

زدودن سم آفلاتوکسین M_1 از شیر با کاربرد مواد جاذب

محمد‌هادی اسکندری^۱، مهدی زارعی^۲ و سید شهرام شکر فروش^۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۱۵

خلاصه

کانی‌های جاذب دارای توانایی قابل توجهی در جذب میکوتوکسین‌ها می‌باشند. در این پژوهش به مطالعه کارایی دو کانی جاذب ژئولیت و بنتونیت طبیعی در جذب سم آفلاتوکسین M_1 افزوده شده به شیر و توانایی ژئولیت طبیعی در برداشت سم مذکور از آب پرداخته شد. به نمونه‌های شیر و آب آلوده شده با ۵۰ و ۵۰۰ نانو گرم در لیتر سم آفلاتوکسین M_1 ، مقدار ۵ درصد از کانی‌های پودر ژئولیت، سنگ ژئولیت و پودر بنتونیت به صورت جداگانه افزوده شد، سپس میزان آفلاتوکسین M_1 باقیمانده و همچنین میزان پروتئین، چربی و لاکتوز شیرهای تیمار شده اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بسته به نوع کانی و غلظت سم آفلاتوکسین M_1 ، از ۶۳ تا ۱۰۰ درصد سم افزوده شده بازجذب گردید. همچنین تنها میزان پروتئین در نمونه‌های تیمار شده با پودر ژئولیت کاهش معنی‌داری پیدا کرد. کانی‌های جاذب با برداشتن سم آفلاتوکسین M_1 ، میزان آن را در شیر کاهش می‌دهند. میزان برداشت سم آفلاتوکسین M_1 از شیر به سطح تماس کانی‌های مذکور ارتباط مستقیم دارد و با کاربرد مناسب این کانی‌ها می‌توان میزان آفلاتوکسین M_1 شیر را تا حد مجاز کاهش داد.

کلمات کلیدی: آفلاتوکسین M_1 ، شیر، کانی‌های جاذب، ژئولیت، بنتونیت

مقدمه

آفلاتوکسین M_1 (Aflatoxin M_1 (AFM₁))، متابولیت هیدروکسیله شده AFB_1 می‌باشد و زمانی که حیوانات از غذای آلوده به AFB_1 استفاده کنند AFM_1 در شیرشان ترشح می‌شود. AFM_1 نیز دارای اثرات سرطان‌زایی می‌باشد اما قدرت ایجاد سرطان آن کمتر از AFB_1 می‌باشد. راه AFM_1 یافته به شیر در برابر بسیاری از فرایندها مانند پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون تا حدی پایدار است و می‌تواند به فرآورده‌های شیری راه پیدا کند (۲۵).

در سال‌های اخیر تولید و مصرف شیر و فرآورده‌های آن در ایران از روند رو به رشدی برخوردار بوده است و در سال ۲۰۰۸ میزان تولید شیر به بیش از ۷/۶ میلیون لیتر رسیده است (۱۲).

میکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه گروهی از کپک‌ها هستند که در پی آلودگی و رشد این قارچ‌های رشته‌ای بر روی مواد غذایی بوجود می‌آیند. برخی از میکوتوکسین‌ها برای انسان و حیوانات به شدت سمی هستند و باعث ایجاد بیماری‌های گوناگونی می‌شوند (۶ و ۱۳).

یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین میکوتوکسین‌ها، آفلاتوکسین می‌باشد که در بسیاری از غلات و عمدتاً در پی آلودگی آنها با کپک‌های *Aspergillus flavus* و *Aspergillus parasiticus* به وجود می‌آید (۷ و ۱۸). آفلاتوکسین اشکال مختلفی دارد که در این میان آفلاتوکسین B_1 (Aflatoxin B_1 (AFB₁)) از همه سمیت بیشتری دارد و ماده‌ای سرطان‌زا، جهش‌زا و ناقص‌الخلقه‌زا می‌باشد (۲۰).

(نویسنده مسئول)

E-mail: eskandar@shirazu.ac.ir

^۱ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

^۲ استادیار گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز

^۳ استاد گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز

محصولات حاصل از تخریب سم را که اثرات نامطلوب دارند را در محصول به جای نگذارند و اثرات نامطلوبی بر مواد مغذی و پذیرش غذا توسط مصرف‌کنندگان نداشته باشد (۱۰).

