

تعیین میزان سرب، کادمیوم، مس و آنتاگونیست های روی و کلسیم در شیر و پنیر تولیدی کارخانه شیر پاستوریزه کرمان وسیرجان

امیر ناصر علی بیگی^۱

محمد ملکوتیان^{*۲}

m.malakootian@yahoo.com

سید علیرضا میرزا حسینی^۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۹

تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: تعیین غلظت‌های باقی مانده فلزات سنگین در شیر می تواند یک شاخص مستقیم تعیین وضع بهداشتی شیر و یک شاخص غیرمستقیم مشخص کننده درجه آلودگی محیطی باشد. این مطالعه با هدف بررسی میزان فلزات Ca و Zn ، Cu ، Cd ، Pb و سرب پاستوریزه و پنیر دو کارخانه شیر در استان کرمان انجام یافته است.

روش بررسی: از شیر خام، پاستوریزه و پنیر دو کارخانه دو نمونه در نیمه هر ماه در پاییز و زمستان ۱۳۹۲ برداشته شد. در مجموع بر روی ۷۲ نمونه برداشته شده ۳۶۰ آزمایش برای تعیین میزان فلزات یاد شده با استفاده از اسپکترومتری جذب اتمی انجام گرفت. کلیه آزمایش‌ها بر اساس دستورالعمل‌های کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام یافت. داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: میانگین سرب، کادمیوم، روی، مس و کلسیم اندازه‌گیری شده در شیر پاستوریزه سیرجان به ترتیب 0.00029 ± 0.00008 ، 0.000029 ± 0.000008 ، 0.000029 ± 0.000008 ، 0.000029 ± 0.000008 و 0.000029 ± 0.000008 میلی گرم بر لیتر و در پنیر کارخانه یاد شده به ترتیب 0.000029 ± 0.000008 ، 0.000029 ± 0.000008 ، 0.000029 ± 0.000008 ، 0.000029 ± 0.000008 و 0.000029 ± 0.000008 میلی گرم بر کیلوگرم بود. میانگین سرب، کادمیوم، روی، مس و کلسیم اندازه گیری شده در شیر پاستوریزه کرمان به ترتیب 0.000029 ± 0.000009 ، 0.000029 ± 0.000009 ، 0.000029 ± 0.000009 ، 0.000029 ± 0.000009 و 0.000029 ± 0.000009 میلی گرم بر لیتر و در پنیر کارخانه یاد شده به ترتیب 0.000029 ± 0.000007 ، 0.000029 ± 0.000007 ، 0.000029 ± 0.000007 ، 0.000029 ± 0.000007 و 0.000029 ± 0.000007 میلی گرم بر کیلوگرم بود.

نتیجه گیری: میزان فلزات اندازه گیری شده در پژوهش حاضر در حد استانداردهای جهانی (FAO/WHO) و کدکس (۲۰۰۷) و یا بعضی کشورهای تولید کننده لبنیات (آژانس ملی نظارت بهداشتی برزیل) بوده و فقط سرب موجود در پنیر از حد مجاز بیش تر بوده است.

واژه های کلیدی: فلزات، شیر پاستوریزه، پنیر، کرمان، سیرجان

۱- مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی سیرجان، کرمان، ایران

۲- استاد، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران* (نویسنده مسؤول).

۳- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

Determine the amount of lead, cadmium, copper, zinc and calcium antagonists of milk and cheese which is produced in Kerman and Sirjan pasteurized milk factory

Amir-Naser Alibeigi¹
Mohammad Malakootian^{2*}
m.malakootian@yahoo.com
Seyed Alireza Mirzahoseini³

Abstract

Background and Objective: Determine the residual concentrations of heavy metals in milk can be a direct indicator for the definition health status of milk and also is an indirect determiner indicator for degree of environmental pollution. This study aimed to evaluate the metals including Pb, Cd, Cu, Zn and Ca of pasteurized milk and cheese in two milk factories in Kerman province.

Methods: From raw milk, pasteurized milk and cheese of both factories two samples were taken in half a month in the fall and winter. Overall 360 experiments were conducted on 72 samples to determine the levels of Pb, Cd, Cu, Zn and Ca by atomic Absorption Spectrometry. All tests are based on instructions of standard methods for the examination of water and wastewater book. Data were analyzed by SPSS version 16.

Findings: The averages of measured metal concentrations in pasteurized milk of Sirjan factory are: Pb:3.4±2.7µg/L, Cd:0.29±0.08µg/L, Zn:5.06±0.39mg/L, Cu:0.60±0.10mg/L, Ca: 1019±73mg/L and the averages metal concentrations of produced cheese in mentioned factory are Pb:53.5±8.5 µg/kg, Cd: 2.08±0.18µg/kg, Cu:1.65±0.18mg/kg, Zn:9.98±0.77mg/kg, Ca:2172±161 mg/kg, respectively. The averages of measured metal concentrations in pasteurized milk of Kerman factory are Pb:3.6±1.9 µg/L, Cd: 0.29±0.09 µg/L, Zn:4.5±0.54 mg/L, Cu:0.57±0.07mg/L, Ca:1075±47mg/L and the averages metal concentrations of produced cheese in mentioned factory are Pb:56.9±7.0 µg/kg, Cd:3.67±0.4 µg/kg, Cu:1.49±0.13mg/kg, Zn:10.17±0.81mg/kg, Ca:2254±126 mg/kg, respectively.

Discussion and Conclusion: The amounts of measured metal in the study are as global standards (FAO/WHO and Codex 2007) or some dairy producing countries (Brazil's National Health Surveillance Agency) and will not create a hazard for consumers. Just Lead in cheese is higher than the permissible limit.

Keywords: Metals, Pasteurization Milk, Cheese, Kerman, Sirjan.

