

## بررسی تغییرات مقدار آفلاتوکسین طی تولید پودر آب پنیر ملح‌زدایی شده

ایمان ابدالی تکلو<sup>۱\*</sup>، علی محمدی ثانی<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

\*نویسنده مسئول مکاتبات: iebdali@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۲/۱۲/۱۶ پذیرش نهایی: ۹۴/۱/۲۶)

### چکیده

یکی از موادی که در سال‌های اخیر در صنایع دارویی و شیرخشک نوزاد مورد توجه قرار گرفته است، پودر آب پنیر می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی میزان کاهش آفلاتوکسین  $M_1$  (AFM<sub>1</sub>) طی فرایند تولید پودر آب پنیر ملح‌زدایی شده (Demineralized Whey Powder 90- DWP 90) از آب پنیر شیرین بود. بدین منظور ۳۶ نمونه از مراحل مختلف تولید جمع‌آوری شد که شامل نمونه‌های آب پنیر شیرین (۱۲ نمونه)، نمونه آب پنیرهای ملح‌زدایی شده (۱۲ نمونه) و نمونه‌های DWP-90 (۱۲ نمونه) بودند. این نمونه‌ها از کارخانه پودر شیر مشهد (Nutricia-MMP) طی مدت یک سال (۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲) جمع‌آوری شدند. میزان AFM<sub>1</sub> با تکنیک کروماتوگرافی مایع با عملکرد فشار بالا (HPLC) تعیین گردید. براساس این نتایج AFM<sub>1</sub> در ۱۰۰ نمونه‌ها وجود داشته اما میزان آن در همه نمونه‌ها کمتر از حد بیشینه تعریف شده توسط استاندارد ملی ایران به شماره ۵۹۲۵ (۱۰۰ppt) برای آب پنیر و ۱۰۰۰ppt برای پودر آب پنیر) بود. میانگین مقدار AFM<sub>1</sub> در آب پنیر شیرین (۳۲/۵ ppt) و پودر آب پنیر ملح‌زدایی شده (۴۵/۸ ppt) کمتر از حد بیشینه تعریف شده در استانداردهای کدکس و اروپا (EC 1881/2006) برای شیر خام (۵۰ppt) بود. با توجه به درصد ماده خشک (TS) آب پنیر شیرین (۱/۶±) و درصد ماده خشک DWP-90 (۹۷) و همچنین مقادیر AFM<sub>1</sub> در بین این نمونه‌ها، به طور میانگین حدود ۹۱ کاهش AFM<sub>1</sub> طی فرایند تولید DWP-90 مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آفلاتوکسین  $M_1$ ، کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا، پودر آب پنیر، ملح‌زدایی

## مقدمه

تاکنون تحقیقات متعددی بر روی میزان آفلاتوکسین  $M_1$  (AFM<sub>1</sub>) در شیر و فراورده‌های لبنی موجود در کشور صورت پذیرفته است (کامکار و کریم، ۱۳۸۶؛ Mohammadi Sani *et al.*, 2010, Mohammadi Sani *et al.*, 2012 Tavakoli *et al.*, 2013). یکی از فراورده‌های لبنی، پودر آب پنیر ملخ‌زدایی شده ۹۰ درصد (DWP-90) تولید شده از آب پنیر می‌باشد که به دلیل ارزش غذایی بالا، میزان ملخ‌زدایی بیشتر و همچنین داشتن طعم مناسب نسبت به سایر پودرهای ملخ‌زدایی شده نظیر، DWP50 و DWP70، مصرف بیشتری در صنایع شیر خشک نوزاد و همچنین صنایع دارویی و رژیمی پیدا کرده است. به دلیل اهمیت فراوان این محصول به واسطه استفاده در شیر خشک نوزاد بعنوان ماده اولیه، کنترل میزان آلاینده‌های آن نظیر آفلاتوکسین  $M_1$  (AFM<sub>1</sub>) از اهمیت زیادی برخوردار است (Yu, 2002; Reddy, 2007; Strosnider, 2006). به منظور کاهش AFM<sub>1</sub> روش‌های متعددی از جمله افزودن مواد جاذب نظیر بنتونیت (برجی، ۱۳۸۶) و همچنین لاکتوپراکسیداز به همراه ریوفلاوین (کامکار و کریم، ۱۳۸۳) انجام پذیرفته، اما به دلایل متعدد از جمله تاثیر نامطلوب این تکنیک‌ها بر طعم و تغییر در ساختار پروتئینی شیر (برجی و سها، ۱۳۸۶)، کاربرد آنها در مقیاس صنعتی امکان‌پذیر نگردیده است. از جمله سایر روش‌های کاهش AFM<sub>1</sub> تثبیت میکروبی و تکنیک‌های تثبیت شیمیایی بوده که براساس آن، عوامل جاذب شیمیایی و یا میکروبی روی یک شبکه پلیمری یا آلزیناتی تثبیت می‌شوند (رهايي و همکاران، ۱۳۸۸).

