasteurized milk produced in Sanandaj, Iran. Archives of Razi Institute,. 2010;65(2):99-104.

29. Fallah AA. Aflatoxin M1 contamination in dairy products marketed in Iran during winter and summer. Food Control. 2010;21(11):1478-81.

30. Mohamadi H, Alizadeh M, Rahimi J, Qasri S. Assessment of aflatoxin M1 levels in selected dairy products in north-western Iran. International Journal of Dairy Technology. 2010;63(2):262-65.

31. Riazipour M, Tavakkoli H, Razzaghi Abyane M, Rafati H, Sadr Momtaz S. Measuring the amount of M1 Aflatoxin in pasteurized milks. Kowsar Medical Journal. 2010;15(2):89-93 (in Persian).

32. Rahimi E, Bonyadian M, Rafei M, Kazemeini H. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk of five

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

dairy species in Ahvaz, Iran. Food and Chemical Toxicology. 2010;48(1):129-31.

33. Habibipour R, Khosravi A, Amirkhani A, Bayat S. A study on contamination of raw milk with aflatoxin M1 at the Hamedan province, Iran. Global Veterinaria. 2010;4(5):489-94.

34. Nemati M, Mesgari Abbasi M, Khankandi Hamed PA, Masoud. A survey on the occurrence of aflatoxin M1 in milk samples in Ardabil, Iran. Food Control. 2010;21(7):1022-24.

35. Ganjeiizadeh Rohanin F. The level of aflatoxin in milk and feed in dairy farms in Kerman. Food Additives & Contaminants: Part B. 2010;4(3):191-94.

36. Sefidgar S, Mirzae M, Assmar M, Naddaf S. Aflatoxin M1 in pasteurized milk in Babol city, Mazandaran province, Iran. Iranian Journal of Public Health. 2011;40(1):115-18.

37. Maktabi S, Hajikolaie MH, Ghorbanpour M, Pourmehdi M. Determination of Aflatoxin M1 in UHT, pasteurized and GSM milks in Ahvaz (South-West of Iran) using ELISA. Global Veterinaria. 2011;7(1):31-34.

38. Kamkar A, Jahed Khaniki G, Alavi S. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk produced in Ardebil of Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2011;8(2):123-28.

39. Movassagh MH. Presence of aflatoxin M1 in UHT milk in Tabriz (Northwest of Iran). Journal of Food Safety. 2011;31(2):238-41.

40. Davoudi Y, Garedaghi Y, Nazeri M. Survey on contaminated raw milks with aflatoxin M1 in the Sarab region, Iran. Research Journal of Biological Sciences. 2011;6(2):89-91.

41. Ghafoorian Abadi MH, Karim G. Studying how raw milk is contaminated with aflatoxin M1 by ELISA method in Garmsar city. National Conference of Food Industry. Ghochan: Islamic Azad University of Ghochan Branch; 2011. p.1–7 (in Persian).

42. Rahimi E, Hosseini Anari M, Alimoradi M, Rezaei P, Arab M, Goudarzi M. Aflatoxin M1 in pasteurized milk and white cheese in Ahvaz, Iran. Global Veterinaria. 2012;9(4):384-87.

43. Mohamadi Sani A, Khezri M, Moradnia H. Determination of aflatoxin M1 in milk by ELISA technique in Mashad (Northeast of Iran). International Scholarly Research Notices. 2012;2012(1):121926.

44. Mohsenzadeh M, Bisjerdi S. Determination of aflatoxin M1 contamination in UHT milk by ELISA. 4th National Biotechnology Congress of Iran. Kerman: Graduate University of Advanced Technology; 2005. p. 1-3 (in Persian).

45. Alinia F, Babaee Z. Determination of aflatoxin M1 in Mazandaran province at the first half of 1390. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2012;22(93):40-46 (in Persian).

46. Moosavy M, Roostaee N, Katiraee F, Habibi Asl B, Mostafavi H, Dehghan P. Aflatoxin M1 occurrence in pasteurized milk from various dairy factories in Iran. International Food Research Journal. 2013;20(6):3351-55.

47. Riahi Zanjani B, Balali Mood M. Aflatoxin M1 contamination in commercial pasteurized milk from local markets in Fariman, Iran. Mycotoxin Research. 2013;29(4):271-74.