1- M.Sc in environmental health engineering, Dept. of Environmental Health, College of Medical Sciences of Sirjan, Kerman, Iran.

2- Professor, Environmental Health Engineering Research Center, Kerman University of Medical Sciences Kerman, Iran. *(Corresponding Author).

3- Assistant Professor, Dept of Environmental and Energy, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran

مقدمه

بر روی بیوسنتز و به طور غیرمستقیم بر متابولیسم آهن و طول عمر گلبول های قرمز مشهود است (۸). مطالعه های انجام شده توسط Fullmer در سال ۱۹۹۱ در آمریکا نشان داد که بین میزان کلسیم موجود در مواد مورد تغذیه حیوانات و تجمع سرب در بافت بدن آن ها ارتباط وجود دارد که علت آن افزایش جذب سرب در روده به هنگام فقر کلسیم در رژیم غذایی است (۹). مطالعه های اپیدمیولوژیک انجام یافته توسط Hauser و همکاران در سال ۱۹۹۹ در ایتالیا و اثریش نشان داد که میزان سرب خون، استخوان و موی انسان با میزان کلسیم مواد غذایی مصرفی رابطه معکوس دارد (۱۰). بررسی های دیگر در سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ توسط Reeves و Chaney در آمریکا روی حیوانات آزمایشگاهی نشان داده است که اگر غلظت Zn در مواد غذایی تا حداقل حد آستانه مورد نیاز پایین آورده شود، نرخ جذب و باقی مانده کل کادمیوم در کل بدن حیوان تا ۳ برابر و اگر غلظت Ca و Zn تا حداقل کافی کاهش یابد، مقدار جذب و باقی مانده کادمیوم ۷ تا ۱۰ برابر افزایش می یابد (۱۱، ۱۲). مطالعات دیگری توسط ملکوتیان و همکاران در سال ۲۰۱۳ در ایران بر روی شیر خشک انجام شد که نشان داد غلظت سرب و کادمیوم شیر خشک بالاتر از حدود جهانی است (۱۳). در بررسی دیگری توسط Licata و همکاران در ایتالیا در سال ۲۰۰۴ غلظت سرب در بالاترین مقدار ۱/۳۲ میکروگرم بر کیلوگرم بوده در حالی که غلظت کادمیوم در کمترین مقدار آن ۰/۰۲ میکروگرم بر کیلوگرم و غلظت روی ۲۰۱۶ میکروگرم بر کیلوگرم و مس ۱/۹۸ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است (۴). در بررسی انجام یافته روی شیر خام توسط Gonzalez و همکارانش در اسپانیا میزان سرب ۱۶/۰۶-۰/۷۱ میکروگرم بر کیلوگرم و میزان کادمیوم کم تر از ۲ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شد (۱۴). از آنجا که اطلاعات کافی در مورد وجود فلزات سنگین در شیر، در صنایع شیر پاستوریزه ایران وجود ندارد این مطالعه با هدف تعیین فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس، روی و کلسیم در شیر پاستوریزه و پنیر تولیدی دو کارخانه شیر پاستوریزه کرمان و سیرجان انجام گرفت.

وجود آلاینده ها در مواد غذایی می تواند منجر به ایجاد مخاطرات بیولوژیکی، شیمیایی و جسمی در بدن انسان شود (۱). در بین مواد غذایی، شیر بیش تر از سایر مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است (۲). شیر و محصولات لبنی از نظر ترکیب بسیار متنوع بوده و محتوی بیش از ۲۰ عنصر کمیاب مختلف می باشند. برخی از این عناصر مثل مس، روی، منگنز و آهن بسیار ضروری و مهم هستند. این فلزات عامل بسیاری از آنزیم ها بوده و در عملکردهای فیزیولوژیکی زیادی در انسان و حیوانات نقش مهمی ایفا می کنند (۳، ۴). پیشرفت تکنیکی و فعالیت های صنایع مختلف و افزایش ترافیک جادهای باعث افزایش چشم گیری در آلودگی محیط زیست شده است (۴). سرب و کادمیوم دو فلز سنگین با فراوانی بالا در محیط بوده که اغلب در محیط آلوده هم زیستی دارند و در مسمومیت انسان و حیوانات بسیار دخیل هستند (۵). در جانداران عالی تر ورود عناصر کمیاب به بدن عمدتاً از طریق سیستم تنفس و یا از راه زنجیره غذایی رخ می دهد. بیش تر عناصر و ترکیبات خطرناک مانند آفت کش ها، فلزات و غیر فلزات در زنجیره غذایی تجمع پیدا می کنند (۶). تعیین غلظت های باقی مانده فلزات سنگین در شیر می تواند یک شاخص مستقیم تعیین وضع بهداشتی شیر و نیز یک شاخص غیرمستقیم مشخص کننده میزان آلودگی محیطی باشد (۷).

کادمیوم عنصری سرطان زاست و دارای نیمه عمری در حدود ۱۰ تا ۱۵ سال می باشد که این نیمه عمر زیاد، سبب شده است که کادمیوم مستعدترین فلز برای تجمع در بدن محسوب گردد. سرب فلزی غیرضروری برای بدن است که وجود هر مقدار از آن در بدن نشانگر آلودگی به این عنصر می باشد. سرب در سلول ها می تواند جایگزین کلسیم گردیده و فعالیت اعضای بدن را که کلسیم در آن ها نقش مهمی دارد، مختل نماید. همچنین سرب باعث اختلال عملکرد کلیه و کبد، آسیب به اعضای تناسلی و دستگاه تولید مثل، کم خونی، کاهش بهره هوشی و بروز بسیاری از عوارض متابولیکی دیگر می شود (۲). آثار متابولیسمی سرب

روش بررسی

۱۰۰ میلی لیتر به حجم رسانده شد (۱۵). برای هضم نمونه پنیر نیز دقیقاً به همین ترتیب اقدام گردید با این تفاوت که در ابتدا ۲۰ گرم پنیر به عنوان نمونه برداشته شد. مقادیر سرب و کادمیوم توسط دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی (مارک PG انگلستان) و مقادیر مس، روی و کلسیم با دستگاه جذب اتمی شعله (مارک PG انگلستان) اندازه گیری شد. کلیه آزمایش‌ها بر اساس روش‌های مندرج در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام گرفت (۱۶). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام یافت.