طی فرایند تولید DWP-90 از ستون‌های آنیونی و کاتیونی در واحد ملخ‌زدایی جهت حذف یون‌های مثبت

و منفی استفاده می‌شود (Rohm and Haas, 2008). در ساختار این رزین‌ها شبکه‌های پلی استیرنی توسط دی ونیل‌های بنزنی به یکدیگر متصل شده و گروه‌های کاتیونی و آنیونی تثبیت‌کننده یونی روی این شبکه قرار گرفته و باعث جذب یون‌های موجود در آب پنیر می‌شوند. ساختار رزین‌ها در دو ستون کاتیونی و آنیونی با یکدیگر متفاوت است. در ستون کاتیونی که آب پنیر ابتدا وارد آن می‌شود، رزین از نوع اسیدی قوی بوده و اسید سولفورو یا اسید کلریدریک بر روی آنها تثبیت شده و وظیفه جذب یون‌های مثبت نظیر کلسیم، منیزیم، سدیم و سرب می‌باشد. این رزین‌ها قدرت انتخابی در جذب یون‌های مثبت دارند که برای یون‌های ذیل به ترتیب زیر است: سرب < کلسیم < منیزیم < سدیم < هیدروژن در این رزین‌ها، یون‌های مذکور جایگزین گروه هیدروژن موجود در تثبیت‌کننده‌ها شده و سپس هیدروژن وارد محلول می‌شود (Ion exchange for Dummies- Sep 2008). در ستون آنیونی، گروه شیمیایی تثبیت‌شده بر روی رزین شامل بازهایی نظیر هیدروکسید سدیم است. در این ستون یون‌های منفی نظیر یون‌های آمونیاکی، فسفات‌ها و یون‌های کلر با گروه هیدروکسیل موجود در هیدروکسید سدیم جابه‌جا شده و وارد محلول می‌شود و با ترکیب شدن گروه‌های هیدروکسیل با هیدروژن موجود در آب پنیر که از ستون کاتیونی وارد آن شده، آب تولید می‌شود.

با توجه به توضیح فوق و احتمال اتصال AFM<sub>1</sub> در شبکه پلی استایرنی، هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر احتمالی استفاده از ستون‌های تبادل یونی بر میزان AFM<sub>1</sub> نمونه‌های آب پنیر شیرین مورد استفاده در تولید پودر آب پنیر ملخ‌زدایی شده بود.

## مواد و روش‌ها

## مواد مصرفی

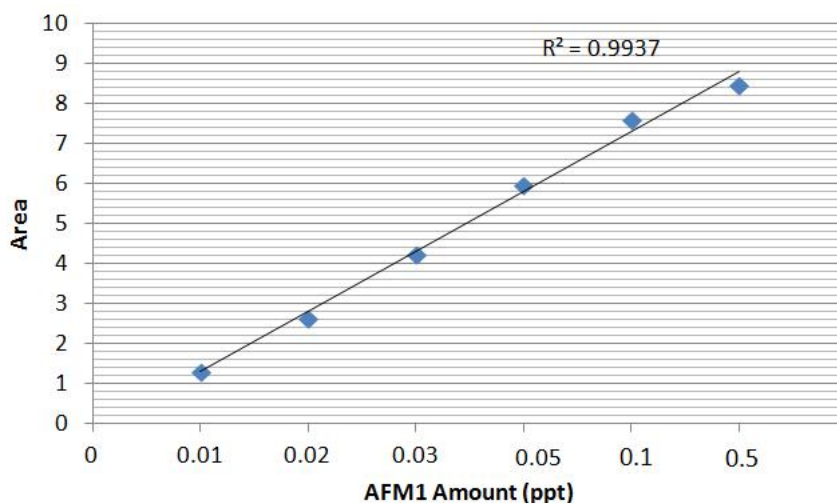
در این پژوهش ۳۶ نمونه شامل آب پنیر شیرین (۱۲ نمونه)، آب پنیر ملحزدایی شده (۱۲ نمونه) و پودر آب پنیر ملحزدایی (۱۲ نمونه) مورد بررسی قرار گرفتند.

