بررسی مقادیر فلزات سنگین و ریز مغذی‌های مهم در شیر خشک و غذای کودک متداول در سطح بازار تهران

مهدیه خزایی[a]، شیوا دهقان آبکنار[b]*، نازنین خاکی پور[c]*

[a] دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران
[b] دانشیار گروه شیمی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران
[c] استادیار گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1401.19.4.7.4 DOI:10.30495/jftn.2022.65970.11192

چکیده

مقدمه: در حال حاضر شیر خشک یا مواد غذایی کمکی علیرغم اهمیت تغذیه با شیر مادر، در تامین غذای کودکان در جهان نقش قابل توجهی دارند. هدف از این مطالعه اندازه گیری میزان فلزات سنگین و ریز مغذی‌ها در شیر خشک و غذای کودک می‌باشد. فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آرسنیک بالاترین عوارض را در انسان بویژه در کودکان ایجاد می‌کنند و Fe، Ca،Mg و Zn از ریزمغذی‌های مهم هستند که در صورت کمبود در مواد غذایی منجر به اثرات سوئی بر سلامت کودکان می‌شوند.

مواد و روش‌ها: این مطالعه بر روی ۸ نمونه غذای کودک از ۶ محصول تجاری رایج در بازار انجام گردید. نمونه‌ها توسط اسید نیتریک هضم و سپس مقدار عناصر موجود در آن‌ها آنالیز و به طور کمی اندازه گیری شد. نمونه‌برداری به روش سرشماری و اندازه‌گیری به روش‌های نشر القایی پلاسما (ICP-OES) انجام شد. نتایج با روش آمار توصیفی گزارش گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که دامنه آرسنیک از ۸- ۲/۱ میکروگرم بر گرم بوده و در همه نمونه‌ها مقدار آن بیش از حد مجاز بوده است. مقدار کادمیوم ناچیز و دامنه سرب از ۰/۱۰۳ - ۰/۰۱۲ میکروگرم بر گرم و در حد مجاز می‌باشد. دامنه مقدار کلسیم ۶/۴۰۹- ۳/۱۹۵ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد و تنها در تیمارهای شماره ۳ و۴ در حد استاندارد بوده است. دامنه آهن در نمونه ها ۰/۱۱۵- ۰/۰۱۹ و منیزیم ۰/۹۴۹- ۰/۳۸۵ میلی گرم بر گرم بوده و هر دو عنصر در حد استاندارد می‌باشد، دامنه روی ۰/۰۲۶- ۰ میلی‌گرم بر گرم و کمتر از حد ضروری بوده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این تحقیق مقادیر آرسنیک در نمونه‌های شیر خشک و غذای کودک بالاتر از حد مجاز تعیین شده است و برخی تیمارهای کلسیم و روی کمتر از حد استاندارد هستند که باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: *ریز مغذی، شیرخشک، فلزات سنگین، غذای کودک*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: dehghan54@yahoo.com; nazanin_kh_43713@yahoo.com

