

Estimation of Weekly Human Intake of Heavy Metals (Lead, Cadmium, Chromium, Copper, Iron, Tin, Zinc, and Nickel) through Cheese Consumption in Iran

Baseri E¹, Alimohammadi M*², Nabizadeh Nodehi R³, Nazmara Sh⁴, Jahed khaniki Gh⁵, Mahmoodi B⁶

1. MSc student of food safety and hygiene, School of Health, Tehran University of Medical Sciences
 2. Associate professor in Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
 3. Professor in Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
 4. Expert in Laboratory of Air Pollution, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
 5. Professor in Department of food hygiene, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
 6. Expert in Laboratory of Microbiology, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- * *Corresponding author.* Tel: +982188954911, Fax: +982188950188, E-mail: m_alimohammadi@tums.ac.ir

Received: Sep 2, 2014 Accepted: Dec 28, 2014

ABSTRACT

Background & objectives: This study was performed due to increasing concern about intake of heavy metals by contaminated foods. Health effects due to dietary intake of heavy metals is well known. Metals can be entered into cheese at various stages of production. The aim of this study was to estimate weekly intake of heavy metals (i.e. lead, cadmium, chromium, copper, iron, tin, zinc and nickel) through consumption of cheese in Iran to estimate proportion of metal intake through dietary pathway.

Methods: This descriptive study was performed on 54 cheese samples with high consumption which their producers were distributed across the country. Lead, cadmium, chromium, copper, iron, tin, zinc and nickel in cheese samples were measured by ICP-OES and weekly intake of metals through consumption of cheese was estimated. Then the proportion was expressed as a percentage of provisional tolerable weekly intakes (PTWI).

Results: The highest metal concentration ($\mu\text{g/g}$ wet weight) was determined for Zinc (5.10) and the lowest for cadmium (0.005). The highest Estimated Weekly Intake (EWI) was determined for Zn ($464.1\mu\text{g}$) and the lowest ($0.45\mu\text{g}$) for cadmium. All estimates of the metals intake (through consumption of cheese), excluding nickel (1.19 %) was less than 1% of the maximum tolerable weekly intake.

Conclusion: The results show that cheese has no significant contribution to intake of the investigated heavy metals in Iran. It should be considered that cheese is not the only source for metal intakes and maximum residue level (MRL) for Pb in present study is greater than Codex limit of 0.02 mg/kg. Studing sources for lead contaminant in cheese is recommended to better understand, manage and prevent from further pollution.

Keywords: Heavy Metal; Estimated Weekly Intake; Humans Body; Cheese; Iran.

برآورد میزان ورود هفتگی فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل) به بدن انسان از طریق مصرف پنیر در ایران

الهام باصری^۱، محمود علی محمدی^{۲*}، رامین نبی زاده نودهی^۳، شاهرخ نظم آرا^۴، غلامرضا جاهد خانیکی^۵، بابک محمودی^۶

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران ۲. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران ۳. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران ۴. کارشناس آزمایشگاه آلودگی هوا، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران ۵. دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران ۶. کارشناس آزمایشگاه میکروبی شناسی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

* نویسنده مسئول. تلفن ۰۲۱۸۸۹۵۴۹۱۱ فکس: ۰۲۱۸۸۹۵۰۱۸۸ ایمیل: m_alimohammadi@tums.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه با توجه به افزایش نگرانی در مورد مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین انجام گرفت. عوارض سلامتی ناشی از جذب رژیم فلزات سنگین نیز بخوبی شناخته شده است. فلزات، یکی از عواملی هستند که در مراحل مختلف تولید پنیر می‌توانند وارد این ماده غذایی شوند. هدف از پژوهش حاضر برآورد میزان ورود هفتگی فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل) از طریق مصرف پنیر در ایران به منظور برآورد سهم این ماده غذایی در میزان دریافتی فلزات از طریق رژیم غذایی ایرانیان می‌باشد.

روش کار: این مطالعه توصیفی بر روی ۵۴ نمونه پنیر پر مصرف که کارخانه‌های تولیدکننده آنها در سراسر کشور پراکنده بود، انجام گرفت. پس از آماده سازی، میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل نمونه‌های پنیر، توسط دستگاه ICP-OES اندازه گیری شد و میزان دریافت هفتگی این فلزات از طریق مصرف پنیر برآورد گردید. سپس نسبت آن با میزان دریافت قابل تحمل هفتگی موقتی بصورت درصد بیان گردید.