## روش تولید DWP-90

آب پنیر شیرین ورودی به کارخانه، کمتر از دو روز بعد از دریافت، وارد فرایند تولید شده و در همان روز تبدیل به پودر آب پنیر ملحزدایی شده ۹۰٪ گردید. به منظور تولید پودر، آب پنیر دریافتی به ترتیب از سپراتور (مارک GEA مدل MSE 500 - ساخت کشور آلمان)، پاستوریزاتور (GEA - ساخت کشور آلمان)، واحد ملحزدایی شامل ستون کاتیونی و آنیونی (Applexion SA-ONEX - ساخت کشور فرانسه)، اواپراتورها، کریستالیزاتورها و واحد خشک‌کن پاششی (Compact Spray drier- GEA - ساخت کشور آلمان) عبور نمود.

## روش اندازه‌گیری آفلاتوکسین توسط HPLC

جهت آماده‌سازی نمونه‌های پودر آب پنیر ملحزدایی شده، ۲۰ گرم پودر آب پنیر توسط آب دیونیزه شده ۴۰ درجه سلسیوس، به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و ۶۰ میلی‌لیتر از محلول بدست آمده جهت چربی‌گیری به سانتریفوژ با دور ۴۵۰۰g و به مدت ۵ دقیقه منتقل شد. سپس لایه چربی آن را که بسیار نازک بود جدا کرده و در نهایت نمونه آب پنیر بدون چربی، از فیلتر کاغذی شماره ۴ واتمن عبور داده شد و توسط سرنگ، مقدار ۵۰ میلی‌لیتر از محلول فیلتر شده به ستون کروماتوگرافی ایمونوآفینیتی منتقل شد و با شدت جریان ۲-۳ میلی‌لیتر بر دقیقه از ستون کروماتوگرافی ایمونوآفینیتی (AFLAPREP M, R-Biopharm Rhone Ltd) عبور داده شد. برای ۲ مرتبه، ۱۰ میلی‌لیتر آب تصفیه شده با شدت جریان ۲-۳ میلی‌لیتر بر دقیقه، از ستون عبور داده شد. از محلول‌های استاندارد  $\text{AFM}_1$  (Sigma) محلول‌های کاری با غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۵ میکروگرم بر لیتر تهیه و جهت کالیبراسیون استفاده شد.



شکل ۱- منحنی کالیبراسیون با محلول‌های استاندارد آفلاتوکسین در غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۵ میکروگرم بر لیتر

رگرسیون خطی ( $R^2$ ) حاصل از غلظت بر حسب میزان جذب در آفلاتوکسین ۰/۹۹۳ می‌باشد.  
حد آشکارسازی (LOD) و حد تشخیص (LOQ) از فرمول‌های زیر محاسبه شدند.

$$\text{Detection Limit, DL} = \text{SD} \times 3/\text{slope}$$

$$\text{Quantitation Limit, QL} = \text{SD} \times 10/\text{slope}$$

شیب خط (Slop) =  $1/503$  توسط نمودار اکسل و میزان انحراف معیار (SD: Standard Deviation) =  $1/1$  نیز از فرمول زیر محاسبه شدند:

$$\text{SD} = \frac{\sqrt{\sum(y-y')^2}}{n-2}$$

$y - y'$  = تفاوت بین نتایج محاسباتی و واقعی برای هر غلظت محلول استاندارد  
 $n$  = تعداد محلول‌های استاندارد