مقدمه

غذای مناسب برای رشد کودک باید حاوی موادی باشد که به رشد مغذی و جسمی او کمک کرده و در عین حال حاوی مواد مضر نباشد. لذا به علت نگرانی‌های مربوط به ریزعناصر موجود در رژیم غذایی نوزادان، بررسی‌های چندگانه فلزات در شیرخشک وغذاهای کودک در کشورهای مختلف صورت می‌گیرد. قرار گرفتن کودکان در معرض فلزات سنگین سمی باعث کاهش دائمی IQ، کاهش بهره وری اقتصادی و افزایش خطر رفتارهای جنایی و ضد اجتماعی در آینده می‌شود (Barranco *et al.*, 2013). مغز در حال رشد نوزادان به طور مشخص به آسیب‌های ناشی از مواد شیمیایی سمی حساس است و ثابت شده تعداد زیادی از فرآیندهای رشد و توسعه بدن نسبت به سمیت شیمیایی بسیار آسیب پذیر هستند (Grandjean and Landrigan, 2014). این واقعیت که نوزادان در حال رشد هستند و بیشتر از بزرگسالان فلزات سنگین را جذب می‌کنند، خطر قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین را تشدید می‌کند (Consumer Reports, 2018). قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین در این مرحله رشد می‌تواند منجر به آسیب مغزی غیرقابل درمان و اغلب دائمی شود، که ممکن است منجر به کاهش ضریب هوشی یا اختلال در رفتار شود. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای که اخیرا انجام شده است، قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی محیطی، از جمله سرب، با از دست دادن ۴۰۱۳۱۵۱۸ امتیاز ضریب هوشی در۲۵/۵ میلیون کودک (یا تقریباً ۱/۵۷امتیاز هوشی از دست رفته به ازای هر کودک) مرتبط است US (house) of representative, 2021). سازمان غذا و دارو (FDA) اعلام کرده است که آرسنیک معدنی، سرب، کادمیوم و جیوه به ویژه برای نوزادان و کودکان خطرناک هستند. آنها هیچ فایده‌ای برای سلامتی ندارند و به بیماری، اختلال و در دوزهای بالا منجر به مرگ می‌شوند. طبق گفته FDA، حتی سطوح پایین فلزات مضر در منابع غذایی فردی، گاهی اوقات می‌تواند باعث نگرانی شود. سازمان غذا و دارو هشدار می‌دهد که نوزادان و کودکان در این زمینه بیشترین خطر آسیب ناشی از قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین سمی را نشان می‌دهند (FDA, 2021). طبق اسناد به دست آمده از تولیدکنندگان غذای کودک، فلزات سنگین سمی مانند آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه در سطوح قابل توجهی در غذای کودک ارگانیک و معمولی وجود دارند. آلاینده‌های فلزی می‌توانند بصورت طبیعی در مواد خام وجود داشته باشند یا طی فعالیت‌هایی از قبیل فرآیند، بسته‌بندی و نگهداری، کشاورزی، تقلب در مواد غذایی، انتشارات صنعتی و کم‌توجهی مادران، وارد شیرخشک شوند (Castro, 2010; Al Khalifa, 2010). آرسنیک در میان مواد موجود در محیط که مهم‌ترین تهدید بالقوه برای سلامت انسان هستند، رتبه اول را دارد. خطرات شناخته شده سلامتی ناشی از قرار گرفتن در معرض آرسنیک عبارتند از: مشکلات تنفسی، گوارشی، خونی، کبدی، اثرات کلیوی، پوستی، عصبی و ایمنی و همچنین اثرات مخرب بر سیستم عصبی مرکزی و رشد شناختی کودکان (Barranco *et al.*, 2013). سطوح بالای قرار گرفتن در معرض سرب می‌تواند به‌طور جدی به سلامت و رشد کودکان، به ویژه مغز و سیستم عصبی آسیب برساند. اثرات عصبی ناشی از سطوح بالای قرار گرفتن در معرض سرب در دوران کودکی شامل ناتوانی‌های یادگیری، مشکلات رفتاری و کاهش بهره هوشی است. به دلیل انباشت تجمعی سرب در بدن، حتی مواجهه مزمن در سطوح پایین نیز می‌تواند در طول زمان خطرناک باشد(FDA, 2021). کادمیوم خواص استروژنیک داشته و ایجاد سرطان می‌کند. همچنین وجود کادمیوم و سرب در خون باعث ایجاد صدمات جدی در سیستم کلیوی می‌شود (Dabeka, 2011). یک مطالعه در سال ۲۰۱۸ نشان داد که قرار گرفتن در معرض کادمیوم بر ضریب هوشی مقیاس کامل کودکان، به ویژه در میان پسران، تأثیر منفی دارد. پسرانی که مقادیر بالاتری از کادمیوم را نشان می‌دهند، هفت امتیاز ضریب هوشی کمتری نسبت به آنهایی که در معرض کادمیوم کمتری قرار دارند، داشتند (Gustin *et al.*, 2018). ریزمغذی ها دسته‌ای از عناصر و ترکیبات شیمیایی هستند که به میزان جزیی مورد نیاز بدن هستند اما همین مقدار جزیی نقش مهمی در فرآیندهای شیمیایی بدن دارد و از این طریق به حفظ و ارتقای سلامت انسان کمک می‌کند. کمبود این مواد مغذی اختلالات مهمی در عملکرد طبیعی اندام‌های بدن ایجاد می‌کنند. آهن یکی از عناصر ضروری و مورد نیاز بدن است و وظایف مهمی را بر عهده دارد که عبارت‌اند از: انتقال اکسیژن در گلبول‌های قرمز، تولید هموگلوبین خون، مقاومت در برابر استرس و ناخوشی،