از این‌رو کاربرد کانی‌های جاذب برای گرفتن آفلاتوکسین از شیر، فرآیندی سودمند به نظر می‌رسد که در صورت عملی بودن، باقیمانده سموم در شیر به جای نمی‌ماند و از لحاظ اقتصادی هم به صرفه می‌باشد. با توجه به توانایی کانی‌های جاذب در جذب مواد سمی از مایعات، در این پژوهش به مطالعه امکان استفاده از دو کانی ژئولیت طبیعی (به صورت پودر و سنگ) و بنتونیت جهت جذب آفلاتوکسین M_1 موجود در شیر خام و آب پرداخته شد. علاوه بر آن اثرات کاربرد مواد جاذب بر مواد مغذی شیر نیز بررسی گردید.

مواد و روش کار

آماده‌سازی شیر

برای انجام آزمایش‌ها از شیر هموژن و استریل شده (به روش فرادما) با ۱/۵٪ چربی، تولید شده توسط شرکت شیر پاستوریزه پگاه فارس استفاده شد. ابتدا میزان آفلاتوکسین موجود در شیر با کاربرد روش الیزا سنجیده شد و سپس با استفاده از استاندارد آفلاتوکسین M_1 (۰/۵ $\mu\text{g/ml}$) ساخت شرکت Biopure کشور اتریش، مقدار آفلاتوکسین M_1 شیر در دو گروه به مقادیر ۵۰ ng/l و ۵۰۰ ng/l رسانده شد. لازم به ذکر است که محلول سم استفاده شده کاملاً در آب قابل حل بود. میزان سم افزوده شده با توجه به حداکثر میزان مجاز آفلاتوکسین M_1 در شیر که برابر با ۵۰ ng/l می‌باشد و همچنین مطالعه Di Natale و همکاران در سال ۲۰۰۹ صورت گرفت (۱۰).

جذب آفلاتوکسین M_1 با کانی‌های جاذب

از دو کانی ژئولیت طبیعی و بنتونیت که هر دو از معادنی در استان زنجان به دست آمدند، جهت جذب

به دلیل اهمیت سلامت شیر در تغذیه انسان در سال‌های گذشته پژوهش‌های بسیاری در جهت بررسی میزان آفلاتوکسین M_1 موجود در شیرهای خام و فرآیند شده تولیدی در ایران صورت گرفته است (۳، ۱۷، ۱۹، ۲۶ و ۲۷). نتایج این تحقیقات نشانگر وجود مقادیر بیش از حد مجاز در نظر گرفته شده توسط اتحادیه اروپایی (۵۰ ng/Kg) آفلاتوکسین M_1 در تعداد قابل توجهی از نمونه‌های شیر آزمایش شده بود. ورود حجم بالای شیرهای آلوده به زنجیره غذایی مردم می‌تواند سبب ایجاد آسیب‌ها و خسارت‌های بهداشتی غیر قابل جبرانی برای جامعه گردد. به علاوه این مشکل سبب شده است که امکان استفاده از قسمتی از شیرهای تولیدی در کشور برای تولید فرآورده‌هایی همچون شیر خشک نوزادان وجود نداشته باشد و از طرفی صادرات شیر و فرآورده‌های شیری را با مشکل روبرو سازد.

مهمترین راه جلوگیری از ورود آفلاتوکسین M_1 به زنجیره غذایی انسانی، پیشگیری از تولید آن در شیر دام‌ها از طریق کاهش دادن سم آفلاتوکسین B_1 در جیره غذایی دام‌ها می‌باشد. با وجود مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته امکان شناسایی سریع مواد غذایی آلوده به AFB_1 مورد استفاده دام‌ها وجود ندارد و بسیاری از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و یا میکروبی پیشنهاد شده برای زدودن آفلاتوکسین B_1 از غذای دام‌ها، در مقیاس بالا کاربردی نیستند و صرفه اقتصادی هم ندارند (۱۴، ۱۶، ۲۲، ۲۳ و ۲۵).

یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت سم‌زدایی و جلوگیری از جذب آفلاتوکسین موجود در غذا در دستگاه گوارش حیوانات استفاده از مواد جاذب می‌باشد. مواد جاذب افزوده شده به غذای حیوانات با میکوتوکسین‌ها اتصال برقرار کرده و جذب این سموم را از طریق دستگاه گوارش کاهش می‌دهند (۲۰، ۲۱، ۲۴ و ۲۹).

روش‌هایی جهت زدودن سم آفلاتوکسین از شیر پیشنهاد شده است اما یک روش مناسب سم‌زدایی باید سم را تخریب یا غیرفعال کند، باقیمانده سم و یا

۵۰۰ از آفلاتوکسین M₁ افزوده شد سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای C ۲۵° بر روی شیکر صفحه با دور ۵۰ بار در دقیقه گذاشته شدند. سپس نمونه‌های شیر از پارچه تنظیف عبور داده شدند. میزان کاربرد کانی‌ها و زمان تماس بین کانی و شیر بر اساس مطالعه اولیه و همچنین نتایج دیگر پژوهش‌ها انتخاب شد (۱۰، ۱۱ و ۲۸). تمامی تیمارها حداقل در سه تکرار مجزا صورت گرفت.

آفلاتوکسین M₁ اضافه شده به شیر استفاده شد. کانی بنتونیت مورد استفاده به شکل پودر و کانی زئولیت به دو شکل پودر نرم و سنگ ریزه به ابعاد تقریبی ۵ میلی‌متر بود. مطابق جدول ۱ پنج گرم از هر یک از سه نمونه پودر بنتونیت، پودر زئولیت و سنگ زئولیت به صورت جداگانه در فلاسک‌های شیشه‌ای حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر شیر آلوده به ۵۰ و ۵۰۰ ng/L از آفلاتوکسین M₁ افزوده شد. همچنین پنج گرم از پودر زئولیت به در فلاسک‌های شیشه‌ای حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب آلوده به ۵۰ و ng/L

جدول ۱: میزان جذب آفلاتوکسین افزوده شده به نمونه‌های شیر و آب توسط کانی‌های جاذب سم

نوع نمونه (100 ml)	کانی جاذب (5 g)	مقدار AFM ₁ افزوده شده (ng/L)	مقدار AFM ₁ جذب شده (mean±S.D.)	درصد AFM ₁ جذب شده
شیر	پودر زئولیت	۵۰۰	۴۳۵ ± ۱۷	۸۷ ^a
شیر	پودر زئولیت	۵۰	۴۹ ± ۶	۹۸ ^a
آب	پودر زئولیت	۵۰۰	۴۸۰ ± ۳۲	۹۶ ^a
آب	پودر زئولیت	۵۰	۵۰ ± ۴	۱۰۰ ^a
شیر	پودر بنتونیت	۵۰۰	۳۱۵ ± ۲۶	۶۳ ^a
شیر	پودر بنتونیت	۵۰	۴۲/۵ ± ۵	۸۵ ^a
شیر	سنگ زئولیت	۵۰۰	۳۷۰ ± ۲۱	۷۴ ^a
شیر	سنگ زئولیت	۵۰	۴۱/۵ ± ۷	۸۳ ^a

حروف کوچک غیر مشابه نشانه تفاوت معنی‌دار در ستون می‌باشد (P<۰/۰۵).

تعداد نمونه در تمامی گروه‌ها سه عدد می‌باشد.

میزان پروتئین شیر طبق استاندارد شماره ۶۳۹ ایران و میزان لاکتوز شیر با استفاده از دستگاه (35110 LactoStar series) ساخت کمپانی Funke gerber آلمان اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از اثر تیمارهای به کار رفته بر میزان آفلاتوکسین و مواد مغذی شیر با نرم‌افزار SPSS 11.5 انجام گرفت. تیمارها به طور عمده در سه و برخی پنج تکرار صورت گرفت و سپس میانگین و انحراف معیار به دست آمد. برای مطالعه وجود اختلاف

اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین M₁

برای اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین M₁ در نمونه‌های شیر و آب از روش الایزای رقابتی استفاده شد. بدین منظور از کیت الایزای Aflatoxin M₁ AraQuant® ساخت شرکت Romer Lab سنگاپور استفاده شد. مراحل آزمایش بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده صورت گرفت. کمترین مقدار قابل تشخیص سم توسط کیت به کار رفته ۵ ng/l در شیر تازه می‌باشد.