میزان ماده خشک آب پنیر شیرین، آب پنیر ملخ‌زدایی شده و پودر آب پنیر ملخ‌زدایی شده بترتیب ۶، ۱/۴ و ۹۷ بوده و همانگونه که مشاهده می‌شود میزان  $\text{AFM}_1$  پس از عبور از واحد ملخ‌زدایی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. میانگین میزان  $\text{AFM}_1$  در مرحله اول (آب پنیر شیرین) ۳۲/۵ ppt بوده که پس از ملخ‌زدایی به ۲/۵ ppt رسیده است که کاهش حدود ۹۲ درصدی را نشان می‌دهد. بنابر استانداردهای بین‌المللی کدکس و اروپا، بیشینه میزان  $\text{AFM}_1$  برای شیر خام ۰/۰۵ میکروگرم بر کیلوگرم (۵۰ ppt) می‌باشد (EC 1881/2006). حد بیشینه تعریف شده برای آفلاتوکسین برای آب پنیر در استاندارد ملی ایران به شماره ۵۹۲۵ (اصلاحیه شماره ۱) ۰/۱ ppb برابر با ۱۰۰ ppt می‌باشد که نتایج بدست آمده از نمونه‌ها، کمتر از حد بیشینه تعریف شده در استانداردهای مذکور می‌باشد. با این حال در مرحله سوم (خشک کردن پاششی و تولید پودر

در این تحقیق از دستگاه HPLC (Agilent 1200) ساخت کشور آلمان) که با آشکارساز فلورسنت FLD G1321A با طول موج خروجی و ورودی ۳۶۵ و ۴۳۵ نانومتر استفاده گردید. زمان بازداری یا تاخیر  $\text{AFM}_1$  ۲۰ دقیقه بود.

فاز متحرک بکار رفته شامل مخلوط آب: متانول: استونیتریل (۷۰، ۱۵، ۱۵/حجمی حجمی) (Merck) بود که به شکل ایزوکراتیک مورد استفاده قرار گرفت و شدت جریان آن ۱ میلی لیتر بر دقیقه بود (MohammadiSani, 2011).

روش اندازه‌گیری ماده خشک (TS) ماده خشک نمونه‌های مختلف توسط دستگاه اندازه‌گیری رطوبت Ohaus مدل MB45 تعیین شد. با کسر رطوبت نمونه‌ها از عدد ۱۰۰، میزان درصد ماده خشک نمونه‌ها محاسبه گردید.

#### روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

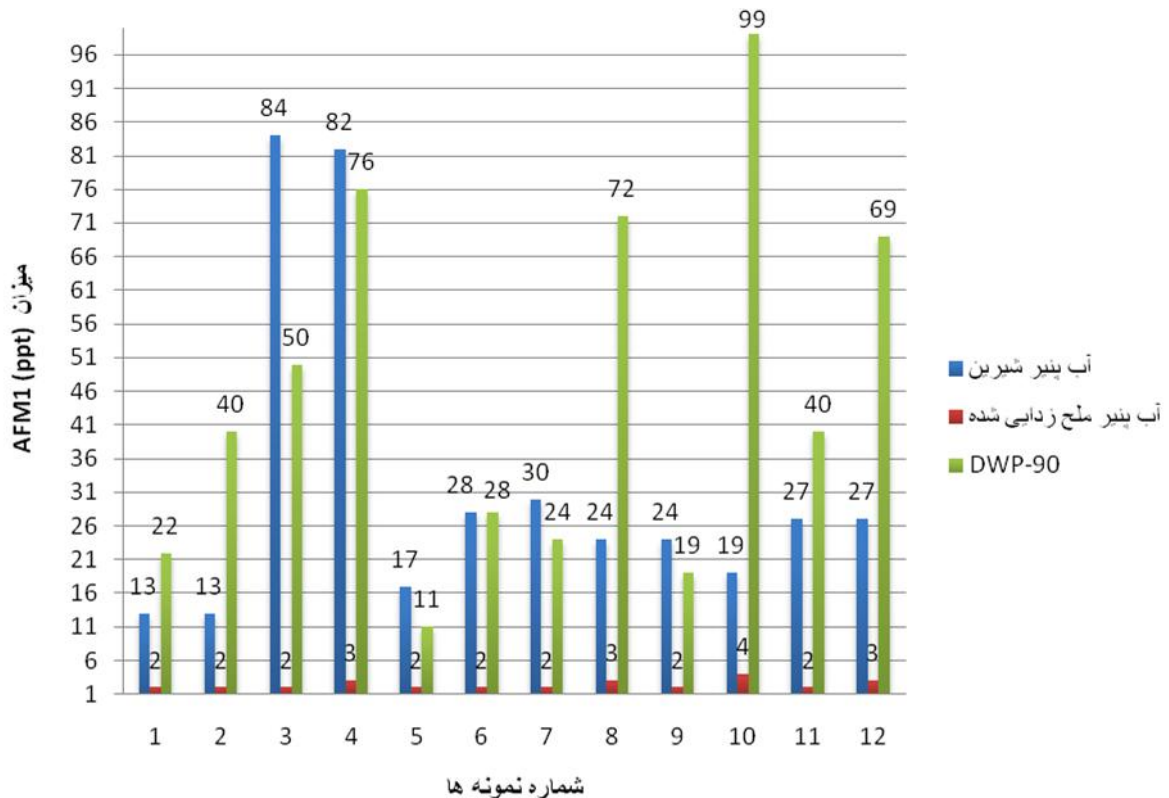
نتایج بدست آمده توسط نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میانگین، انحراف معیار و ضریب همبستگی رگرسیون خطی ( $R_2$ ) نیز توسط نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ محاسبه شد.