48. Mohamadi Sani A, Nikpooyan H. Determination

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

of aflatoxin M1 in milk by high-performance liquid chromatography in Mashhad (north east of Iran). Toxicology and Industrial Health. 2013;29(4):334-38.

49. Sadeghi E, Almasi A, Bohloli Oskoii S, Mohamadi M. The evaluation of aflatoxin M1 level in collected raw milk for pasteurized dairy factories of Kermanshah. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences. 2013;15(3):26-29.

50. Khosravi A, Shokri H, Eshghi S, Darvishi S. Global occurrence of aflatoxin M1 in milk with particular reference to Iran. Food Security. 2013;5(4):533-39.

51. Vagef R, Mahmoudi R. Occurrence of Aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk produced in west region of Iran (during summer and winter). International Food Research Journal. 2013;20(3):1421-25.

52. Kazemi Darsanaki R, Mohammadi M, Hassani Kolavani M, Issazadeh K, Azizollahi Aliabadi M. Determination of aflatoxin M1 levels in raw milk samples in Gilan, Iran. Advanced Studies in Biology. 2013;5(4):151-56.

53. Ghaedi A, Mohamadi Sani A. Determination of AFM1 in milk by ELISA technique in Quchan (North–east of Iran). International Scholarly Research Notices. 2013;7(9):337-40.

54. Moeinian K, Yaghmaeian K, Ghorbani R. Aflatoxin M1 concentration in raw milk produced in the cities of Semnan province–Iran. Koomesh Journal. 2014;15(15):176-81 (in Persian).

55. Kamkar A, Yazdankhah S, Mohammadi Nafchi A, Mozaffari Nejad AS. Aflatoxin M1 in raw cow and buffalo milk in Shush city of Iran. Food Additives & Contaminants: Part B. 2014;7(1):21-24.

56. Nowrozi H, Kazemi A. Determination of aflatoxin M1 in fresh (raw and pasteurized) cow milk in Khuzestan province. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2014;13(3):327-33 (in Persian).

57. Mahmoudi R. Seasonal pattern of aflatoxin M1 contamination in buffalo milk. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2014;20(1):9-13.

58. Moeinian K, Rastgoo T. Seasonal variation of aflatoxin M1contamination in raw, pasteurized and school milk in Shahrood, Iran. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014;24(119):19-28 (in Persian).

59. Mahmoudi R, Zare P. Total and M1 aflatoxins contamination in meat and milk buffalo were slaughtered in the Northwest of Iran. Food Research Journal. 2014;24(1):11-18 (in Persian).

60. Rezaei M, Parviz M, Eshaghi Gorji M, Shariatifar N, Hosseini M, Habibi S. Occurrence of aflatoxin M1 in milk in Qom, Iran. Italian Journal of Food Science. 2014;26(3):325-28.

61. Ziaeian F, Mohammadi Sani A. Determination of aflatoxin M1 in pasteurized milk in Mashhad by competitive ELISA method in spring 2014. The Third National Conference on New Researches in Chemical Sciences and Engineering. Babol: Kome Elm Avaran Danesh Scientific Research Institute; 2014. p.1-11 (in Persian).

62. Mahmoudi R, Norian R. Aflatoxin B1 and M1 contamination in cow feeds and milk from Iran. Food and Agricultural Immunology. 2015;26(1):131-37.

63. Fallah AA, Barani A, Nasiri Z. Aflatoxin M1 in raw milk in Qazvin province, Iran: a seasonal study. Food

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

Additives & Contaminants: Part B. 2015;8(3):195-98.

64. Ehsani A, Ebadi Fathabad A, Modaresi R, Mojaddar Langroodi A, Valizadeh S. Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and powdered milk available in the Tehran market. The Second National Conference on Milk Health from Production to Consumption and its Nutritional Importance; Tehran: Iran University of Medical Sciences; 2015. p. 1-10.

65. Rezaei M, Fani A, Moini AL, Mirzajani P, Malekirad AA, Rafiei M, et al. Assessment of aflatoxin M1 levels in pasteurised milk, raw milk, and cheese in Arak, Iran. Toxin Reviews. 2015;34(2):61-65.

66. Barikbin B, Allahresani A, Khosravi R, Khodadadi M. Detection of aflatoxin M1 in dairy products marketed in Iran. Health Scope. 2015;4(1):e18925.

67. Norian R, Mahmoudi R, Porfarzaneh A, Mashatian F, Kaboudari A, Rahimi Pir Mahalleh SF, et al. Determination of aflatoxin M1 levels in raw milk samples using ELISA and high-performance liquid chromatography in Qazvin, Iran. Journal of Mycology Research. 2015;2(1):41-48.