اندازه‌گیری مواد مغذی شیر

میزان چربی شیر طبق استاندارد شماره ۳۸۴ ایران،

آماری معنی‌دار بین تیمارهای مختلف، از آنالیز واریانس و آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

میزان برداشت سم آفلاتوکسین M_1 افزوده شده به شیر و آب توسط کانی‌های جاذب مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشانگر کارایی بسیار هر دو کانی ژئولیت و بنتونیت در جذب سم آفلاتوکسین M_1 افزوده شده به شیر و آب می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود، با افزایش میزان سم از ۵۰ به ۵۰۰ نانوگرم در هر لیتر شیر، میزان برداشت آن توسط هر دو کانی به طور معنی‌داری کاهش یافته است ($P < 0/05$). به طور مثال، پودر بنتونیت قادر به جذب ۸۵٪ از ۵۰ نانوگرم سم آفلاتوکسین M_1 به هر لیتر شیر می‌باشد در حالی که با افزایش میزان سم از ۵۰ به ۵۰۰ نانوگرم در لیتر، میزان جذب سم به ۶۳ درصد کاهش یافته است. بیشترین میزان جذب سم آفلاتوکسین M_1 مربوط به کانی ژئولیت طبیعی به شکل پودر می‌باشد که تمامی سم افزوده شده (۵۰ نانوگرم در لیتر) به آب را برداشت نموده است ($P < 0/05$). میزان بازیافت سم آفلاتوکسین M_1 افزوده شده به نمونه‌ها توسط کیت استفاده شده بین ۱۰۱ تا ۱۰۶ درصد به دست آمد.

شیرهای تیمار شده جهت بررسی اثر کانی‌های جاذب بر محتوی مواد مغذیشان مورد ارزیابی قرار گرفتند. فاکتورهای اندازه‌گیری شده شامل پروتئین تام، چربی و لاکتوز بود که نتایج آزمایش‌های صورت گرفته در جدول ۲ مشاهده می‌شود. آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که در میانگین مقدار پروتئین شیرهای تیمار شده با پودر ژئولیت نسبت به دیگر گروه‌ها کاهش معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/05$). اما مقدار پروتئین شیرهای تیمار شده با سنگ ژئولیت و پودر بنتونیت در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$). در مقدار لاکتوز و چربی بین گروه‌های مختلف با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$).

جدول ۲: مقایسه میزان پروتئین، چربی و لاکتوز نمونه‌های شیر تیمار شده با ۵ درصد کانی‌های جاذب سم آفلاتوکسین

نوع کانی	درصد پروتئین (mean±S.D.)	درصد چربی (mean±S.D.)	درصد لاکتوز (mean±S.D.)
کنترل	۳/۰۱±۰/۰۱ ^a	۱/۴۸±۰/۰۱ ^a	۴/۳۶±۰/۰۵ ^a
پودر ژئولیت	۲/۸۵±۰/۲۸ ^b	۱/۵۰±۰/۰۱ ^a	۴/۲۹±۰/۰۱ ^a
پودر بنتونیت	۳/۰۲±۰/۰۷ ^a	۱/۴۸±۰/۰۲ ^a	۴/۲۸±۰/۰۲ ^a
سنگ ژئولیت	۲/۹۸±۰/۰۹ ^a	۱/۵۱±۰/۰۲ ^a	۴/۲۹±۰/۰۲ ^a

اعداد داخل جدول میانگین سه تکرار می‌باشند.

حروف کوچک غیر مشابه نشانه تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($P < 0/05$).

بحث

آفلاتوکسین M_1 یکی از مایکوتوکسین‌هایی می‌باشد که اثرات سمی آن به خوبی شناخته شده است (۲۵). در سال‌های اخیر با شناخت بیشتر مایکوتوکسین‌ها و اثرات نامطلوب آنها بر روی انسان و حیوانات، تلاش‌های زیادی در جهت زدودن این سموم از مواد غذایی صورت گرفته است. راهکارهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک جهت سم‌زدایی از مواد غذایی بکار رفته است اما محققین در پی روش مطمئن، کارآمد، ساده و ارزان هستند که باقیمانده‌ای از سموم را هم در ماده غذایی به جای نگذارد (۹، ۱۶، ۲۲ و ۲۵).