عملکرد صحیح آنزیم‌ها و تقویت سیستم ایمنی. کلسیم برای بدن انسان بسیار مهم است. ۹۹ درصد کلسیم بدن در استخوان‌ها و دندان‌ها ذخیره می‌شود و به تقویت آنها نیز کمک می‌کند. منیزیم معدنی برای قلب، عضله و کلیه مهم و مفید است. این ماده قسمتی از دندان و استخوان‌ها را می‌سازد. مهم‌تر از همه، این ماده آنزیم‌ها را فعال می‌کند و به کارکردن بهتر بدن کمک می‌کند. روی در میان مواد معدنی کمیاب، از لحاظ مقدار در بدن در رده دوم پس از آهن قرار دارد. روی در تقسیم سلولی، رشد سلولی، ترمیم زخم و تجزیه کربوهیدرات‌ها در بدن نقش دارد. در دوران بارداری، نوزادی و کودکی بدن برای رشد و نمو به روی نیاز دارد. در مطالعه‌ای که لاوال و همکاران در سال ۲۰۱۵ انجام دادند، گزارش کردند کلسیم در تمامی شیرخشک‌های مورد بررسی در دامنه تعیین شده قرار دارد. سایر ریزمغذی‌ها و منیزیم در حد ناکافی گزارش شد و چنانچه تنها منبع تامین این ریزمغذی‌ها، شیر خشک مزبور باشد، نوزاد دچار کمبود عناصر ذکر شده خواهد شد(Sabrina, 2013).

گزارشات زیادی در خصوص ارزیابی میزان فلزات سنگین در شیر انجام گرفته است (Bonyadian *et al*., 2020; Eftekhari *et al*., 2020; Meshref *et al*., 2014; Bilandzic *et al*., 2011). برخی از این مطالعات نشان دهنده ارتباط رشد صنعت، شهرنشینی و کشاورزی مکانیزه با میزان سرب شیر تولیدی مناطق مورد بررسی می‌باشد. بر اساس توصیه های WHO و استاندارد کدکس، حد مجاز سرب در شیر و محصولات لبنی، ۲۰ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده است (Jelinek, 1982). همچنین حد مجاز کادمیوم در شیر و محصولات لبنی، ۱۰ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده است (Wang *et al*., 1996). سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواروبار کشاورزی میزان ۱۵ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن را به عنوان حداکثر میزان دریافت هفتگی آرسنیک تعیین کرده‌اند (Satarug *et al*., 2003). در مطالعه‌ای که بنیادیان و همکاران در سال ۱۴۰۰ جهت ارزیابی تغییرات سطوح جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک شیر خام، در فرایند تولید شیر خشک انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مقدار فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و بخصوص سرب در شیرهای خشک تولید شده از حد مجاز تعیین شده توسط کدکس بیشتر است که می‌تواند خطر بالقوه‌ای برای کودکان مصرف‌کننده این فرآورده باشد. بنابراین ضروری است منابع بالقوه آلودگی شیر خام و فرآورده‌های آن، به طور مرتب مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و نسبت به کاهش آنها اقدامات لازم صورت پذیرد. Eftekhari و همکاران در سال ۲۰۲۰ به بررسی آلودگی شیر به برخی از فلزات سنگین در گاوداری‌های استان قزوین و اثرات آن بر سلامتی انسان پرداختند. آن‌ها گزارش کردند که از آنجا که غلظت عناصر مورد بررسی کمتر از حداقل سطوح خطرساز است، شیر تولیدی در استان قزوین می‌تواند به عنوان یک محصول کم خطراز نظر غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، کروم و جیوه) جهت مصرف در تغذیه انسان تلقی گردد. با توجه به اهمیت کاربردی این تحقیق و با توجه به این که مطالعه از نوع توصیفی بوده و پایش دائمی غلظت فلزات در محصولات خوراکی مورد استفاده نوزادان و کودکان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است انجام این تحقیق ضرورت دارد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پروژه توصیفی در سال ۱۴۰۰ با مراجعه به چندین داروخانه در سطح شهر تهران ۸ نمونه در ۳ تکرار، مجموعا ۲۴ نمونه غذای کودک و شیر خشک از برندهای مختلف به شرح زیر جمع‌آوری گردید. ۱- شیر و موز ۲- غله با شیر و مخلوط میوه ۳- برنجین موزی به همراه شیر ۴- گندم و تکه‌های خرما به همراه شیر ۵- گندم و تکه‌های میوه با عسل به همراه شیر ۶- گندم و شیر ۷- شیر خشک ۸- شیر خشک. در مرحله بعد ۲۴ نمونه شیر خشک و غذای کودک با استفاده از روش نمونه برداری تصادفی جهت بررسی میزان فلزات سنگین سرب، کادمیم وآرسنیک و ریز مغذی‌های آهن، روی، کلسیم و منیزیم مورد بررسی قرار گرفت.