68. Rouhi R, Kazemiane A, Jahromi AS, Zabetian H, Hakimelahi H, Yousefi A, et al. Levels of aflatoxin M1 in different types of milk collected in Jahrom, Iran, winter-spring 2013. American Journal of Animal and Veterinay. 2015;10(3):193-96.

69. Akrami Mohajeri F, Amiri A, Khorramdel Azad H, Ahmadi Z, Asadollahi Z, Rezaeian M, et al. Occurrence of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk produced in Rafsanjan, Iran. Journal of Community Health Research. 2015;4(3):215-19 (in Persian).

70. Riahi Zanjani B, Rahmani R, Sorkhabadi SMR, Aryan E, Oskouei Z, Sadeghi M, et al. A survey on aflatoxin M1 in raw milk of Fariman city, Khorasan province, Iran. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 2015;10(2):e20081.

71. Bahrami R, Shahbazi Y, Nikousefat Z. Aflatoxin M1 in milk and traditional dairy products from west part of Iran: Occurrence and seasonal variation with an emphasis on risk assessment of human exposure. Food Control. 2016;62:250-56.

72. Mashak Z, Jafari Sohi H, Heshmati A, Mozaffari Nejad AS. Assessment of Aflatoxin M1 contamination in UHT flavored milk samples in Karaj, Iran. Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2016;15(3):407-11.

73. Dakhili M, Shalibeik S, Ahmadi I. Detection of aflatoxin M1 in milk from Qom (aried and semiaried) province of Iran. International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2016;7(3):1461-65.

74. Tajik H, Moradi M, Razavi Rohani S, Hadian M. Determination of aflatoxin M1 in pasteurized and UHT milk in West-Azerbaijan province of Iran. Journal of Food Quality and Hazards Control. 2016;3(1):37-40.

75. Mohammadi H, Shokrzadeh M, Aliabadi Z, Riahi Zanjani B. Occurrence of aflatoxin M1 in commercial pasteurized milk samples in Sari, Mazandaran province, Iran. Mycotoxin Research. 2016;32(2):85-87.

76. Sohrabi N, Gharahkoli H. A seasonal study for determination of aflatoxin M1 level in dairy products in Iranshahr, Iran. Current Medical Mycology. 2016;2(3):27-31.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

and the milk distribution centers in Sanandaj, Iran (2015). Journal of Advances in Environmental Health Research. 2019;7(2):101-05.

85. Kiani F, Jalili M. Effect of season and farming system on aflatoxin M1 content and raw milk quality. Journal of Food Hygiene. 2019;9(35):55-66 (in Persian).

86. Ansari F, Pourjafar H, Christensen L. A study on the aflatoxin M1 rate and seasonal variation in pasteurized cow milk from northwestern Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 2019;191(1):1-6.

87. Hajmohammadi M, Valizadeh R, Naserian A, Nourozi ME, Rocha RS, Oliveira CA. Composition and occurrence of aflatoxin M1 in cow's milk samples from Razavi Khorasan Province, Iran. International Journal of Dairy Technology. 2020;73(1):40-45.

88. Ahmadi E. Potential public health risk due to consumption of contaminated bovine milk with aflatoxin M1 and Coxiella burnetii in the West of Iran. International Journal of Dairy Technology. 2020;73(3):479-85.

89. Abdali F, Zare M, Abbasi A, Berizi E. Aflatoxin M1 occurrence in local dairy products in Shiraz, Southern Iran. International Journal of Nutrition Sciences. 2020;5(3):142-47.

90. Jafari K, Ebadi Fathabad A, Fakhri Y, Shamsaei M, Miri M, Farahmandfar R, et al. Aflatoxin M1 in traditional and industrial pasteurized milk samples from Tiran county, Isfahan province: a probabilistic health risk assessment. Italian Journal of Food Science. 2021;33(SP1):103-16.

91. Sotoodeh L, Dini A, Rezaeian M, Esmaeili A,

77. Fallah AA, Fazlollahi R, Emami A. Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk of four dairy species in Yazd, Iran. Food Control. 2016;68:77-82.

78. Esmaeili Koutamehr M, Akbari H, Akbari S, Hassanzadazar H. Aflatoxin M1 level in raw milk samples of Maragheh, Bonab and Malekan cities, East Azerbaijan province, Iran. Studia Universitatis Vasile Goldis Arad Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series). 2017;27(2):85-89.