امروزه کاربرد مواد جاذب جهت زدودن سموم قارچی از مواد غذایی کاربرد زیادی پیدا کرده است و بیشترین کاربرد آن افزودن کانی‌های جاذب به خوراک دام و طیور در جهت اتصال این کانی‌ها با مایکوتوکسین‌ها و جلوگیری از جذب آنها در دستگاه گوارش می‌باشد (۱۴، ۱۵، ۲۳ و ۲۹).

فیزیکوشیمیایی مایکوتوکسین دارد. امکان ایجاد تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این کانی‌ها در جهت دلخواه و به منظور بهبود ویژگی جذب توکسین آنها وجود دارد. لازم به ذکر است که در حالت طبیعی، بار الکتریکی سطح این کانی‌ها منفی می‌باشد و در صورت تغییر pH محیط، این بار تغییر می‌یابد که منجر به تغییر در توانایی کانی جهت جذب مواد باردار می‌گردد (۹).

Di Natale و همکاران در سال ۲۰۰۹ توانایی ۹ ماده جاذب مختلف حاوی ۴ ترکیب کربنی و ۵ کانی جاذب را در جهت برداشت سم آفلاتوکسین M₁ از شیر بررسی کردند. نتایج نشان داد که جاذب‌های کربنی قادرند بیش از ۹۰ درصد آفلاتوکسین M₁ افزوده شده به شیر را به خود جذب کنند. میزان برداشت آفلاتوکسین M₁ توسط بتونیت در مطالعه مذکور ۸۵ درصد گزارش شده است که کاملاً با پژوهش حاضر انطباق دارد. اما Di Natale و همکاران در سال ۲۰۰۹ با استفاده از کانی‌های آلومینوسیلیکاتی تنها موفق به جذب ۳-۲ درصد از سم افزوده شده شدند و این در حالی است که در پژوهش حاضر با کاربرد این کانی‌ها بیش از ۹۰ درصد سم آفلاتوکسین M₁ برداشته شد (۱۰). در این خصوص باید توجه شود که کانی جاذب مورد استفاده در پژوهش Di Natale و همکاران، سدیم آلومینوسیلیکات هیدراته می‌باشد که نسبت به زئولیت طبیعی استفاده شده در پژوهش حاضر، فاقد کاتیون کلسیم می‌باشد. بنابراین ترکیب شیمیایی و ساختار فیزیکی کانی‌های جاذب در برداشت آفلاتوکسین M₁ از شیر بسیار پراهمیت می‌باشد.

Tonverapongsiri نیز در سال ۲۰۰۲ نشان داد که کانی جاذب سدیم کلسیم آلومینوسیلیکات هیدراته افزوده شده به شیر خام در مقادیر ۴-۵/۰ درصد، قادر به بازجذب بیش از ۹۰ درصد آفلاتوکسین M₁ افزوده شده به شیر می‌باشد (۲۸). نتایج مذکور با نتایج حاصل از پژوهش حاضر شباهت بسیاری دارد.

قسمت عمده آفلاتوکسین M₁ موجود در شیر در سرم و یا به صورت متصل به کازئین شیر هستند و کمتر به

با توجه به خصوصیت مذکور کانی‌های جاذب، تلاش‌هایی در جهت جذب سموم قارچی از مایعات با کاربرد این مواد صورت گرفته است (۴، ۵ و ۱۰).

با وجود همه تمهیداتی که برای جلوگیری از ورود آفلاتوکسین B₁ در غذای دام‌ها صورت می‌گیرد، باز هم مقداری از آن به غذا راه یافته و از طریق روده‌ها جذب بدن دام‌ها شده و به شکل آفلاتوکسین M₁ در شیرشان ترشح می‌شود. بنابراین کاربرد کانی‌های جاذب برای برداشتن این سم از شیر با اهمیت به نظر می‌رسد.