یافته‌ها: بالاترین غلظت فلز (میکروگرم بر گرم وزن تر) مربوط به روی (۵/۱۰) و کمترین آن مربوط به کادمیوم (۰/۰۰۵) می‌باشد. بالاترین میزان ورود هفتگی برای فلز روی (۴۶۴/۱ میکروگرم) و کمترین میزان ورود هفتگی (۰/۴۵ میکروگرم) برای فلز کادمیوم محاسبه گردید. تمام برآوردهای میزان دریافت فلزات (از طریق مصرف پنیر) برای تمامی فلزات مورد مطالعه به جز نیکل (۱/۱۹٪) کمتر از یک درصد حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی موقتی بود.

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان داد ماده غذایی پنیر در ایران سهم چشمگیری در میزان حداکثر قابل تحمل هفتگی فلزات ندارد. اما بایستی در نظر داشت که پنیر، تنها منبع ورود فلزات سنگین به بدن انسان نمی‌باشد. با این حال میزان سرب نمونه‌های پنیر از حد مجاز توصیه شده کدکس برای فلز سرب در فرآورده‌های لبنی (۰/۰۲mg/kg) بالاتر بود. برای فهم بهتر و مدیریت بهینه و جلوگیری از آلودگی بیشتر، مطالعه منشأ فلز سرب در پنیرهای تولیدی کشور توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، میزان دریافت هفتگی، بدن انسان، پنیر، ایران

دریافت: ۹۳/۶/۱۱ پذیرش: ۹۳/۱۰/۷

مقدمه

شیر و فرآورده‌های لبنی از جمله محصولات می‌باشند که به دلیل وسعت گروه سنی مصرف‌کننده و همچنین غنی بودن ارزش غذایی، در

رژیم غذایی انسان سهم زیادی را دارا می‌باشند. پنیر از جمله فرآورده‌هایی می‌باشد که در میان این محصولات، جایگاه مهمی دارد (۲،۱). در سال‌های اخیر، تولید پنیر روندی صعودی داشته است. ایران

نیز با تولید ۲۶۷/۷ هزار تن، جزء کشورهای تقریباً مطرح در این صنعت به شمار می‌رود (۳). همچنین بر اساس جدیدترین آمار، سرانه مصرف پنیر هر ایرانی ۴/۷ کیلوگرم اعلام شده است (۴). کیفیت محصولات لبنی می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله شرایط بهداشتی یا پرورش دام‌های شیری و ویژگی‌های تغذیه‌ای دام، آلودگی محیطی، مواد اولیه، شرایط فرآیند، تکنولوژی مورد استفاده در تولید و عرضه و محل فرآوری محصول (محل کارخانه) قرار بگیرد (۵، ۶). فلزات یکی از عواملی است که فرآیند تولید پنیر را تحت تاثیر قرار داده و نهایتاً باعث آلودگی آن می‌شود که می‌تواند از طرق مختلف وارد زنجیره غذایی شوند (۲). از دیدگاه تغذیه‌ای، عناصر فلزی در ترکیب فرآورده‌های شیر را می‌توان در گروه فلزات ضروری (کروم، کبالت، روی، مس، منگنز، آهن و غیره) و غیرضروری (عمدتاً سرب، کادمیوم و جیوه و غیره) طبقه بندی کرد. حضور فلزات غیرضروری، حتی در مقادیر کم، منجر به اختلالات متابولیک با عواقب بسیار جدی می‌شود. ذکر این مطلب بسیار مهم است که افزایش غلظت هر دو دسته فلزات سنگین در شیر و فرآورده‌های آن، از حدود مجازی که در نظر گرفته شده، بر مصرف کنندگان این فرآورده‌ها اثرات سمی دارد. به همین دلیل است که مقدار بعضی فلزات سنگین در شیر و فرآورده‌های آن بوسیله مقررات بهداشتی هر کشور تنظیم می‌شود (۷). از علایم مسمومیت با فلزات سنگین، علائم حاد و مزمن، سرگیجه، تهوع، استفراغ، اسهال، اختلالات خواب، از دست دادن اشتها و کاهش میزان درک می‌باشند. همچنین فلزات ناچیز ضروری با بیماری‌های قلبی عروقی، کاهش رشد، اختلال در باروری، اختلالات سیستم عصبی و ایمنی، افزایش سقط خودبخودی و مرگ و میر بالا در نوزادان، مرتبط می‌باشند (۸). میزان دریافت قابل تحمل هفتگی