#### یافته‌ها

داده‌های حاصل از سنجش میزان  $\text{AFM}_1$  در نمونه‌های مختلف مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شده است. حد آشکارسازی (LOD) و حد تشخیص (LOQ) برای آفلاتوکسین در این روش بترتیب ۲ ppt و ۷ ppt بود. در این روش از ۶ محلول استاندارد با غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۵ میکروگرم بر لیتر استفاده شد که ضریب همبستگی

صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است افت ماده خشک در این مرحله به دلیل افت پروتئین بوده که کاهش پروتئین نیز به دلیل افت pH و در نتیجه دناتوراسیون و جذب آن توسط رزین در ستون تبادل یونی است. در شرایط بهینه تولید، حداکثر میزان افت پروتئین تعریف شده طی فرایند ملح‌زدایی ۵ کل پروتئین موجود می‌باشد (Novasep group- Whey demineralization, 2007). طی مرحله خشک کردن آب پنیر ملح‌زدایی شده، ماده خشک از ۴/۱ به ۹۷ درصد رسیده و بنا به توضیحات فوق می‌تواند منجر به افزایش قابل ملاحظه  $AFM_1$  در محصول نهایی گردد. بنابراین این افزایش تنها به دلیل افزایش ماده خشک بوده و در واقع هیچگونه کاهش یا افزایشی در میزان واقعی  $AFM_1$  صورت نگرفته است.

DWP-90 میزان  $AFM_1$  به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و به میانگین حدود ۴۵/۸ ppt رسید. در واقع طی مرحله خشک کردن میزان سم‌تغییری نکرده و فرآیند حرارتی اعمال شده تاثیری روی مقدار توکسین نداشته است و این افزایش به دلیل تغییر ماده خشک در فرآورده است. به عبارتی با افزایش ماده خشک، به دلیل تغلیظ محصول و به تبع آن مایکوتوکسین، میزان  $AFM_1$  افزایش می‌یابد. به عنوان مثال در مرحله ملح‌زدایی در ستون‌های تبادل یونی میزان ماده خشک از ۶ به ۴/۱ درصد کاهش می‌یابد که به نوبه خود می‌تواند منجر به کاهش غلظت  $AFM_1$  شود اما این اثر نسبت به تاثیر ستون در جذب  $AFM_1$  بسیار کمتر است و در ستون علاوه بر کاهش ماده خشک، جذب  $AFM_1$  توسط رزین به صورت فعالی