یک گرم از نمونه پودر شیر خشک را در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتر ریخته شده و ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک به آن اضافه گردید و در بشر با شیشه ساعت بسته و ۱ تا ۲ ساعت زمان داده شد تا محلول شروع به کف کردن کرد. در این زمان بشر را روی هات پلیت گذاشته و زمانی که بشرشروع به کف کردن نمود، ضربات آهسته به زیر بشر زده می‌شود تا از قل خوردن بیافتد. در این مرحله کم کم درجه دما بالا برده می‌شود تا محلول دوباره شروع به فروکش

کردن بکند و این کار را به مدت ۳۰ دقیقه ادامه داده شد. سپس شیشه ساعت را از روی بشر برداشته تا در اثر گرما خشک غلیظ شود. تا پایان زمان غلیظ شدن دما کاهش داده می‌شود تا از پاشیدن جلوگیری کند و زمانی که نمونه در حال بخار شدن است دما کم کم تا ۳۴۰ درجه سانتی‌گراد بالا برده شد. سپس نمونه را سرد کرده و ۵ میلی لیتر اسید نیتریک به آن اضافه شد و در بشر با شیشه ساعت بسته و دما کاهش داده شد تا وقتی که نمونه کاملا حل شد. سپس آب اکسیژنه ۳۰ درصد اضافه شد تا رنگ محلول زرد کم رنگ شده و در بشر باز گذاشته شد تا محلول غلیظ شود و حدودا به ۳ میلی لیتر برسد. اگر در این مرحله محلول شروع به تیره شدن کرد دوباره آب اکسیژنه ۳۰ درصد اضافه می‌گردد و اگر نمونه نیاز به فیلتر شدن داشت به کمک کاغذ صافی محلول صاف می‌گردد و سپس محلول حاصل در بشر ۱۰۰ میلی لیتری به حجم رسانده و مقادیر عناصر توسط دستگاه ICP -OES اندازه گیری شد. طول موج اندازه‌گیری آهن ۲۴۸/۳ نانومتر، سرب ۲۱۷ نانومتر، کادمیم ۲۲۸/۸ نانومتر، روی ۲۱۳/۹ نانومتر، آرسنیک ۱۹۳/۷ نانومتر، کلسیم ۴۲۲/۷ نانومتر و ۲۸۵/۲ نانومتر برای منیزیم می‌باشد (استانداردهای شماره ۱۰۳۲۷، ۱۰۷۸۰ و ۱۰۱۰۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران).

اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه ICP-OES انجام شد. به منظور کالیبراسیون دستگاه از محلول‌های استاندارد ۱۰۰۰ میکروگرم بر گرم عناصر مورد ارزیابی استفاده گردید. در نهایت نشر مربوط به فلزات سنگین و ریزمغذی‌های توسط دستگاه ICP-OES در سه تکرار خوانده شد و نتایج بدست آمده از این بررسی با استفاده از نمودار استاندارد، بر حسب میکروگرم بر گرم مورد بررسی قرارگرفت.