موقتی (PTWI)^۱ مقدار مرجعی می‌باشد که توسط کمیته مشترک متخصصان سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و سازمان بهداشت جهانی (JECFA)^۲ در خصوص افزودنی‌های خوراکی تعیین شده و نشان‌دهنده میزان دریافت هفتگی ایمن آلاینده‌ها می‌باشد. در واقع این مقادیر تخمینی از مقدار یک فلز یا آلودگی است که می‌تواند طی دوره زندگی، بدون ایجاد خطر در بدن مصرف‌کننده هضم گردد (۹). قابل ذکر است که روش‌های مختلفی برای تعیین فلزات در شیر و فرآورده‌های آن بکار می‌رود. یکی از این روش‌ها بکارگیری دستگاه ICP-OES می‌باشد. مزایای این روش نسبت به سایر روش‌های آنالیز عنصری عبارتند از: ۱- تولید درجه حرارت‌های بالای ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ کلوین، ۲- قابلیت اندازه‌گیری همزمان عناصر، ۳- دقت و صحت بالا نسبت به سایر تکنیک‌های تجزیه‌ای، ۴- حد تشخیص^۳ بسیار خوب برای بیشتر عناصر، ۵- قابل کاربرد برای عناصر مقاوم، ۶- نشر زمینه پایین و به دنبال آن پایین بودن تداخلات شیمیایی (۱۰). با توجه به مزایای روش بیان شده، از این روش حساس در اندازه‌گیری فلزات نمونه‌های پنیر استفاده گردید. تاکنون محققان بسیاری میزان فلزات سنگین مختلف را در پنیر اندازه‌گیری کرده‌اند (۱۱، ۱۲). در کشور ایران تاکنون مطالعه جامعی بر روی میزان فلزات تمامی انواع پنیر تولیدی کل کشور صورت نگرفته است و در اندک مطالعات صورت گرفته هم اطلاعاتی از میزان ورود فلزات سنگین به بدن مصرف‌کنندگان و ارزیابی میزان خطر احتمالی ناشی از مصرف پنیر با توجه غلظت فلزات موجود در این ماده غذایی ارائه نشده است. ارزیابی خطر پروسه‌ای علمی می‌باشد که به وسیله آن تأثیر آلاینده‌های محیطی بر روی سلامت انسان مورد

^۱ Provisional Tolerable Weekly Intake

^۲ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

^۳ Detection Limit

نمونه‌برداری، کلیه لوله‌ها با اسید شستشو داده شد. برای این کار ابتدا لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک ۱۰ درصد قرار داده شده و سپس با آب شهری شستشو و برای ۲۴ ساعت در آب مقطر خوابانده شد. در نهایت با آب مقطر آبکشی و سپس خشک شده و بعد از خشک شدن لوله‌ها در آنها بسته شده و برای نمونه گیری استفاده گردید.

تجهیزات

برای اندازه‌گیری فلزات سنگین از دستگاه پلاسما ی القایی جفت شده با طیف نشری نوری (ICP-OES) مدل Spectrum Arcos ساخت کشور آلمان، استفاده شد. شرایط کار دستگاه در جدول ۱ آورده شده است. آب دیونیزه مورد استفاده از دستگاه آب مقطرگیری مدل Fistream, UK بدست آمد. عمل هضم نمونه‌ها توسط کوره الکتریکی مدل Gallenkamp, England انجام گرفت.

بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین هدف این پژوهش برآورد میزان ورود هفتگی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل از طریق مصرف پنیر در ایران، توسط اندازه‌گیری این فلزات به وسیله دستگاه بسیار حساس ICP-OES در پنیرهای مصرفی کشور می‌باشد تا از سهم این ماده غذایی (پنیر) در میزان فلزات دریافتی بدن آگاهی حاصل گردد.

روش کار

مواد شیمیایی

محلول‌های استاندارد ۸ فلز مورد آنالیز با خلوص تجزیه ای از شرکت مرک آلمان تهیه گردیدند. اسید نیتریک مورد استفاده (۶۵٪) نیز از همین شرکت تهیه گردید. تمامی محلول سازی‌ها با آب مقطر دیونیزه انجام گرفت. برای اطمینان از عاری بودن کلیه ظروف و پیت‌ها از آلاینده، قبل از

جدول ۱. مشخصات و شرایط مورد استفاده برای دستگاه ICP-OES

۱۴۰۰	توان دستگاه ^۱ (وات)
۱۴/۵	سرعت جریان گاز پلاسما ^۲ (لیتر / دقیقه)
۰/۹	سرعت جریان گاز کمکی ^۳ (لیتر / دقیقه)
۰/۸۵	سرعت جریان گاز نئوبلازر ^۴ (لیتر / دقیقه)
جمعا ۲۴۰	زمان مکش نمونه ^۵ (ثانیه)
۴۵	زمان شست و شو ^۶ (ثانیه)
۴۵	زمان ثبات اولیه ^۷ (ثانیه)
۳	تعداد تکرار ^۸
۱۵	سرعت پمپ ^۹ (دور در دقیقه)
۲۷/۱۲	فرکانس ژنراتور دستگاه ^{۱۰} (مگاهرتز)
CCDModified Lichte	نوع سیکلون محفظه اسپری ^{۱۱}