شکل ۲- میزان  $AFM_1$  در نمونه‌های مورد بررسی

تحقیق می‌باشد (Rubio *et al.*, 2011). براساس اکثر تحقیقات انجام شده، آفلاتوکسین حین فرایند تولید پنیر، غالباً در کازئین توزیع شده (حدود ۶۶ تا ۷۲) و مقدار کمتری از آفلاتوکسین وارد آب پنیر می‌شود (Marshaly *et al.*, 1986; El Deeb *et al.*, 1992). تحقیقات گذشته مشخص شده است که عوامل مختلفی در میزان توزیع آفلاتوکسین بین دو فاز سرمی و کازئین موثر است. اعمال حرارت بر رنت از جمله این عوامل است و با افزایش حرارت میزان انتقال آفلاتوکسین به آب پنیر افزایش می‌یابد (Mohammadi *et al.*, 2008). بر اساس نتایج بدست آمده مربوط به اندازه‌گیری  $AFM_1$  در نمونه‌های مورد آزمون و بررسی آنها در هر مرحله از تولید مشخص شد که میزان  $AFM_1$  موجود در نمونه‌های آب پنیر شیرین، به میزان ۹۱ طی فرایند تولید پودر آب پنیر ملخ‌زدایی شده کاهش پیدا می‌کند. میزان کاهش آفلاتوکسین در هر یک از مراحل تولید در جدول شماره ۱ بیان شده است.

مطابق شکل ۲ میزان کاهش  $AFM_1$  در مرحله دوم (پس از ملخ‌زدایی) حدود ۹۰ درصد می‌باشد که تنها به دلیل جذب سم توسط رزین‌های تبادل یون است. اما در مرحله سوم (خشک کردن و تولید پودر) که فرایند تغلیظ منجر به افزایش ماده خشک از ۴/۱ به ۹۷ درصد گردیده پیش بینی می‌شود میزان  $AFM_1$  نیز حدود ۲۵ برابر (نسبت ماده خشک مرحله سوم به مرحله دوم) افزایش داشته باشد که با نتایج حاصل کاملاً مطابقت دارد یعنی با در نظر گرفتن میزان  $AFM_1$  در آب پنیر ملخ‌زدایی شده (۲/۵ppt) پیش بینی می‌شود میزان  $AFM_1$  در DWP-90 حدود ۵۰ppt باشد که با میانگین واقعی نتایج در DWP-90 که برابر با ۴۵/۸ppt است مطابقت دارد و بیانگر بی‌تاثیر بودن مراحل بعد از واحد ملخ‌زدایی بر کاهش میزان  $AFM_1$  طی فرایند تولید DWP-90 می‌باشد. میانگین نتایج آفلاتوکسین در آب پنیر تست شده در سایر تحقیقات (۲۰-۴۰ppt) مشابه با میانگین نتایج آفلاتوکسین آب پنیر (۳۲/۵ ppt) در این

جدول ۱- میزان کاهش  $AFM_1$  در مراحل مختلف تولید

میزان تغییرات $AFM_1$	میانگین مقدار $AFM_1$ (ppt) در نمونه‌های هر مرحله	میزان انحراف معیار (STD)	میزان ماده خشک ( )	مرحله سنجش
a*	۳۲/۵	۲۴/۳	۶	مرحله ۱ (آب پنیر شیرین)
-۹۰%	۲/۵	۰/۶۷	۴/۱	مرحله ۲ (بعد از ملخ‌زدایی)
b**	۴۵/۸	۲۷/۵	۹۷	مرحله ۳ (بعد از خشک کردن)

\* در این مرحله، هنوز ماده اولیه فرآوری نشده است.

\*\* در این مرحله صرفاً تغلیظ صورت گرفته و طبق توضیحات متن، با توجه به تغییرات ماده خشک تغییر محسوسی در میزان  $AFM_1$  ایجاد نمی‌شود.

## بحث و نتیجه گیری

بر اساس بررسی های انجام شده بر عوامل احتمالی موثر در هر مرحله تولید در کاهش  $AFM_1$  و همچنین اندازه گیری  $AFM_1$  در نمونه های مورد بررسی در آن مرحله، مشخص شد که کاهش  $AFM_1$  در واحد ملح زدایی که شامل دو ستون کاتیونی و آنیونی می باشد، صورت پذیرفته است. با بررسی عوامل مختلف در واحد ملح زدایی از جمله pH، دما، فشار، نوع اسید و باز استفاده شده در ملح زدایی و همچنین بررسی مواد رزینی بکار رفته جهت ملح زدایی به نظر می رسد که مهمترین عامل تاثیرگذار در کاهش میزان  $AFM_1$ ، رزین مورد استفاده در ستون های ملح زدایی باشد. در فرایند تولید، حداکثر دمای اعمال شده بر ماده اولیه طی فرایند تولید، کمتر از دمای استریلیزاسیون می باشد (۹۰ درجه سلسیوس به مدت کمتر از ۱۵ ثانیه در اوپراتورها)، علاوه بر این pH در ستون کاتیونی تا حدود ۵-۵/۵ کاهش می یابد اما بعد از ورود آب پنیر به ستون آنیونی