79. Shokri H, Torabi S. The effect of milk composition, yeast-mould numbers and seasons on aflatoxin M1 amounts in camel milk. Journal of Food Safety. 2017;37(2):e12300.

80. Movassagh Ghazani M, Ghorbiani M. Incidence of aflatoxin M1 in human and cow milk in Kashan, Iran. Journal of Food Quality and Hazards Control. 2017;4(4):99-102.

81. Rasti Ardakany M, Ranjbari AR, Hydari MR. Aflatoxin M1 contamination rate in pasteurized milk in Isfahan city, Iran. Journal of Health System Research. 2018;14(2):265-71 (in Persian).

82. Ghasemian SO. Aflatoxin M1 Contamination in raw cow milk of dairy farms in Behbahan area, Khuzestan province, Iran. Tolooebehdasht Journal. 2019;18(2):45-56 (in Persian).

83. Khaneghahi Abyaneh H, Bahonar A, Noori N, Yazdanpanah H, Shojaee Ali Abadi MH. Exposure to aflatoxin M1 through milk consumption in Tehran population, Iran. Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2019;18(3):1332-40.

84. Kohzadi S, Loqmani H, Reshadmanesh N, Babaei E, Nadimi H, Salehzadeh H, et al. Aflatoxin M1 levels in the raw milk produced by a dairy factory

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

Asgarian A. Evaluation of aflatoxin M1 contamination in pasteurized milk in Kerman and Rafsanjan cities in 2019: A descriptive study. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2021;19(11):1163-78 (in Persian).

92. Gholampour Aghdami R, Mohebbi Fani M, Omidi A, Rasooli A, Ansari Lari M. Opposite direction for seasonal variation of aflatoxin M1 in bulk milk and aflatoxin B1 in rations: results from a prospective study in selected dairy farms of Qazvin province, Iran. Iranian Veterinary Journal. 2023:19(3);29-40.

93. Kamali M, Seyyedi SS, Taheri Sarvtin M. A Study on the presence of aflatoxin M1 in cow's milk in Jiroft. International Journal of Medical Laboratory. 2021;8(2):147-53.

94. Rahimzadeh Barzoki H, Faraji H, Beirami S, Keramati FZ, Nayik GA, Izadi Yazdanaabadi Z, et al. Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in cow milk on the retail dairy market in Gorgan, Iran. Dairy. 2023;4(4):571-80.

95. Ghaffarian Bahraman A, Mohammadi S, Dini A. Occurrence and risk characterization of aflatoxin M1 in milk samples from southeastern Iran using the margin of exposure approach. Food Science & Nutrition. 2023;11(11):7100-08.

96. Rahimian Y. Evaluation of the fungal flora of animal feed and aflatoxin M1 concentration in the milk of traditional cattle farms of Chaharmahal and Bakhtiari province. Journal of Veterinary Laboratory Research. 2023;14(2):111-20 (in Persian).

97. Ghavimi H, Taghavi Y, Esmi F, Tajkey J, Rezaei S, Mohseni M. Determination of aflatoxin M1 in milk samples of Zanjan, Gilan, East Azerbaijan and Kermanshah provinces by ELASA method. Journal of Environmental Health Engineering. 2023;11(1):76-88 (in Persian).

98. Hasninia D, Salimi G, Bahrami G, Sharafi K, Omer AK, Rezaie M, et al. Human health risk assessment of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk from the Kermanshah province, Iran. Journal of Food Composition and Analysis. 2022;110:104568.

99. Behtarin P, Movassa Ghghazani MH. Aflatoxin M1 level and risk assessment in milk, yogurt, and cheese in Tabriz, Iran. Toxicon. 2024;250:108119.

100. Parvizifara S, Rahimi E. Occurence of aflatoxin M1 in ruminants milk offerd in Karaj county with ELISA method. Food Processing and Preservation Journal. 2024;16(1):67-80 (in Persian).

101. Mofid V, Peivasteh Roudsari L, Karami H, Tajdar Oranj B, Mirza Alizadeh A, Karami M, et al. Probabilistic health risk assessment of aflatoxin M1 in pasteurized milk from different cities of Iran. Journal of Human Environment and Health Promotion. 2024;10(1):18-23.