یافته‌ها

میانگین سرب، کادمیوم، روی، مس و کلسیم اندازه گیری شده در شیر و پنیر کارخانه‌های شیر پاستوریزه کرمان و سیرجان در جدول شماره یک آمده است. چون داده‌ها زوجی بودند باید از آزمون‌های t زوجی استفاده می‌شد، لیکن به دلیل نرمال نبودن توزیع نمونه‌ها از آزمون معادل نا پارامتری آن یعنی ویلکاکسون استفاده شد. از تجزیه و تحلیل یافته‌ها با آزمون آماری ویلکاکسون مشخص شد که هیچ اختلاف معنی داری بین نتایج اندازه‌گیری‌ها در شیر خام و شیر پاستوریزه وجود ندارد. لذا از ذکر نتایج شیر خام صرف نظر گردید. ($p \text{ value} > 0/05$)

این مطالعه توصیفی- مقطعی در نیمه دوم سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام گرفت. از شیر خام، پاستوریزه و پنیر دو کارخانه شیر پاستوریزه واقع در کرمان و سیرجان هر کدام دو نمونه در نیمه هر ماه برداشت شد. در مجموع بر روی ۷۲ نمونه یاد شده ۳۶۰ آزمایش برای تعیین میزان Ca و Zn ، Cu ، Cd ، Pb با استفاده از اسپکترومتری جذب اتمی کوره گرافیتی و جذب اتمی شعله انجام یافت. ظروف نمونه برداری از جنس پلی اتیلن بوده و برای اطمینان از عاری بودن ظروف از هر گونه آلودگی، کلیه ظروف به مدت ۲۴ ساعت در اسید کلریدریک ۱۰٪ قرار داده شد و سپس ۲۴ ساعت در آب مقطر مستغرق شد و در نهایت با آب دیونیزه شستشو گردید و پس از خشک شدن زیر هود لامینار برای نمونه برداری مورد استفاده قرار گرفت.

برای هضم نمونه‌های شیر ۴۰ گرم نمونه روی بن ماری قرار داده شد، تا خشک گردد. سپس نمونه خشک شده را روی هیتر سوزانده شد و حدود ۸ ساعت در کوره ۶۵۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا خاکستر سفید رنگی حاصل گردید. ۵ CC اسید کلریدریک ۶ مولار به خاکستر حاصل افزوده شد و رطوبت نمونه روی هیتر تبخیر و نمونه خشک شد. سپس ۲۵ CC اسید نیتریک ۰/۱ مولار به نمونه افزوده شد تا خاکستر کاملاً حل شود. بعد از شفاف شدن نمونه با استفاده از بالن، قیف و کاغذ صافی واتمن محلول صاف شد. محلول صاف شده در بالن

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مقادیر سرب، کادمیوم، مس، روی و کلسیم در شیر و پنیر پاستوریزه تولیدی کارخانه‌های

شیر پاستوریزه سیرجان و کرمان در نیمه دوم سال ۱۳۹۲.

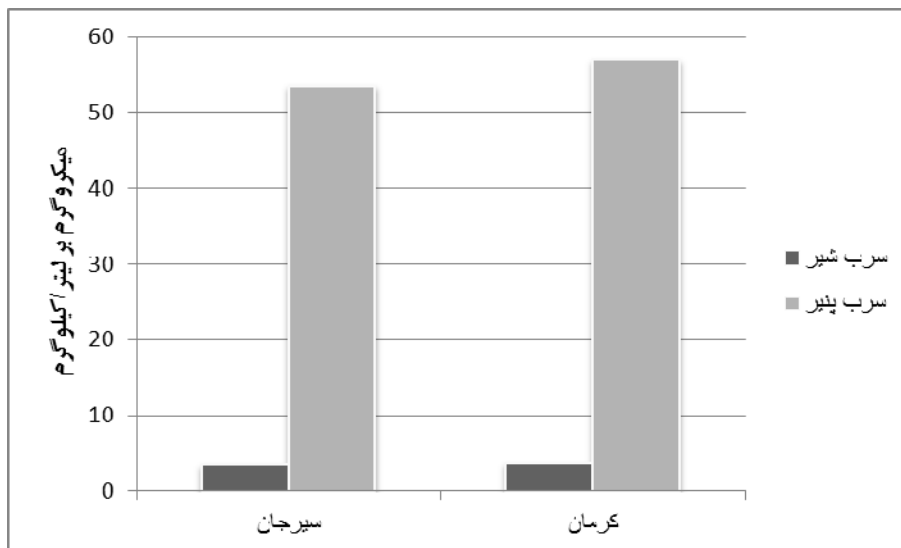
Table1- The mean and standard deviation of lead, cadmium, copper, zinc and calcium in pasteurized milk and cheese production pasteurized milk Sirjan and Kerman in the second half of 1392