(انتهای مرحله ملح زدایی)، pH تا ۶/۸ افزایش یافته و در پودر نهایی میزان pH به حدود ۶/۹ می رسد که بیانگر آن است که این مایکوتوکسین نمی تواند تحت تاثیر این شرایط محیطی قرار گرفته و تخریب گردد (Laciakova, 2008; Diener, 1966) و لذا رزین های به کار گرفته شده در ستون های کاتیونی و آنیونی مهمترین دلیل کاهش  $AFM_1$  در این فرایند تلقی می شود. با توجه به ساختار و نوع عملکرد رزین ها که قبلا به آن اشاره شد، تثبیت کننده های شیمیایی موجود روی شبکه پلی استیرن داخل رزین ها مهمترین عامل جذب و کاهش  $AFM_1$  تلقی می شوند.

## سپاسگزاری

از کلیه پرسنل واحدهای تحقیق و توسعه و تولید کارخانه پودر شیر مشهد که در انجام این تحقیق محققین را یاری رساندند، صمیمانه سپاسگزاری می گردد.

## منابع

- برجی، محسن و سها، ساحل (۱۳۸۶). کاهش آفلاتوکسین  $M_1$  در شیر با استفاده از برخی ترکیبات جاذب شیمیایی و مطالعه تاثیر آنها بر ترکیب شیر. مجله پژوهش و سنجش، سال چهارم، شماره ۷۴، صفحات: ۱۹-۲۶.
- رهایی، سمیه؛ امام جمعه، زهرا؛ رضوی، سیدهادی و مظاهری، منصوره (۱۳۸۸). توانایی سویه لاکتوباسیلوس /امنوسوس (LBGG)GG جهت کاهش آفلاتوکسین  $B_1$  موجود در پسته. مجله الکترونیک فراوری و نگه داری مواد غذایی، جلد اول، شماره ۳، صفحات: ۵۱-۶۴.
- کامکار، ابوالفضل (۱۳۸۶). تعیین میزان آفلاتوکسین  $M_1$  با استفاده از روش الایزا در شیر خشک های صنعتی تولید شده در ایران. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۷۹، صفحات: ۱۷۴-۱۸۰.
- کامکار، ابوالفضل و کریم، گیتی (۱۳۸۳). مطالعه اثر سیستم لاکتوپراکسیداز و لاکتوپراکسیداز همراه ریبوفلاوین بر روی آفلاتوکسین  $M_1$  در شیر. مجله تحقیقات دامپزشکی، دوره ۵۵، شماره ۴، صفحات: ۷-۵.

- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۰). خوراک انسان- دام- بیشینه رواداری مایکوتوکسین‌ها، شماره ۵۹۲۵.