در مطالعه پیش رو مشخص گردید که دو کانی زئولیت طبیعی و بتونیت دارای توانایی بسیار خوبی جهت جذب سم آفلاتوکسین M₁ افزوده شده به شیر و آب می‌باشند و قادر هستند میزان سم را در شیرهای آلوده به زیر سطوح مجاز کاهش دهند. باید توجه داشت که در این روش سم به صورت سطحی جذب کانی‌ها می‌شود، بنابراین سم تخریب یا غیر فعال نمی‌شود و از خود باقیمانده‌ای به جای نمی‌گذارد.

همان طور که در قسمت نتایج دیده شد با افزایش میزان سم مقدار جذب آن توسط کانی‌ها کاهش پیدا کرد و از طرف دیگر هرچقدر سطح تماس کانی‌ها افزایش یابد میزان جذب سم توسط آنها افزوده می‌شود. این نتایج موید جذب سم آفلاتوکسین M₁ به وسیله سطوح کانی‌های جاذب می‌باشد.

مهم‌ترین جزء تشکیل دهنده کانی بتونیت، مونتموریلونیت نام دارد که از لحاظ ترکیب و ساختار کمی با زئولیت طبیعی یا سدیم کلسیم آلومینوسیلیکات هیدراته فرق دارد. هر دو کانی دارای سطح تماس زیادی هستند و می‌توانند ترکیبات ارگانیک را در سطوح خارجی یا در فضای داخلی بین لایه‌های کانی از طریق ایجاد ارتباط یا جایگزینی با کاتیون‌های به کار رفته جذب کنند (۲۹).

میزان جذب مایکوتوکسین‌ها به کانی‌های جاذب از یک طرف بستگی به ساختار کریستالی و ویژگی‌های فیزیکی کانی و از طرف دیگر به ویژگی‌های

صورت متصل با دیگر اجزای شیر دیده می‌شوند. این موضوع آنجا اهمیت می‌یابد که در برخی پژوهش‌ها، آفلاتوکسین M_1 به صورت دستی به شیر افزوده می‌شود و در برخی دیگر پژوهش‌ها آفلاتوکسین B_1 به دام خوراند می‌شود تا آفلاتوکسین M_1 خود به خود در شیر ترشح گردد. هنوز مشخص نیست که آیا آفلاتوکسین M_1 افزوده شده به شیر در همان محلی قرار می‌گیرد که به صورت طبیعی ترشح می‌گردد یا خیر (۵ و ۱۰).

Applebaum و Marth در سال ۱۹۸۲ با کاربرد بنتونیت (به میزان ۵ تا ۲۰ گرم در کیلوگرم شیر) موفق شدند که ۵۶ تا ۸۹ درصد آفلاتوکسین M_1 را که به صورت طبیعی در شیر گاو ترشح شده بود را جذب نمایند (۵).

در سال‌های اخیر ایجاد تغییرات شیمیایی بر روی کانی‌های جاذب جهت افزایش خصوصیات جذبی آنها مدنظر قرار گرفته است (۹). با توجه به خصوصیات تعویض یونی این کانی‌ها، انتخاب و ایجاد تغییرات بر روی آنها باید در جهتی باشد که در ضمن افزایش جذب توکسین مد نظر، اثرات قابل توجهی بر مواد مغذی موجود در غذا از جمله املاح و پروتئین نداشته باشد. این مسأله به ویژه در مورد شیر که غنی از املاحی همچون کلسیم و فسفر می‌باشد درخور توجه بیشتری است. بنابراین بررسی اثر این کانی‌های جاذب بر مواد مغذی شیر بویژه املاح مختلف آن پیشنهاد می‌شود.

تیمارهای صورت گرفته بر روی شیر نشان داد که کاربرد کانی‌های جاذب به میزان ۵ درصد تاثیری در کاهش میزان چربی و لاکتوز شیر ندارند. سنگ زئولیت و پودر بنتونیت موجب کاهش معنی‌دار پروتئین شیر نشدند. پودر زئولیت سبب کاهش معنی‌دار میزان پروتئین شیر شد. کاهش مقدار پروتئین در گروه‌هایی که شیر در

تماس با پودر کانی‌های جاذب بوده را می‌توان به افزایش سطح تماس بین پروتئین‌های شیر و سطوح جاذب و واکنش‌گر در این کانی‌ها نسبت داد. با توجه به اینکه سنگ زئولیت و پودر بنتونیت اثر سوئی بر ارزش تغذیه‌ای شیر ندارند کاربرد آنها در حذف آفلاتوکسین شیر نسبت به پودر زئولیت ارجحیت دارد. با توجه به اهمیت تغذیه‌ای و تکنولوژیک پروتئین‌های شیر، مطالعه کاربرد کانی‌های جاذب به نحوی که کمترین اثر را بر مواد مغذی شیر داشته باشند ضروری به نظر می‌رسد.