کارخانه	نوع فلز / ماده غذایی	سرب (میکروگرم بر لیتر) Mean±SD	کادمیوم (میکروگرم بر لیتر) Mean±SD	مس (میلی گرم بر لیتر) Mean±SD	روی (میلی گرم بر لیتر) Mean±SD	کلسیم (میلی گرم بر لیتر) Mean±SD
سیرجان	شیر پاستوریزه	۳/۴±۲/۷	۰/۲۹±۰/۰۸	۰/۶۰±۰/۱۰	۵/۰۶±۰/۳۹	۱۰۱۹±۷۳
	پنیر ^۱	۵۳/۵±۸/۵	۲/۰۸±۰/۱۸	۱/۶۵±۰/۱۸	۹/۹۸±۰/۷۷	۲۱۷۲±۱۶۱
کرمان	شیر پاستوریزه	۳/۶±۱/۹	۰/۲۹±۰/۰۹	۰/۵۷±۰/۰۷	۴/۵۰±۰/۵۴	۱۰۷۵±۴۷
	پنیر ^۱	۵۶/۹±۷/۰	۳/۶۷±۰/۴۵	۱/۴۹±۰/۱۳	۱۰/۱۷±۰/۸۱	۲۲۵۴±۱۲۶

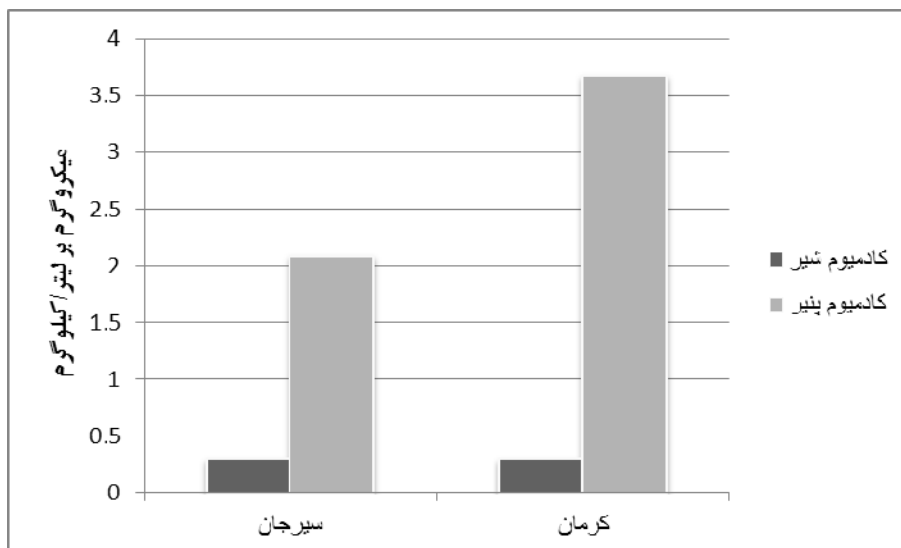
۱- کلیه مقادیر فلزات برای پنیر به صورت میکروگرم یا میلی گرم در کیلوگرم می باشد.

مقادیر فلزات مذکور در شیر پاستوریزه و پنیر تولیدی تا ۵ مقایسه شده است.

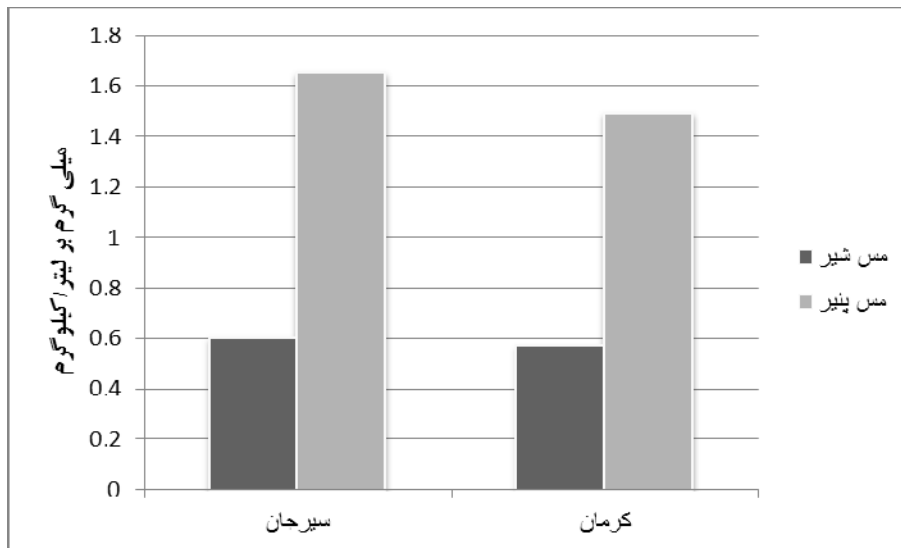
کارخانه‌های شیر پاستوریزه کرمان و سیرجان در نمودارهای ۱



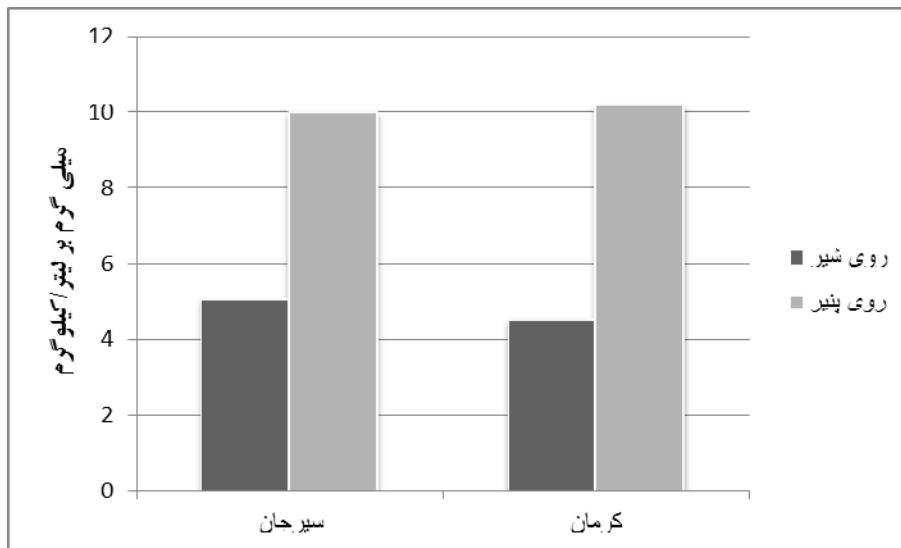
نمودار ۱- مقایسه میزان سرب در شیر پاستوریزه و پنیر کارخانه سیرجان و کارخانه کرمان
Fig 1- Compare the amount of lead in milk and cheese factories of Sirjan, Kerman