1. RFpower 2. Plasma gas flow rate 3. Auxiliary gas flow rate 4. Nebulizer gas flow rate 5. Sample uptake time
6. Rinse time 7. Initial stabilization time 8. Measurement Replicates 9. Pump rate 10. Frequency of RF generator
11. Type of spray chamber Cyclonic

شده بودند، ۱۸ نمونه پنیر انتخاب گردید. از هر نمونه، ماهانه و به مدت ۳ ماه نمونه‌برداری گردید (جمعاً ۵۸ نمونه). در جدول ۲، محل کارخانه تولیدکننده پنیر و همچنین مشخصات این پنیرها آورده شده است (به منظور رعایت اخلاق در پژوهش، از آوردن نام برندها خودداری می‌شود).

جهت انتخاب نمونه‌ها تلاش بر آن بود تا از برندهایی استفاده شود که کارخانه تولیدکننده آن‌ها در نقاط مختلف کشور پراکنده باشد و ضمناً جزء برندهای پرمصرف و معتبر به شمار آید. لذا با بررسی سابقه حضور برندهای پنیر در بازار مصرف و نیز مراجعه با فروشگاه‌های مواد غذایی که بطور تصادفی انتخاب

جدول ۲. محل کارخانه تولیدکننده نمونه های پنیر و مشخصات این پنیرها

شماره نمونه	محل کارخانه	نوع پنیر
۱	استان قم	فتا، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی فلزی
۲	استان آذربایجان شرقی	لیقوان، تهیه شده از شیر گوسفند، بسته بندی فلزی
۳	استان اصفهان	فتا، تهیه شده از شیر گاو، شیر گاو، بسته بندی فلزی
۴	استان گلستان	فتا، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی فلزی
۵	استان آذربایجان شرقی	لیقوان، تهیه شده از شیر گوسفند، بسته بندی فلزی
۶	استان فارس	فتا، تهیه شده از شیر گوسفند، بسته بندی پلاستیکی
۷	استان گلستان	فتا، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۸	استان اصفهان	کاتیج، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۹	استان فارس	فتا، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۰	استان گلستان	فتا، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۱	استان لرستان	فتا، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۲	استان مازندران	لیقوان، تهیه شده از شیر گوسفند، بسته بندی پلاستیکی
۱۳	استان مازندران	لبنه، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۴	استان گیلان	لبنه، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۵	استان فارس	خامه ای، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۶	استان گلستان	خامه ای، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۷	استان تهران	خامه ای، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی
۱۸	استان مازندران	خامه ای، تهیه شده از شیر گاو، بسته بندی پلاستیکی

میزان رطوبت نمونه های پنیر ۶۵-۵۴ درصد بود. جهت آزمایش نمونه ها بعد از باز کردن پنیرها از درون بسته بندی، کاملاً هموژن شده سپس مقدار ۱۰۰ گرم از آن وزن شده و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری گردید تا کاملاً خشک شود. سپس با مخلوط کن استیل ضدزنگ، دوباره هموژنیزه گردید و تا زمان قبل از آنالیز در ظروف نگهداری پلی اتیلن در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شد. تا جایی که ممکن بود سعی می شد زمان نگهداری نمونه ها کاهش یابد و آماده سازی آن ها سریعتر صورت گیرد. آماده سازی نمونه ها به روش خاکستری با بکارگیری کوره الکتریکی بود. بدین صورت که ۱ گرم از نمونه های هموژن شده با ترازوی دقیق وزن شده و در کوره الکتریکی قرار داده شد. دمای کوره به صورت پلکانی تا ۵۰۰-۴۵۰ درجه افزایش داده شد و نمونه ها به مدت ۱۶ ساعت در کوره قرار گرفت. بعد از

درآوردن از کوره در دسیکاتور قرار داده شد تا سرد شود. سپس ۱ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ برای بدست آمدن خاکستر سفید، اضافه شد و این مخلوط دوباره به مدت ۶ ساعت، خاکستری شد و مخلوط باقیمانده بعد از درآوردن از کوره و سرد شدن در ۲-۱ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ حل شده و توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ صاف گردید. سپس نمونه (مخلوط حاصله) در بالن با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد (۱۳،۸). جهت آماده سازی دستگاه برای آنالیز نمونه ها ابتدا پس از انجام تنظیم دستگاه و اپتیم کردن آن، محلول های استاندارد کاری که در غلظت های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppb تهیه شده بودند به دستگاه داده شد و منحنی کالیبراسیون رسم گردید و ضریب همبستگی R^2 طول موج و حدود تشخیص هر یک از عناصر برای هر یک از فلزات به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. مقادیر R^2 ، طول موج و حد آشکارسازی