Di Natale و همکاران در سال ۲۰۰۹ بدون کاربرد آنالیز آماری نشان دادند که مقدار 35 g/kg از مواد جاذب به ویژه ذغال فعال سبب کاهش لاکتوز شیر و استفاده از 50 g/kg از این مواد جاذب سبب کاهش لاکتوز، پروتئین، کلر و اسیدهای آلی شیر می‌شود (۱۰).

Applebaum و Marth در سال ۱۹۸۲ نشان دادند که میزان پروتئین شیرهایی که با بنتونیت تیمار شدند در حدود ۹۵٪ میزان پروتئین شیر در گروه شاهد بود (۵). کانی‌های جاذب از دیدگاه سم‌شناسی مواد بدون خطری محسوب می‌شوند و سال‌های طولانی است که به خاطر ویژگی‌های مفیدشان در خوراک دام و طیور به میزان قابل توجهی استفاده می‌شوند. این کانی‌ها غیر مغذی هستند که وجود آنها در غذا در جذب و متابولیسم مواد معدنی و ویتامین‌ها تداخلی ایجاد نمی‌کند و تاثیر سویی هم بر سلامت مصرف کننده ندارند (۲۴ و ۲۹).

با توجه به اینکه کانی‌های جاذب آفلاتوکسین ممکن است حاوی ترکیبات مضر از قبیل سرب و آرسنیک باشند، در صورت استفاده از آنها در صنایع شیر، حتماً باید استاندارد مناسب برای آن تدوین گردد و برای ترکیبات مضر آن حداکثر مجاز در نظر گرفته شود.