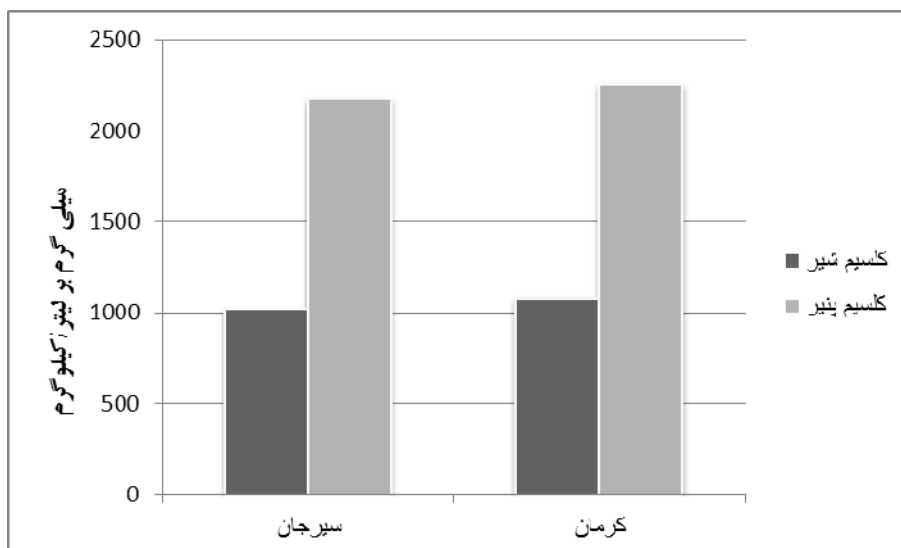
نمودار ۲- مقایسه میزان کادمیوم در شیر پاستوریزه و پنیر کارخانه سیرجان و کارخانه کرمان
Fig 2- Compare the amount of cadmium in milk and cheese factories of Sirjan, Kerman



نمودار ۳- مقایسه میزان مس در شیر پاستوریزه و پنیر کارخانه سیرجان و کارخانه کرمان
Fig 3- Compare the amount of copper in milk and cheese factories of Sirjan, Kerman



نمودار ۴- مقایسه میزان روی در شیر پاستوریزه و پنیر کارخانه سیرجان و کارخانه کرمان
Fig 4- Compare the amount of zinc in milk and cheese factories of Sirjan, Kerman



نمودار ۵- مقایسه میزان کلسیم در شیر پاستوریزه و پنیر کارخانه سیرجان و کارخانه کرمان
Fig 5- Compare the amount of calcium in milk and cheese factories of Sirjan, Kerman

بحث و نتیجه گیری

میانگین میزان سرب پنیر سیرجان و کرمان به ترتیب ۵۳/۵ و ۵۶/۹ میکروگرم بر کیلوگرم بود که از حد مجاز رهنمود FAO/WHO و کدکس ۲۰۰۷ بالاتر است. این مقادیر از میزان اندازه‌گیری شده توسط صادقی‌زاده در شهر یزد (۴۳/۶۱ppb) بالاتر می‌باشد که می‌تواند به علت انتقال سرب از دستگاه‌ها و وسایل خط تولید و افزودنی‌هایی چون چربی گیاهی و یا آب نمک به پنیر باشد (۲۱). میزان اندازه‌گیری شده سرب در پنیر سفید در کشور ترکیه (۳۱ میکروگرم بر گرم) از مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر بالاتر است علت احتمالی آن را می‌توان به آلودگی شیر مصرفی ویا فرسوده و قدیمی بودن دستگاه‌های خط تولید و انتقال از وسایل و ظروف خط تولید نسبت داد (۲۲).

طبق رهنمود FAO/WHO و کدکس ۲۰۰۷ حد مجاز کادمیوم در شیر ۱۰ میکروگرم بر لیتر می‌باشد. مقادیر این پارامتر در شیر خام کارخانجات سیرجان و کرمان به ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۷۰ میکروگرم بر لیتر بود و پایین‌تر از این حد مجاز می‌باشد و احتمالاً به دلیل کم بودن میزان کادمیوم در آب و علوفه مصرفی دام‌های تولید کننده شیر است (۱۷, ۱۸). میانگین اندازه‌گیری شده کادمیوم در نمونه‌های شیر خام اراک

بر اساس رهنمود های FAO/WHO^۱ و استاندارد کدکس ۲۰۰۷ حد مجاز سرب در شیر و محصولات لبنی ۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم اعلام شده است (۱۷, ۱۸). میانگین سرب یافت شده در شیر سیرجان و کرمان به ترتیب ۳/۴ میکروگرم بر لیتر و ۳/۶ میکروگرم بر لیتر بود که از حد مجاز رهنمود FAO/WHO و استاندارد کدکس ۲۰۰۷ پایین‌تر است. میزان سرب به دست آمده در پژوهش انجام گرفته در سال ۲۰۱۲ توسط دلاور و همکارانش در اراک (۱۶/۰۴ppb) از مقادیر مشاهده شده در تحقیق حاضر بیش‌تر است که دلیل احتمالی آن کم تر بودن میزان سرب در آب و علوفه مصرفی دام‌های تولید کننده شیر در سیرجان و کرمان است (۱۹) میانگین سرب شیر پاستوریزه در بررسی انجام یافته در سال ۲۰۱۰ در کشور برزیل (۰/۲۳ میلی گرم بر لیتر) توسط Vanessa و همکاران بسیار بالاتر از میزان مشاهده شده در این پژوهش است که علت آن وجود کارخانه تولید شمش سرب و بازیافت سرب از زباله های صنعتی در آن شهر عنوان شده است (۲۰).