یافته‌ها

نتایج زیر بررسی تغییرات فلزات سنگین و ریزمغذی‌های موجود در مواد غذایی مختلف را نشان می‌دهد. مدل تحت بررسی برای این طرح کاملاً تصادفی به صورت زیر خواهد بود:

میزان عنصر $+ \alpha = {}_{1}x_{1}\beta$

که در آن α مقدار ثابت مدل و β_1 ضریب تیمار مورد آزمون و x_1 تیمارها (مواد غذایی مختلف) می‌باشد. در این تحلیل صحت مدل ارائه شده بررسی شده و اثر تیمارها، مورد آزمون قرار می‌گیرد.

بحث

- سرب

نتایج به دست آمده، نشان می دهد که بیشترین مقدار سرب در تیمارهای شماره ۱ و ۵ با میانگین ۰/۱۰۳ میکروگرم بر گرم مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد و کمترین مقدار سرب نیز در تیمار شماره ۶ با میانگین ۰/۰۱۲ ۰میکروگرم بر گرم گزارش شد. از آنجائیکه طبق استاندارد های بین المللی، حد مجاز سرب در غذای کودک ۱ میکروگرم بر گرم است، در تمامی این تیمارها مقدار سرب کمتر از حد مجاز است.

جدول ۱- میانگین غلظت عناصر سنگین در مواد غذایی مختلف کودکان

Table 1- Average concentrations of heavy elements in different foods of children

	Different baby foods	Arsenic (ppm) Mean±SD	Lead (ppm) Mean±SD	Cadmium (ppm) Mean±SD
Treatment1	Milk& Banana	2/800±0/081b	0/103±0/008a	ND*
Treatment2	Five grains with milkand fruit mixture	2/233±0/075bc	0/063±0/003b	ND
Treatment3	Banana rice with milk	2/517±0/087bc	0/073±0/004b	ND
Treatment4	Wheat and date pieces with milk	1/433±0/053 c	0/076±0/006ab	ND
Treatment5	Wheat and pieces of fruit with honey with milk	1/240±0/025c	0/103±0/009a	ND
Treatment6	Wheat with milk	1/333± 0/045c	0/012±0/001c	ND
Treatment7	Dry milk 1	0/271a±8/033	0/054±0/003b	ND
Treatment8	Dry milk 2	1/500 ± 0/040bc	0/072±0/005b	ND

* ND= Non detect

جدول ۲- غلظت عناصر ریز مغذی در موادغذایی مختلف کودکان

Table 2 - Concentration of micronutrients in different foods of children

	Different baby foods	Ca (ppm) Mean±SD	Mg (ppm) Mean±SD	Fe (ppm) Mean±SD	Zn (ppm) Mean±SD
Treatment1	Milk& Banana	3658/667±366/697cd	63/700b±563/000	115/333±12/503a	1/000±0/043c
Treatment2	Five grains with milk and fruit mixture	3195/000±345/000d	448/000±46/181bc	109/667±9/704a	ND
Treatment3	Banana rice with milk	6408/667±840/673a	99/476a±949/000	19/333±1/528c	14/667±1/531b
Treatment4	Wheat and date pieces with milk	5404/000±489/685b	58/777bc±497/000	68/000±7/077b	3/667±0/257c
Treatment5	Wheat and pieces of fruit with honey with milk	3787/333±352/002cd	37/313c±388/000	55/333±6/504b	2/333±0/188c
Treatment6	Wheat with milk	3859/333±420/500cd	53/754c±421/000	60/667±5/113b	ND
Treatment7	Dry milk 1	4383/000±485/000c	41/018c±385/000	53/333±7/302b	13/667±1/122b
Treatment8	Dry milk 2	4389/667±475/500c	62/500b±573/000	58/333±8/405b	25/667±2/319a

* ND= Non detect

- کادمیوم

از آنجائیکه حد استاندارد کادمیوم در غذای کودک ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم می‌باشد و در نمونه‌های مورد بررسی نیز غیر قابل اندازه‌گیری بوده است این شاخص صفر در نظر گرفته شده و نمونه ها دارای مقادیر کادمیوم کمتر از حد مجاز استاندارد گزارش شده است.