عنصر	R^2	طول موج (نانومتر)	حد آشکارسازی ^۱ (میلی گرم در لیتر)
کادمیوم	۰/۹۹۹۴۳	۲۱۴/۴۳۸	۰/۰۰۰۰۴۹
کروم	۰/۹۹۹۸۷	۲۰۵/۶۱۸	۰/۰۰۰۰۹۶
آهن	۰/۹۹۹۹۰	۲۵۹/۹۴۱	۰/۰۰۰۰۱۶
مس	۰/۹۹۹۹۲	۳۲۴/۷۵۴	۰/۰۰۰۰۰۳
روی	۰/۹۹۹۵۰	۲۱۳/۸۵۶	۰/۰۰۰۰۲۷
سرب	۰/۹۹۹۶۴	۲۲۰/۳۵۳	۰/۰۰۰۰۰۲
قلع	۰/۹۹۹۷۹	۱۸۹/۹۹۱	۰/۰۰۰۰۱۶۱
نیکل	۰/۹۹۹۸۹	۲۲۱/۶۴۸	۰/۰۰۰۰۲۹

^۱Detection Limit

مورد مطالعه در غلظت‌های قابل تشخیص در نمونه‌ها وجود داشت. بالاترین غلظت فلز مربوط به روی (۵/۱۰) و کمترین آن مربوط به کادمیوم (۰/۰۰۵) می‌باشد. غلظت فلز سرب در نمونه‌های این پژوهش بالاتر از حد استاندارد مجاز توصیه شده این فلز توسط کدکس در فرآورده‌های لبنی (۰/۰۲ میلی گرم / کیلوگرم) بود.

برآورد میزان دریافت هفتگی فلزات

FAO/WHO برای فلزات مورد بررسی (بجز کروم) حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی موقتی اعلام کرده است. این مقادیر در جدول ۵ آورده شده است. برآورد میزان ورود هفتگی (EWI)^۲ فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل (از طریق مصرف پنیر) نیز در جدول ۵ نشان داده شده است. بالاترین EWI برای فلز روی (Zn) به دست آمد، درحالی‌که کمترین میزان ورود هفتگی برای فلز کادمیوم (Cd) محاسبه گردید. تمام EWI‌های بدست آمده زیر حدود PTWI و کمتر از یک درصد این حدود بود (به جز نیکل که ۱/۱۹ درصد TWI بود) (جدول ۵).

به منظور تایید روش نیز، نمونه‌ها با مقادیر معینی از فلز آلوده شده و پس از انجام عمل هضم، میزان فلز بازیابی شده مبنای محاسبه درصد بازیافت قرار گرفت. درصد ریکاوری ۹۵-۹۰ درصد به دست آمد.

محاسبه میزان دریافت فلزات از طریق پنیر

میزان دریافت هفتگی هر یک از فلزات در هر شخص، از حاصلضرب مصرف هفتگی پنیر در ایران و متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده فلزات بر اساس وزن تر، برآورد شد. سپس مقادیر بدست آمده با حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی موقتی هر فلز مقایسه گردید و بصورت درصدی از این حدود تعیین شده، بیان گردید (قابل ذکر است که برای برآورد میزان مصرف پنیر در ایران از آمار IDF^۱ استفاده شده است (سرانه مصرف پنیر هر ایرانی ۴/۷ کیلوگرم) (ع).

یافته‌ها

غلظت فلزات در نمونه‌های پنیر

میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل (میکروگرم/گرم و گرم وزن مرطوب) در نمونه‌های پنیر در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج اندازه‌گیری نشان داد تمامی فلزات

^۲ Estimated Weekly Intake^۱ International Dairy Federation

جدول ۴. میانگین غلظت فلزات سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل نمونه های پنیر (میکروگرم/گرم وزن تر)

نیکل	قلع	سرب	روی	مس	آهن	کروم	کادمیوم
۰/۳۲±۰/۱۶	۰/۱۵±۰/۳۳	۰/۱۲±۰/۱۹	۵/۱۰±۲/۵۷	۰/۷۶±۰/۳۸	۲/۹۷±۱/۲۷	۰/۱۴±۰/۱۱	۰/۰۰۵±۰/۰۱

جدول ۵. متوسط دریافت روزانه فلزات سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل از طریق مصرف پنیر و درصد میانگین حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی

فلز	حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی (µg)	حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی در شخص بالغ ۷۰ کیلو گرمی (µg)	میزان دریافت هفتگی ^۳	میانگین دریافت % حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی	رفرنس
کادمیوم	۷	۴۹۰	۰/۴۵	۰/۰۹	
سرب	۲۵	۱۷۵۰	۱۰/۹۲	۰/۶۲	FAO/ WHO, 2004
کروم ^۳	-	-	۱۲/۷۴	-	FAO/ WHO, 2004
قلع	۱۴۰۰۰	۹۸۰۰۰۰	۱۳/۶۵	۰/۰۰۱	FAO/ WHO, 2004
نیکل	۴۳۵	۲۴۵۰	۲۹/۱۲	۱/۱۹	EU, 2006
مس	۳۵۰۰	۲۴۵۰۰۰	۶۹/۱۶	۰/۰۳	FAO/ WHO, 2004
آهن	۵۶۰۰	۳۹۲۰۰۰	۲۷۰/۳	۰/۰۷	WHO, 1993
روی	۷۰۰۰	۴۹۰۰۰۰	۴۶۴/۱	۰/۰۹۵	FAO/ WHO, 2004

۱. Estimated weekly intake (EWI) (µg)

۲. میزان دریافت فلز از طریق مصرف هفتگی پنیر (میزان هفتگی مصرف پنیر: ۹۱ گرم)

۳. برای کروم، حداکثر میزان قابل تحمل هفتگی، وضع نشده است.

۴. WHO، برای نیکل حداکثر میزان قابل تحمل روزانه را ۵ میکروگرم وضع کرده است، اما در اینجا برای یک هفته محاسبه شده است.

بحث

لخته‌سازی در پنیر هم به دلیل میل ترکیبی سرب با کازئین‌ها و چربی، باعث افزایش مقدار این فلز در پنیر نسبت به شیر می‌شود (۱۴). یوزباشی^۱ و همکاران نیز در ترکیه میزان فلزات سرب، کادمیوم، آهن، مس و روی را در پنیر کاشار^۲ اندازه‌گیری کرده و سپس میزان دریافتی روزانه این فلزات را در ۱۰۰ گرم از این نوع پنیر بیان کردند. در این مطالعه نیز همانند پژوهش حاضر، کمترین میزان ورود روزانه از طریق پنیر مربوط به فلز کادمیوم (۰/۳٪) و بیشترین میزان ورود روزانه از همین طریق مربوط به فلز روی (۰/۶٪) بود. با توجه به پایین بودن مقادیر محاسبه شده از حداکثر حدود مجاز، این محققان بیان کردند که پنیر کاشار سهم قابل توجهی در میزان دریافت فلزات اندازه‌گیری شده نداشت (۱۵).

بر اساس نتایج می‌توان گفت که ماده غذایی پنیر از نظر میزان فلزات خطری برای مصرف کنندگان نخواهد داشت. البته بایستی این نکته را در نظر داشت که پنیر تنها ماده غذایی برای ورود فلزات به بدن انسان نمی‌باشد و فلزات از طریق مواد غذایی دیگر هم وارد بدن انسان می‌شوند. با این حال میزان سرب تمام نمونه‌های پنیر از حد مجاز توصیه شده کدکس برای فلز سرب در فرآورده‌های لبنی (۰/۰۲mg/kg) بالاتر می‌باشد. منشاء سرب در پنیر بر اساس مطالعات قبلی صورت گرفته آلودگی محیطی و در نتیجه علوفه آلوده دام و به دنبال آن شیر آلوده به فلز سرب، موارد مربوط به فرآیند از جمله آلودگی نمک مورد استفاده، آلودگی آب مصرفی در فرآیند، آلودگی ظروف و تجهیزات مورد استفاده در فرآیند ساخت پنیر، آلودگی مکان‌های رسیدن پنیر می‌باشد. از طرفی فرآیند