بر لیتر بود که از میانگین به دست آمده در این تحقیق بیش تر است (۲۰). همچنین میزان میانگین‌های مس پنیر در مطالعه حاضر (سیرجان و کرمان به ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حدود ۱۰ برابر میانگین مس در بررسی صورت گرفته در عربستان در سال ۲۰۰۸ می‌باشد (۲۶). بیش تر بودن مس در پنیر در مطالعه حاضر می‌تواند مربوط به وجود معادن متعدد مس در استان کرمان و بالاتر بودن مس در آب این منطقه و یا حتی انتقال از بعضی قطعات خط تولید به پنیر باشد. در هر صورت مقادیر مس در کلیه نمونه‌های مطالعه حاضر (شیر و پنیر) از مقدار مجاز اعلام شده توسط آژانس ملی نظارت بهداشتی برزیل پایین تر بود.

آژانس ملی نظارت بهداشتی برزیل حد مجاز روی در شیر را ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اعلام داشته است. میزان روی به دست آمده در نمونه‌های شیر پاستوریزه این پژوهش (سیرجان و کرمان به ترتیب ۵/۰۶ و ۴/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) پایین تر از آن می‌باشد (۲۷). محدوده روی اندازه گیری شده توسط Baldini و همکارانش در سال ۱۹۹۰ در ایتالیا ۷۳۰۰-۳۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم است و نتایج پژوهش حاضر نیز در این محدوده قرار دارد (۲۸). میانگین غلظت روی در شیر پاستوریزه در تحقیق صورت گرفته در کشور برزیل ۴/۵۹ میلی‌گرم بر لیتر بوده که به میانگین‌های به دست آمده در مطالعه حاضر نزدیک است (۲۰). میانگین میزان روی پنیر در کارخانه‌های سیرجان و کرمان به ترتیب ۹/۹۸ و ۱۰/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت روی در پنیر سفید در بررسی انجام یافته در ترکیه توسط Mendil در سال ۲۰۰۶ به میزان ۱۲ میکروگرم بر گرم بوده (۲۲) که تقریباً نزدیک به مقادیر تحقیق حاضر می‌باشد. نزدیکی نتایج اندازه گیری فلز روی در مطالعات ذکر شده به مطالعه حاضر حاکی از شباهت مقادیر این فلز در محیط و یا آب و علوفه مصرفی دام‌ها است. میانگین غلظت روی اندازه گیری شده در پنیر در عربستان در سال ۲۰۰۸ (۸/۶ میکروگرم بر گرم)، کم تر از این میزان بوده است (۲۶) که ممکن است مربوط به میزان بالای کادمیوم رها شده از طریق آلودگی‌های نفتی

(۲۰/۰۹ppb) در سال ۲۰۱۲ توسط دلاور و همکارانش از مقادیر به دست آمده در این تحقیق بسیار بالاتر است که علت احتمالی آن آلودگی خاک، بارش باران اسیدی در بهار و تغییر pH خاک و ورود کادمیوم خاک به آب‌های سطحی و در پی آن به غذای دام و شیر برشمرده شده است (۱۹). در مطالعه ای که در سال ۲۰۰۱ توسط Martino و همکارانش در اسپانیا انجام یافت میانگین کادمیوم در شیر خام ۰/۷۴ میکروگرم بر لیتر اعلام شد که از مقادیر اندازه گیری شده این مطالعه پایین تر است (۲۳). میزان کادمیوم در شیر پاستوریزه مطالعه حاضر (سیرجان و کرمان به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۲۹ میکروگرم بر لیتر) از میزان حدمجاز رهنمود FAO/WHO و کدکس ۲۰۰۷ کم تر بود و از میزان اندازه گیری شده در مطالعه انجام یافته در برزیل در سال ۲۰۱۰ (کم تر از ۰/۱۳ میکروگرم بر لیتر) بیش تر است که شاید آن را بتوان به روش کار تشخیص به کار برده شده در برزیل نسبت داد (۲۴). در پژوهش حاضر مشاهده شد که میزان کادمیوم در شیر پاستوریزه نسبت به شیر خام به طور چشم‌گیری کاهش یافته است که می‌تواند به دلیل چربی‌گیری و خامه‌گیری از شیر در طی فرایند تولید شیر پاستوریزه باشد (۲۵). میزان کادمیوم پنیر کارخانه‌های سیرجان و کرمان به ترتیب ۲/۰۸ و ۳/۶۷ میکروگرم بر کیلوگرم است که از حدمجاز اعلام شده توسط FAO/WHO و کدکس ۲۰۰۷ برای شیر پایین تر می‌باشد که حاکی از کم بودن میزان کادمیوم در مواد اولیه مصرفی است. میزان کادمیوم در تحقیق انجام یافته در سال ۲۰۱۰ در عربستان سعودی (۰/۰۹ میکروگرم بر گرم) از مقادیر به دست آمده در این پژوهش بسیار بالاتر است که احتمالاً مربوط به آلودگی‌های نفتی رها شده در محیط آن کشوری باشد (۲۶).