منابع

- 13- Garcia D., Ramos A.J., Sanchis V. and Marin S. (2009). Predicting mycotoxins in foods. A review. *Food Microbiology*, 26: 757 – 769.
- 14- Harvey R.B., Kubena L.F., Phillips T.D., Corrier D.E., Elissalde M.H. and Huff W.F. (1991). Diminution of aflatoxin toxicity to growing lambs by dietary supplementation with hydrated sodium calcium aluminosilicate. *American Journal of Veterinary Research*, 52(1): 152 – 156.
- 15- Harvey R.B., Phillips T.D., Ellis J.A., Kubena L.F., Huff W.F. and Petersen H.D. (1991). Effects on aflatoxin M₁ residues in milk by addition of hydrated sodium calcium aluminosilicate to aflatoxin-contaminated diets of dairy cows. *American Journal of Veterinary Research*, 52(9): 1556-59.
- 16- Haskard C.A., El-Nezami H.S., Kankaanpaa P.E., Salminen S. and Ahokas J.T. (2001). Surface binding of Aflatoxin B₁ by lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(7): 3086-91.
- 17- Karimi G., Hassanzadeh M., Teimuri M., Nazari F. and Nili A. (2007). Aflatoxin M₁ contamination in pasteurized milk in Mashhad, Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(3): 153 – 156.
- 18- Moss M.O. (2002). Mycotoxin review – 1. *Aspergillus and Penicillium*. *Mycologist*, 16(3): 116 – 119.
- 19- Movassagh Ghazani M.H. (2009). Aflatoxin M₁ contamination in pasteurized milk in Tabriz (northwest of Iran). *Food and Chemical Toxicology*, 47: 1624-25.
- 20- Nagesware Rao S.B. and Chopra R.C. (2001). Influence of sodium bentonite and activated charcoal on aflatoxin M₁ excretion in milk of goats. *Small Ruminant Research*, 41: 203 – 213.
- 21- Papaioannous D.S., Kyriakis S.C., Papasteriadis A., Roubies N., Yannakopoulos A. and Alexopoulos C. (2002). A field study on the effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on health status and performance of sows/gilts and their litters. *Research in Veterinary Science*, 72: 51 – 59.
- 22- Peltonen K., El-Nezami S.H., Haskard C., Ahikas J. and Salminen S. (2001). Aflatoxin B₁ binding by dairy strains of lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Journal of Dairy Science*, 84: 2152-56.
- 1- استاندارد ملی ایران. استاندارد شماره ۳۸۴. اندازه‌گیری چربی شیر. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- ۲- استاندارد ملی ایران. استاندارد شماره ۶۳۹. تعیین مقدار ازت تام شیر. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- 3- Alborzi S., Pourabbas B., Rashidi M. and Astaneh B. (2006). Aflatoxin M₁ contamination in pasteurized milk in Shiraz (South of Iran). *Food Control*, 17: 582 – 584.
- 4- Aly S.E., Abdel-Galil M.M. and Abdel-Wahhab A. (2004). Application of absorbent agents technology in the removal of Aflatoxin B₁ and fumonisin B₁ from malt extract. *Food and Chemical Toxicology*, 42: 1825 – 31.
- 5- Applebaum R.S. and Marth E.H. (1982). Use of sulphite or bentonite to eliminate Aflatoxin M₁ from naturally contaminated raw whole milk. *Zeltschrift Lebensm Unters Forsch*, 174: 303-305.
- 6- Binder E.M., Tan L.M., Chin L.J., Handl J. and Richard J. (2007). Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, 137: 265 – 282.
- 7- Bintvihok A., Thiengnin S., Doi K. and Kumagai S. (2002). Residues of aflatoxins in the liver, muscle and eggs of domestic fowls. *Journal of Veterinary Medicine Science*, 64 (11): 1037 – 39.
- 8- Cincotti A., Lai N., Orru R. and Cao G. (2001). Sardinian natural clinoptilolites for heavy metals and ammonium removal: experimental and modeling. *Chemical Engineering Journal*, 84: 275 – 282.
- 9- Dakovic A., Tomasevic-Canovic M., Dondur V., Rottinghaus G.E., Medakovic V. and Zaric S. (2005). Adsorption of mycotoxins by organozeolites. *Colloids and Surfaces*, 46: 20 – 25.
- 10- Di Natale F., Gallo M. and Nigro R. (2009). Adsorbent selection for aflatoxins removal in bovine milks. *Journal of Food Engineering*, 95: 186 – 191.
- 11- Du Q., Liu S., Cao Z. and Wang Y. (2005). Ammonia removal from aqueous solution using natural Chinese clinoptilolite. *Separation and Purification Technology*, 44: 229 – 234.
- 12- FAOSTAT (2008). <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>.

- 23- Philips T.D., Kubena L.F., Harvey R.B., Taylor D.R. and Heidelbaugh N.D. (1988). Hydrated sodium calcium aluminosilicate: a High affinity sorbent for aflatoxin. *Poultry Science*, 67: 243 – 247.
- 24- Philips T.D. (1999). Dietary clay in the chemoprevention of aflatoxin-included disease. *Toxicology Science*, 52: 118 – 126.
- 25- Prandini A., Tansini G., Sigolo S., Filippi L., Laporta M. and Piva G. (2009). On the occurrence of Aflatoxin M₁ in milk and dairy products. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 984 – 991.
- 26- Tajkarimi M., Shojaee Aliabadi F., Salah Nejad M., Pursoltani H., Motallebi A.A. and Mahdavi H. (2007). Seasonal study of aflatoxin M₁ contamination in milk in five regions in Iran. *International Journal of Food Microbiology*, 116: 346 – 349.
- 27- Tajkarimi M., Aliabadi-Sh F., Salah Nejad M., Pursoltani H., Motallebi A.A. and Mahdavi H. (2008). Aflatoxin M₁ contamination in winter and summer milk in 14 states in Iran. *Food Control*, 19: 1033 – 36.
- 28- Tonverapongsiri O. (2002). Determination of aflatoxin M₁ in raw milk by using hydrated sodium calcium aluminosilicate (HSCAS) for isolation. Master thesis, The chulalongkorn University, Thailand.
- 29- Trckova M., Matlova L., Dvorska L. and Pavlik I. (2004). Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: health advantages and risks. *Veterinary Medicine-Czech*, 49: 389 – 399.