- آرسنیک

همانطور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود مقدار آرسنیک در تیمارهای مختلف نشان می دهد که بالاترین میزان آرسنیک در تیمار شماره ۷ مشاهده شده است که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد. این تیمار حاوی شیر خشک و دارای ۸ میکروگرم بر گرم آرسنیک می‌باشد. در رتبه دوم نیز غذای کودک تیمار شماره یک قرار دارد که حاوی شیر و موز است و دارای ۲/۸ میکروگرم بر گرم آرسنیک است و کمترین مقدار آرسنیک نیز در تیمارهای شماره ۴، ۵ و ۶ قرار دارد. از آنجایی که حد مجاز آرسنیک در شیر خشک و غذای کودک حداکثر ۱ میکروگرم بر گرم است، تمامی تیمارها بیش از حد مجاز آرسنیک دارند.

در مطالعه‌ای که Golpayegani و Golestan در سال ۲۰۱۹ بر روی نمونه‌های شیرخشک و پنیر تولیدی کارخانجات استان مازندران انجام دادند، گزارش کردند میزان سرب و آرسنیک، کمتر از حد مجاز و میزان کادمیوم در شیرخشک، بیشتر از حد مجاز بود. Molai Parvari و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی میزان آلودگی سرب و کادمیوم در شیر خشک صنعتی مورد استفاده در صنایع غذایی در تهران پرداختند. در این تحقیق ۲۵ نمونه شیر خشک از ۴ کارخانه مختلف تهیه و بعد از عمل هضم و استخراج برای تعیین میزان سرب و کادمیوم از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی کوره گرافیتی استفاده گردید. در این تحقیق مقدار سرب در همه نمونه‌های شیر خشک کمتر از میزان استاندارد و آلودگی کادمیوم در ۶۸ درصد نمونه‌ها بیش از حد مجاز استاندارد بین‌المللی گزارش شد. در مطالعه Miclean و همکاران (۲۰۱۹) که برای بررسی میزان فلزات سنگین در شیر انجام شد، غلظت سرب در نیمی از نمونه‌ها، بالاتر از حد مجاز گزارش گردید. دلایل احتمالی آن مصرف خاک آلوده از طریق چرا یا مخلوط شدن خاک با علوفه بیان شد. یکی از عوامل موثر در مقدار سرب در محصولات لبنی، تمایل زیاد کازیین به جذب سرب می‌باشد (Coni *et al*., 1996). به دلیل سرعت کم دفع سرب از بدن، سرب اثر سمی تجمعی و شدید دارد. مهمترین منابع سرب در شیر و محصولات لبنی، رسوب مواد معلق اتمسفر، رواناب‌های شهری می‌باشد (Eftekhari و همکاران، 2020). منابع طبیعی مثل ته نشست از اتمسفر به خاک و کودهای شیمیایی مهمترین منابع وجود کادمیوم در شیر و فراورده‌های لبنی هستند (Meshref *et al*., 2014). در تحقیقی که در سال ۱۴۰۰، Bonyadian و همکاران بر روی ارزیابی تغییرات سطوح فلزات سنگین در شیر خام در طی فرایند تولید شیر خشک انجام دادند، گزارش کردند میزان باقیمانده فلزات سنگین در فراورده های مختلف متغیر بوده به نحوی که برخی از فلزات مانند جیوه و سرب بیشتر در فاز خامه ولی فلزات کادمیوم و آرسنیک بیشتر در

شیر بدون چربی تجمع پیدا می کنند.

- آهن

بالاترین میزان آهن در تیمارهای شماره ۱ و ۲ مشاهده شد که با هم اختلاف معنی‌داری ندارند و کمترین میزان آهن نیز در تیمار شماره ۳ وجود دارد که با همه تیمارها اختلاف معنی دار دارد و اختلاف بین تیمارهای ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ معنی‌دار نمی‌باشد. از انجائیکه طبق استاندارد AOAC (2014) حداقل مقدار آهن مورد نیاز در غذای کودک ۱۷۵ میکروگرم بر گرم است، مشاهده می‌شود که در همه تیمارها مقدار آهن کمتر از حد تعیین شده است و باید مورد توجه قرار گیرد.