در مستندات FAO ، EPA و WHO حدود مجازی برای میزان مس در شیر یافت نشد ولی آژانس ملی نظارت بهداشتی برزیل حد مجاز مس در شیر را ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین نموده است (۲۷). میانگین میزان مس در شیر پاستوریزه سیرجان و کرمان به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۵۷ میلی‌گرم بر لیتر بود که به مراتب از حدمجاز مذکور کم تر است. میانگین مس اندازه‌گیری شده در شیر پاستوریزه در پژوهشی در برزیل ۱/۷۳ میلی‌گرم

می رسد که میزان دریافت هفتگی سرب و کادمیوم از طریق مصرف شیر و پنیر کارخانه های سیرجان و کرمان توسط مصرف کنندگان آن ها در حد مطلوب و قابل قبولی است.

در مجموع میزان فلزات اندازه گیری شده در پژوهش حاضر به غیر از میزان سرب در حد استانداردهای تعریف شده جهانی و یا بعضی کشورهای تولید کننده لبنیات (مانند کشور برزیل) بوده است، لذا مخاطره‌ای برای مصرف کنندگان ایجاد نخواهد کرد. فقط سرب موجود در پنیر از حد مجاز اعلام شده بیش تر است که گرچه بر اساس میزان مصرف لبنیات در ایران و میزان جذب سرب در بدن افراد بزرگ سال، در حد قابل قبولی قلمداد می شود، ولی بالا بودن میزان آن از عوامل هشدار دهنده به شمار می رود که بایستی علت آن (استفاده از ظروف و تجهیزات تولید سربی ویا افزودنی هایی مانند چربی گیاهی و یا آب نمک آلوده به سرب) مرتفع گردد.

تدوین حدود مجاز برای فلزات سنگین وسایر آلاینده ها در فرآورده های لبنی از موارد مهمی است که بایستی با اولویت در برنامه های مسؤولان منظور گردد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح مصوب در مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان و با حمایت معاونت تحقیقات و فن آوری این دانشگاه و با همکاری و راهنمایی های سرکار خانم مهندس شیوا جلالی راد مدیر آزمایشگاه شرکت فنی مهندسی و صنعت کیفیت نامداران انجام یافته است، بدین وسیله از مساعدت های آنان سپاس گذاری می گردد.

منابع

1. Lelieveld HLM, Holah JT., 2014. Hazards, sources and vectors of contamination. Hygiene in Food Processing (Second edition): Woodhead Publishing, pp. 21-50.

۲. عزت پناه، حمید و همکاران، «ارزیابی مقادیر سرب و کادمیوم در شیر خام گاوهای مناطق مختلف استان

در عربستان و آنتاگونیست بودن کادمیوم و روی در بدن دام های تولید کننده شیر باشد.

میانگین کلسیم در شیر پاستوریزه سیرجان و کرمان به ترتیب ۱۰۱۹ و ۱۰۷۵ میلی گرم بر لیتر بود که از میانگین به دست آمده در مطالعه انجام یافته برای کلسیم شیرخام توسط Sola در سال ۲۰۰۹ در ایتالیا (۹۷۰ میلی گرم بر لیتر) بیش تر است که علت را شاید بتوان بالاتر بودن کلسیم در آب منطقه استان کرمان دانست (۲۹). میانگین میزان کلسیم شیر در سال ۲۰۰۶ در آمریکا معادل ۱۲۲۰ میلی گرم بر لیتر گزارش شده که کمی از تحقیق حاضر بالاتر است (۳۰). میانگین مقدار کلسیم شیر پاستوریزه در مطالعه انجام یافته در برزیل ۸۸۸ میلی گرم بر لیتر گزارش شده که از میزان کلسیم شیر پاستوریزه در این تحقیق پایین تر است (۲۰) که عامل احتمالی آن ممکن است بالا بودن میزان سرب و آنتاگونیست بودن سرب و کلسیم باشد. به طور کلی متفاوت بودن میزان کلسیم در بررسی های مختلف می تواند دلایل متعددی از جمله مقادیر مختلف کلسیم موجود در آب، خاک، علوفه و یا حتی تفاوت نژاد دام های تولید کننده شیر داشته باشد. میانگین میزان کلسیم پنیر در کارخانه های سیرجان و کرمان به ترتیب ۲۱۷۲ میلی گرم بر کیلوگرم و ۲۲۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود. در پژوهشی که توسط Mendil در سال ۲۰۰۶ در ترکیه صورت پذیرفت، میزان کلسیم در پنیر سفید را ۳۷۱۸ میکروگرم بر گرم گزارش نمود که از میزان کلسیم پنیر در این تحقیق بالاتر است که علت آن را شاید بتوان به متفاوت بودن روش های تولید پنیر و یا میزان بالاتر کلسیم در شیر مورد استفاده نسبت داد (۲۲).

میزان جذب قابل قبول فلزات سمی سرب و کادمیوم در هفته برای بزرگسالان به ترتیب ۲۵ و ۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در نظر گرفته شده است. بدین معنی که در یک فرد بالغ که حدود ۷۰ کیلوگرم وزن دارد میزان جذب هفتگی قابل تحمل برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۱۷۵ و ۴۹ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن می باشد (۱۸، ۳۱). بر اساس نتایج پژوهش حاضر و با در نظر گرفتن این که مصرف سرانه شیر و فرآورده های حاصل از آن در ایران حدود ۱۰۰-۹۵ کیلوگرم است (۲)، به نظر