102. Ebadi Fathabad A, Zarghi MH, Jahed Khaniki G, Shariatifar N, Johari N, Yousefi S, et al. Aflatoxin M1 in milk and dairy products in Birjand, Iran: A contribution to human health risk assessment. Food Science & Nutrition. 2025;13(9):e70966.

103. Mollakhalili Meybodi N, Nematollahi A. The occurrence of aflatoxin M1 in milk samples of Iran: A systematic review and meta-analysis. Environmental Monitoring and Assessment. 2023;195(6):786.

104. Mozaffari Nejad ASH, Ali, Ghiasvand T. The occurrence and risk assessment of exposure to aflatoxin M1 in ultra-high temperature and

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

pasteurized milk in Hamadan province of Iran. Osong Public Health and Research Perspectives. 2019;10(4):228-33.

105. Taherabadi MS, Gharavi MJ, Javadi I, Alimohammadi M, Moghadamnia H, Mosleh N, et al. The level of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk produced in Alborz province, Iran. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 2016;11(4):e31708.

106. Salari N, Kazeminia M, Vaisi Raygani A, Jalali R, Mohammadi M. Aflatoxin M1 in Milk worldwide from 1988 to 2020: A systematic review and meta-analysis. Journal of Food Quality. 2020;2020(1):1-14.

107. Asi MR, Iqbal SZ, Arino A, Hussain A. Effect of seasonal variations and lactation times on aflatoxin M1 contamination in milk of different species from Punjab, Pakistan. Food Control. 2012;25(1):34-38.

108. Duarte S, Almeida A, Teixeira A, Pereira A, Falcao A, Pena A, et al. Aflatoxin M1 in marketed milk in Portugal: Assessment of human and animal exposure. Food Control. 2013;30(2):411-17.

109. Zheng N, Li S, Zhang H, Min L, Gao Y, Wang J. A survey of aflatoxin M1 of raw cow milk in China during the four seasons from 2013 to 2015. Food Control. 2017;78:176-82.

110. Ghaffarian Bahraman A, Mohammadi S, Jafari A, Ghani Dehkordid J, Arabnezhad MR, Rahmdel S, et al. Occurrence of aflatoxin M1 in milks of five animal species in Iran: a systematic review and meta-analysis. Food Reviews International. 2020;36(7):692-712.

111. Serraino A, Bonilauri P, Kerekes K, Farkas Z, Giacometti F, Canever A, et al. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk marketed in Italy: Exposure assessment and risk characterization. Frontiers in Microbiology. 2019;10:1-10.

112. Bilandzic N, Tankovic S, Jelusic V, Varenina I, Kolanovic BS, Luburic DB, et al. Aflatoxin M1 in raw and UHT cow milk collected in Bosnia and Herzegovina and Croatia. Food Control. 2016;68:352-57.

113. Rodriguez Blanco M, Ramos A, Prim M, Sanchis V, Marin S. Usefulness of the analytical control of aflatoxins in feedstuffs for dairy cows for the prevention of aflatoxin M1 in milk. Mycotoxin Research. 2020;36(1):11-22.

114. Buzas H, Szabo Sarvari LC, Szabo K, Nagy Kovacs K, Bukovics S, Sule J, et al. Aflatoxin M1 detection in raw milk and drinking milk in Hungary by ELISA- A one year survey. Journal of Food Composition and Analysis. 2023;121:105368.

115. Camaj Ibrahimi A, Berisha B, Haziri A, Camaj Isa A, Dibrani Sopjani H, Shala N, et al. Occurrence of Aflatoxin M1 in yogurt samples found in markets in Kosovo during spring 2023. Veterinarska Stanica. 2024;55(3):301-10.

116. Ilievska G, Stojanovska Dimzoska B, Koceva D, Stojkovic G, Angeleska A, Dimitrieska Stojkovic E. Dietary exposure and health risk assessment of aflatoxin M1 in dairy products consumed by population of North Macedonia. Journal of Food Quality and Hazards Control. 2022;9:14-22.

117. Milicevic D, Petronijevic R, Petrovic Z, Đjinovic Stojanovic J, Jovanovic J, Baltic T, et al. Impact of climate change on aflatoxin M1 contamination of

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

raw milk with special focus on climate conditions in Serbia. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019;99(11):5202-10.

118. Eker FY, Muratoglu K, Eser AG. Detection of aflatoxin M1 in milk and milk products in Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. 2019;191(8):523.