¹ Yüzbaşı

² Kaşar

استارسکا^۱ و همکاران در لهستان میزان فلزات سرب، کادمیوم، آرسنیک و جیوه را در شیر و فرآورده‌های شیری اندازه‌گیری کردند. در این پژوهش نیز کمترین میزان ورود هفتگی مربوط به فلز کادمیوم (۰/۱/۴) و بیشترین آن مربوط به آرسنیک (۰/۶/۲) بود. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده و میزان مصرف این فرآورده‌ها، میزان این فلزات پایین‌تر از حدود مخاطره‌آمیز برای سلامتی انسان می‌باشد (۱۶). ماس^۲ و همکاران در فرانسه میزان دریافتی فلزات سرب، کادمیوم، روی و مس را در پنیر کامته^۳ بررسی کردند. نتایج مطالعه آنان نیز نشان داد که میزان فلزات مضر سرب و کادمیوم این نوع پنیر پایین‌تر از حدود مجاز توصیه شده می‌باشد و همچنین از نظر فلزات ضروری مس و روی می‌توان منبع مناسبی برای دریافت این فلزات ضروری باشد (۱۷). در این پژوهش میزان دریافت هفتگی کادمیوم و سرب از طریق مصرف پنیر کامته در فرانسه که میزان مصرف آن در هفته حدود ۲۸۰ گرم می‌باشد، به ترتیب ۰/۱۵-۲/۴۵ و ۴/۳۰-۱۹۹/۴۰، میکروگرم بود که از مقدار دریافتی هفتگی این فلزات در مطالعه حاضر (۰/۴۵ و ۱۰/۹۲ میکروگرم) بیشتر می‌باشد (البته بایستی به این نکته توجه داشت که میزان مصرف هفتگی این پنیر در فرانسه بیشتر از میزان مصرف هفتگی پنیر در ایران که تقریباً ۹۱ گرم است، می‌باشد). همچنین ماس و همکاران، مقدار دریافتی فلزات مس و روی را (که از فلزات ضروری می‌باشند)، نسبت به حدود مجاز توصیه شده روزانه (RDA)^۴ برای فلزات مذکور بصورت درصد بیان کردند که در مورد مس، ۶۰-۱۵ درصد مقدار توصیه شده روزانه و در مورد روی، ۲۱-۱۱ درصد این مقدار بود. در مطالعه دیگری در فرانسه میزان

دریافت یکسری فلزات ضروری و غیرضروری را از طریق انواع مختلف مواد غذایی (که پنیر نیز جزء مواد غذایی مورد آزمایش بود) محاسبه کردند. میزان دریافت روزانه فلزات ضروری کروم، نیکل، مس و روی به ترتیب، ۳/۰۵ میکروگرم، ۶/۰۷ میکروگرم، ۰/۰۳ میلی‌گرم، ۰/۷۴ میلی‌گرم و فلزات غیرضروری کادمیوم ۰/۰۱ میکروگرم و سرب ۰/۳۷ میکروگرم بدست آمد که اگر این میزان دریافت فلزات را در مدت یک هفته در نظر بگیریم، میزان دریافتی فلزات ضروری در مطالعه حاضر، کمتر از این مقادیر می‌باشد. اما در مورد فلزات غیرضروری سرب و کادمیوم، مقادیر دریافت هفتگی در پژوهش حاضر بیشتر از مقادیر بدست آمده در مطالعه لبلانک^۵ و همکاران می‌باشد (۱۸).

بیلاندژیک^۶ و همکاران در کرواسی میزان فلزات آلومینیوم، کبالت، کروم، نیکل و چندین فلز دیگر را در پنیر اندازه‌گیری کردند. در این مطالعه میزان دریافت روزانه فلز کروم بطور متوسط ۵/۴۵ میکروگرم (بطور میانگین ۳۸/۱۵ میکروگرم) و میزان دریافت روزانه نیکل ۵/۲ میکروگرم (بطور میانگین ۳۶/۴ میکروگرم) برآورد شد که از میزان دریافت هفتگی فلزات کروم و نیکل در مطالعه حاضر بیشتر می‌باشد (جدول ۵). با این حال از حدود مجاز در نظر گرفته شده برای این فلزات کمتر بود (۱۹). البته بایستی توجه داشت که میزان مصرف پنیر بر اساس آمار در کشورهای مختلف، متفاوت است و این نکته هم می‌تواند باعث تفاوت در میزان دریافتی فلزات توسط اشخاص توسط ماده غذایی پنیر شود (۱۹). قابل ذکر است که میزان دریافت این فلزات در این پژوهش بر اساس مصرف هفتگی ۹۱ گرم بیان شده است و هر چه این میزان مصرف در شخصی بیشتر شود، طبیعتاً میزان دریافت این فلزات نیز افزایش خواهد یافت.

¹ Starska

² Maas

³ Comté

⁴ Recommended Daily Allowance

⁵ Leblanc

⁶ Bilandžić

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، برآورد میزان ورود و میزان خطر ناشی از فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم، مس، آهن، قلع، روی و نیکل از طریق مصرف پنیر در ایران انجام گرفت. نتایج تمام برآورد میزان ورود هفتگی نشان داد که مصرف پنیر از این نظر خطری برای مصرف کنندگان ندارد. البته بایستی توجه داشت که میزان فلز سرب پنیر بالاتر از بیشینه مجاز این فلز در فرآورده‌های لبنی طبق استاندارد کدکس (0.02 mg/kg) می‌باشد. بنابراین ضروری است که متصدیان سلامتی در ایران از قبیل وزارت بهداشت،

سازمان استاندارد و دیگر سازمان‌ها بررسی جامعی در خصوص علل و منابع سرب موجود در پنیر کرده و همچنین استاندارد برای میزان فلزات سنگین در پنیر خصوصاً میزان سرب آن وضع نمایند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران به شماره ۲۴۰/۴۴۲۷ می‌باشد.