9. Fullmer CS., 1991. Intestinal calcium and lead absorption: effects of dietary lead and calcium. *Environmental Research*, Vol.54(2), pp.159-169.
10. Hauser G, Vienna A, Wolfsperger M, Goessler W., 1999. Milk consumption, smoking and lead concentration in human hair. *Collegium antropologicum*, Vol.23(2), pp.433.
11. Reeves PG, Chaney RL., 2002. Nutritional status affects the absorption and whole-body and organ retention of cadmium in rats fed rice-based diets. *Environmental science & technology*, Vol.36(12), pp.2684-2692.
12. Reeves PG, Chaney RL., 2001. Mineral Status of Female Rats Affects the Absorption and Organ Distribution of Dietary Cadmium Derived from Edible Sunflower Kernels (*Helianthus annuus* L.). *Environmental Research*, Vol.85(3), pp.215-225.
۱۳. ملکوتیان، محمد، گلپایگانی، عبدالعلی «تعیین میزان فلزات سمی سرب، کادمیوم، آلومینیوم و بازدارنده‌های کلسیم و روی در شیر خشک و غذای کودک عرضه شده در ایران». *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*، تابستان ۱۳۹۲، جلد ۸، شماره ۳.
14. González-Montaña JR SE, Gutiérrez A, Prieto F., 2012. Cadmium and lead in bovine milk in the mining area of the Caudal River (Spain). *Environ Monit Assess*, Vol.184(7), pp.4029-34.
15. Iran ISaIRo., 1992. Food - Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc- Atomic absorption spectrophotometry. 1st edition: ISIRI 9266.
16. APHA., 2005. Standard method for examination of water and wastewater. *یزد*، *مجله علوم غذایی و تغذیه*، تابستان ۱۳۸۸، جلد ۸، شماره ۳.
3. Lukáčová A, Massányi P, Golian J., 2012. Concentration of selected elements in raw and ultra heat treated cow milk. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, Vol. 2(2), pp.795-802.
4. Licata P, Trombetta D, Cristani M, Giofrè F, Martino D, Calò M, et al., 2004. Levels of "toxic" and "essential" metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Environment International*, Vol. 30(1), pp.1-6.
5. Patra RC, Swarup D, Kumar P, Nandi D, Naresh R, Ali SL., 2008. Milk trace elements in lactating cows environmentally exposed to higher level of lead and cadmium around different industrial units. *Science of The Total Environment*, Vol. 404(1), pp.36-43.
6. Caggiano R, Sabia S, D'Emilio M, Macchiato M, Anastasio A, Ragosta M, et al., 2005. Metal levels in fodder, milk, dairy products, and tissues sampled in ovine farms of Southern Italy. *Environmental Research*, Vol.99(1), pp.48-57.
7. Pilarczyk RPJWPCPSB., 2013. Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from organic farm. *Environ Monit Assess*, Vol.185, pp.8383-8392.
۸. رادمهر، بهراد و همکاران، «بررسی ارتباط سرب موجود در شیر با سرب موجود در آب شرب گاوداری‌های اطراف تهران». *مجله پژوهش‌های بالینی دامپزشکی*، زمستان ۱۳۸۸، جلد ۱، شماره ۱۰.

- skimmed milk and milk whey of different milks. Anal Chim Acta, Vol.442, pp.191-200.
24. Soares VA, Kus MMM, Peixoto ALC, Carrocci JS, Salazar RFS, Izário Filho HJ., 2010. Determination of nutritional and toxic elements in pasteurized bovine milk from Vale do Paraiba region (Brazil). Food Control, Vol.21(1), pp.45-9.
۲۵. بنیادیان، مجتبی و همکاران، «بررسی میزان سرب و کادمیوم در شیرهای خام و پاستوریزه تولید شده در منطقه شهرکرد»، مجله دامپزشکی ایران، پاییز ۱۳۸۵، جلد ۲، شماره ۲.
26. Magda M. Aly a MNA-Sb, Safaa Y. Qusti b, Nagwa M. El-Sawi b., 2010. Mineral content and microbiological examination of some white cheese in Jeddah, Saudi Arabia during summer 2008. Food and Chemical Toxicology, Vol.48, pp.3031-3034.
27. Decree number 55.871/65., 2007.
28. Baldini M CE, Stacchini A, Stacchini P., 1990. Presence and assessment of xenobiotic substances in milk and dairy products. Ann Ist Super Sanita, Vol.26(2), pp.167-176.
29. Cristina Sola-Larrañaga IN-B., 2009. Chemometric analysis of minerals and trace elements in raw cow milk from the community of Navarra, Spain. Food Chemistry, Vol.112(1), pp.189-196.
30. Cashman KD., 2006. Milk minerals (including trace elements) and bone health. International Dairy Journal, Vol.16, pp.1389-1398.
31. Safety evaluation of certain food additives and contaminants., 2000.
- 21 ed. Washington DC: American public health association publication.
17. FAO/WHO., 1993. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants : Technical Report Series 837837; World health Organization: Geneva, Switzerland.
18. Codex AC., 2007. Codex general standard for contaminants and toxins in foods. Codex Stan., 193-1995.
19. Delavar Mostafa AM, Navabi Atefeh, Sadeghi Masoudeh, Hadavand Shokoufeh, Mansouri Ali., 2012. Evaluation and Determination of Toxic Metals, Lead and Cadmium, in Incoming Raw Milk from Traditional and Industrial Farms to Milk Production Factories in Arak, Iran. Iranian Journal of Toxicology, Vol.6(17), pp.630-634.
20. Vanessa A. Soares MMMK, André Luis C. Peixoto, Juliana S. Carrocci, Rodrigo F.S. Salazar, Hélcio J. Izário Filho., 2010. Determination of nutritional and toxic elements in pasteurized bovine milk from Vale do Paraiba region (Brazil). Food Control, Vol.21, pp.45-49.
۲۱. صادقی زاده، جلال و همکاران، «مطالعه میزان و منابع آلودگی پنی‌رهای سفید آب نمکی شهرستان یزد به برخی از فلزات»، مجله علوم و صنایع غذایی، بهار ۱۳۸۶، جلد ۴، شماره ۱.
22. Mendil D., 2006. Mineral and trace metal levels in some cheese collected from Turkey. Food Chemistry, Vol.96, pp.532-537.
23. Martino FAR SM, Sanz-Medel A., 2001. The potential of double focusing-ICP-MS for studying elemental distribution patterns in whole milk,