- Commission Regulation (EC) No 1881/2006 (2006). Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
- Diener, U.L. and Davis, N.D. (1966). Aflatoxin production by isolates of *Aspergillus flavus*. *Phytopathology*, 56 (21): 1390–1393.
- El Deeb, S.A., Zaki, N., Shoukry, Y.M.R. and Kheedr, E.E. (1992). Effect of Some Technological Processes on Stability and Distribution of Aflatoxin M<sub>1</sub> in Milk. *Egyptian Journal of Food Science*, 20: 29-42.
- Ion exchange for Dummies. (2008). [www.lenntech.com/Data-sheets/Ion-Exchange-for-Dummies-RH.m](http://www.lenntech.com/Data-sheets/Ion-Exchange-for-Dummies-RH.m).
- Kamkar, A., (2008). Detection of aflatoxin M<sub>1</sub> in powdered milk samples by ELISA. *Pajouhesh & Sazandegi*, 79: 174-180.
- Laciakova, A., Ciconova, P., mate, D. and Laciak, V. (2008). Aflatoxins and possibilities for their biological Detoxification. *Medycyna wet*, 64.
- Marshaly, R.I., El Deeb, S.A. and Safwat, N.M. (1986). Distribution and Stability of Aflatoxin M<sub>1</sub> during Processing and Storage of Karish Cheese. *Alexandria The Journal of Agricultural Research*, 31: 219–228.
- Mohammadi, H., Alizadeh, M., R Bari, M. and Tajik, H. (2008). Minimization of aflatoxin M<sub>1</sub> content in Iranian white brine cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 2: 141-145.
- MohammadiSani, A. and Nikpooyan, H. (2011). Determination of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk by high-performance liquid chromatography in Mashhad. *Toxicology and Industrial Health (TOXICOL IND HEALTH)*: 1–5.
- MohammadiSani, A., Nikpooyan, H. and Moshiri, R. (2010). Aflatoxin M<sub>1</sub> contamination and antibiotic residue in milk in Khorasan province, Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2130–2132.
- MohammadiSani, A., Khezri, M. and Moradnia, H. (2012). Determination of Aflatoxin M<sub>1</sub> in Milk by ELISA Technique in Mashhad. *International Scholarly Research Network ISRN Toxicology*, ID 121926: 4.
- Novasep group- Whey demineralization. (2007). <http://www.innovatewithdairy.com/>
- Reddy, B.N. and Raghavender, C.R. (2007). Outbreaks of aflatoxicoses in India. *African Journal of Biotechnology: Food Agriculture. Nutrition and Development*, 7(5): 1–15.
- Rohm and Haas. Ion Exchange. Ion exchange introduction. (2008). Ion exchange. [www.lenntech.com/Data-sheets/Ion-Exchange-for-Dummies-RH](http://www.lenntech.com/Data-sheets/Ion-Exchange-for-Dummies-RH).
- Rubio, R., Moya, V.J., Berruga, M.I., Molina, M.P. and Molina, A. (2011). Aflatoxin M<sub>1</sub> in the intermediate dairy products, *Mljekarstvo*, 61(4): 283-290.
- Strosnider, H. (2006). Workgroup report: public health strategies for reducing aflatoxin exposure in developing countries. *Environmental Health Perspectives*, 114: 1898–1903.
- Tavakoli, H.R., Riazipour, M., RáfátiShaldehi, H., Shahriari, M., Naghavi, S. and Rahmati Najarkolaei, F. (2013). AFM<sub>1</sub> Contamination in used yogurt in one the of universities of medical sciences in Tehran by ELISA. *Quarterly of the Horizon of Medical Sciences*, 18(5): 261-268.
- Yu, J., Bhatnagar, D. and Ehrlich, K.C. (2002). Aflatoxin biosynthesis. *Revista Iberoamericana de Micology*, 19: 191-200.



## **Aflatoxin levels fluctuation analysis in Demineralized whey powder production**

**Ebdali takaloo, I.<sup>1\*</sup>, Mohamadi sani, A.<sup>2</sup>**

1- M.Sc Graduate of Food Science and Technology, Gochun Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.  
2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Gochun Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.

\*Corresponding author email: iebdali@yahoo.com  
(Received: 2014/3/7 Accepted: 2015/4/15)

### **Abstract**

Demineralized whey powder is one of the materials which is used in medical and infant milk powder industries recently. The aim of this study was to evaluate the ratio of aflatoxin M<sub>1</sub> (AFM<sub>1</sub>) detoxification in 90% demineralized whey powder (DWP-90), produced from sweet whey. For this purpose, 36 samples gathered from different steps of production line including Sweet whey (12 sample), demineralized whey (12 sample) and DWP-90 (12 sample). The samples gathered from Nutricia-MMP factory during one year (from 2012 to 2013). AFM<sub>1</sub> detected by High performance liquid chromatography (HPLC) method. Based on results, AFM<sub>1</sub> was found in 100% of the samples but the concentration of AFM<sub>1</sub> in all samples was less than maximum limit defined by Iranian national standards, No 5925 (100ppt for whey and 1000ppt for whey powder). The Average amount of AFM<sub>1</sub> in sweet whey (32.5ppt) and DWP-90 (45.8ppt) was less than maximum limit in CODEX and EC 1881/2006, defined for raw milk (50ppt). Considering total solid in sweet whey (6%±0.1) and DWP-90 (97) and concentration of AFM<sub>1</sub> in these samples, about 91% reduction was found in concentration of AFM<sub>1</sub> during DWP-90 production.

**Key words:** Aflatoxin M<sub>1</sub>, High performance liquid chromatography, Whey Powder, Demineralization