119. Topi D, Spahiu J, Rexhepi A, Marku N. Two-year survey of aflatoxin M1 in milk marketed in Albania, and human exposure assessment. Food Control. 2022;136:108831.

120. Gizachew D, Szonyi B, Tegegne A, Hanson J, Grace D. Aflatoxin contamination of milk and dairy feeds in the Greater Addis Ababa milk shed, Ethiopia. Food Control. 2016;59:773-79.

121. Kuboka MM, Imungi JK, Njue L, Mutua F, Grace D, Lindahl JF. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk traded in peri-urban Nairobi, and the effect of boiling and fermentation. Infection Ecology & Epidemiology. 2019;9(1):1-8.

122. Kortei NK, Annan T, Kyei Baffour V, Essuman EK, Boakye AA, Tettey CO, et al. Exposure assessment and cancer risk characterization of aflatoxin M1 (AFM1) through ingestion of raw cow milk in southern Ghana. Toxicology Reports. 2022;9:1189-97.

123. Zinedine A, Ben Salah Abbes J, Abbes S, Tantaoui Elaraki A. Aflatoxin M1 in Africa: exposure assessment, regulations, and prevention strategies- A review. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 2021;258:73-108.

124. Xiong J, Peng L, Zhou H, Lin B, Yan P, Wu W, et al. Prevalence of aflatoxin M1 in raw milk and three types of liquid milk products in central-south China. Food Control. 2020;108:106840.

125. Sharma H, Jadhav VJ, Garg SR. Aflatoxin M1 in milk in Hisar city, Haryana, India and risk assessment. Food Additives & Contaminants: Part B. 2020;13(1):59-63.

126. Alvarez Dias F, Torres Parga B, Valdivia Flores AG, Quezada Tristan T, Alejos De La Fuente JI, Sosa Ramirez J, et al. Aspergillus flavus and total aflatoxins occurrence in dairy feed and aflatoxin M1 in bovine milk in Aguascalientes, Mexico. Toxins. 2022;14(5):292.

127. Contecotto ACT, Pante GC, Castro JC, Souza AA, Lini RS, Romoli JCZ, et al. Occurrence, exposure evaluation and risk assessment in child population for aflatoxin M1 in dairy products in Brazil. Food and Chemical Toxicology. 2021;148:111913.

128. Kos J, Levic J, Duragic O, Kokic B, Miladinovic I. Occurrence and estimation of aflatoxin M1 exposure in milk in Serbia. Food Control. 2014;38(1):41-46.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Systematic Review Article

Systematic review of the level of aflatoxin M1 contamination in various types of milk supplied in Iran

Mohammad Amin Heidarzadi*

Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 25 February 2026
Revised: 11 May 2026
Accepted: 16 May 2026
Published: 16 June 2026

Keywords: Aflatoxin M1, Food safety, Milk, Iran

***Corresponding Author:**
heidarzadi1373@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Aflatoxins are found in various types of food and animal feed. Food contamination with aflatoxin is of particular importance today. The present study aimed to determine the prevalence of aflatoxin M1 in various types of milk supplied in Iran through a systematic review.

Materils and Methods: In this review, national and international databases including SID, MagIran, Embase, ScienceDirect, Scopus, PubMed, and Web of Science (ISI) were extracted without time limit until December 2025. The total number of articles searched was 2250, of which 90 were cited in this study and included 11,632 milk samples.

Results: The results showed that the average concentration of aflatoxin M1 in all types of milk supplied in Iran was 68.47 ng/L, which was lower than the permissible limit of the Iranian standard (100 ng/L); but it exceeded the European Union standard (50 ng/L). The findings of this study showed that 17.78% (16 out of 90 articles) exceeded the values determined by the Iranian standard, and 22.32% (29 out of 90 articles) exceeded the standards determined by the European Union. Therefore, in 59.9% of the studies, the level of contamination with aflatoxin M1 was lower than the European standard. The strict standards set by the relevant authorities are the main reason for the low aflatoxin content in milk supplied in Iran.

Conclusion: Considering the average concentration of aflatoxin M1 in fermented milk in Iran, it does not pose a significant risk to consumers; however, monitoring and screening of livestock feed would help further reduce aflatoxin M1 in milk.

Please cite this article as: Heidarzadi MA. Systematic review of the level of aflatoxin M1 contamination in various types of milk supplied in Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;19(1):153-72.

Copyright © 2026 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-24]