References

- 1- YÜZBA I N, Sezgin E, Yildirim Z, Yildirim M. Changes in Pb, Cd, Fe, Cu and Zn levels during the production of ka ar cheese. *Journal of Food Quality*. 2009;32(1):73-83.
- 2- Sadeghi zade J, Azizi M, Dadfarniya SH, Hosseini M. Study of metal levels and contamination sources of white brined cheese in Yazd city. *Journal of Food Science and Technology (JFST)*. 2007;4(1):1-7.
- 3- Agency AD. Cheese markets: Cheese market research for Russian, Georgian, European and Countries. 2012: 4-13.
- 4- International Dairy Federation (IDF) and Statistics Canada, agriculture and agri-food Canada(AAFC-AID)[updated2014-01-22]. Available from: http://www.dairyinfo.gc.ca/index_e.php?s1=dfffcil&s2=cons&s3=consglo&s4=tc-ft.
- 5- Muncke J. Exposure to endocrine disrupting compounds via the food chain: Is packaging a relevant source? *Science of the total environment*. 2009;407 (16):4549-4559.
- 6- Nin evi Grassino A, Grabari Z, Pezzani A, Fasanaro G, Lo Voi A. Influence of essential onion oil on tin and chromium dissolution from tinplate. *Food and Chemical Toxicology*. 2009;47(7):1556-61.
- 7- Merdivan M, Yilmaz E, Hamamci C, Aygun RS. Basic nutrients and element contents of white cheese of Diyarbakır in Turkey. *Food chemistry*. 2004;87(2):163-71.
- 8- Bakircioglu D, Kurtulus YB, Ucar G. Determination of some traces metal levels in cheese samples packaged in plastic and tin containers by ICP-OES after dry, wet and microwave digestion. *Food and Chemical Toxicology*. 2011;49(1):202-7.
- 9- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). Food & Feed-Maximum limit of heavy metals, ISIRI No. 12968, 1st Edition, Karaj: ISIRI, 2010.
- 10- Meyers, R. A. Encyclopedia of Analytical Chemistry Jones X. Encyclopedia of Analytical Chemistry, New York, John Wiley & Sons, 2000:9468-85.
- 11- Park Y. Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA. *Small Ruminant Research*. 2000;37(1):115-24.
- 12- ukowska J, Biziuk M. Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *Journal of food science*. 2008;73(2):R21-R9.
- 13- Nielsen SS. Food analysis Laboratory Manual: Determination of Moisture Content. New York: Springer, 2010: 17-27.
- 14- Coni E, Bocca A, Coppolelli P, Caroli S, Cavallucci C, Marinucci, M Trabalza. Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. *Food Chemistry*. 1996;57(2):253-260.
- 15- Yüzba ı N, Sezgin E, Yıldırım M, Yıldırım Z. Survey of lead, cadmium, iron, copper and zinc in Kasar cheese. *Food Additives & Contaminants*. 2003;20(5): 464-469.

- 16- Starska K, Wojciechowska-Mazurek M, Mania M, Brul ska-Ostrowska E, Biernat U, Karłowski K. Noxious elements in milk and milk products in Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2011;20(4):1043-1051.
- 17- Maas S, Lucot E, Gimbert F, Crini N ,Badot PM. Trace metals in raw cows' milk and assessment of transfer to Comté cheese. *Food Chemistry*. 2011;129(1):7-12.
- 18- Leblanc JC, Guerin T, Noel L, Calamassi-Tran G, Volatier JL, Verger P. Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. *Food Addit Contam*. 2005 Jul;22(7):624-41.
- 19- Bilandži N, Sedak M, oki M, Boži , Solomun Kolanovi B, Varenina I. Trace elements content in cheese, cream and butter. *Mljekarstvo*. 2014;64(3):150-8.
- 20- Food and agriculture organization/ World health organization (FAO/WHO). Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA, 1956–2003). ILSI Press International Life Sciences Institute, 2004.
- 21- World health organization (WHO). Guidelines for drinking water quality, Second Edition - volume 2 – Health Criteria and Other Supporting Information – Addendum. Geneva: WHO, 1993.
- 22- European Union (EU). Commission r-Regulation setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs. No 1881; 364:20-21, EU.2006.