- روی

همانطور که بیان شد مقدار روی در تیمارهای مختلف متفاوت می‌باشد و بالاترین مقدار آن در تیمار شماره ۸ مشاهده شده که با میانگین ۲۶ میکروگرم بر گرم اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد و پس از آن نیز تیمارهای شماره ۳ و ۷ با میانگین به ترتیب ۱۵ و ۱۴ میکروگرم بر گرم قرار دارد و کمترین مقدار روی نیز در تیمارهای شماره ۲و ۶ گزارش شده که غیر قابل اندازه‌گیری بوده است. طبق استاندارد AOAC (2014) مقدار مجاز روی در غذای کودک ۱۵۱ میکروگرم بر گرم می‌باشد و مقدار روی در همه تیمارها کمتر از حد مجاز تعیین شده می‌باشد.

- کلسیم

حداکثر مقدار کلسیم در بین تیمارها مربوط به تیمار شماره ۳ می‌باشد و اختلاف آن با سایر تیمارها معنی دار است و کمترین آن نیز مربوط به تیمار شماره ۲ است که مخلوط ۵ غله با شیر و تکه‌های میوه می‌باشد و از آنجائیکه بیشترین مقدار کلسیم در شیر موجود است، طبیعتا در فرمول‌هایی که مقدار شیر کمتری دارند کلسیم کمتری نیز گزارش شده است. طبق استاندارد AOAC (2014) مقدار کلسیم در غذای کودک باید بالاتر از۵/۲۵۳ میلی‌گرم بر گرم باشد تا برای رشد کودک کافی باشد، که در این نتایج تنها تیمارهای شماره ۳ و ۴ در حد ضروری کلسیم دارند و سایر تیمارها کمتر از مقدار مجاز کلسیم دارند. اختلاف بین تیمارهای شماره ۱، ۵، ۶، ۷ و ۸ معنی‌دار نیست.

- منیزیم

از جدول ۲ مشاهده می‌شود که بالاترین مقدار منیزیم در تیمار شماره ۳ گزارش شده به مقدار ۹۴۹ میکروگرم بر گرم و با همه تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد و این نمونه حاوی برنج، موز و شیر می باشد.کمترین مقدار منیزیم در تیمار شماره ۵، ۶ و ۷ مشاهده شده است. طبق استاندارد AOAC (2014) حد تعیین شده برای منیزیم در غذای کودک ۱/۶۸۴ میلی‌گرم بر گرم است و تمامی تیمارها بیش از حد مجاز منیزیم دارند.

این نتایج با یافته‌های Sabrina و همکاران (2013) و Carlos و همکاران (2014) مطابقت دارد. Lutfullah و همکاران در سال ۲۰۱۴ مطالعه تطبیقی تعیین فلزات سنگین و ضروری در شیر خشک و شیر مایع توسط اسپکتوفتومتری جذب اتمی انجام دادند. نمونه‌های شیر از بازارهای محلی از بخش‌های مختلف شهرستان پیشاور پاکستان جمع‌آوری شد. غلظت فلزات سنگین متنوع به طور قابل توجهی بسته به نوع شیر است. غلظت فلزات سنگین در اکثر نمونه‌ها در حد نرمال و محدوده مجاز بود مشاهده شد که نمونه‌های موجود دارای مقدار قابل توجهی کلسیم بود، در حالی که سطح منیزیم بالا تر از سطح مورد نیاز گزارش شد. نتایج نشان داد که سطح مس پایین‌تر از حد مجاز و غلظت روی در نمونه‌های شیر خشک بیشتر از شیر مایع بود. سطح آهن در شیر خشک به دلیل ترکیبات اضافه شده بیشتر از شیر مایع بود. سطح فلزات سمی منگنز و کادمیم در انواع مختلف شیر در محدوده قابل قبول بود. طبق نتایج Malacoutian و Golpayegani (۲۰۱۳) طبق گزارش انسیتو ملی غذای لهستان، مقدار کلسیم در شیر خشک دامنه $mg.100g^{-1}$ ۲۴۹–۷۰۳ داشته است و گستره آن در کشورهای امریکا، انگلستان و نیجریه $\mu g.ml^{-1}$ ۳۴۴–۶۲۲ آمده است. در این مطالعه گستره آن $\mu g.ml^{-1}$ ۳۳۴–۸۲۶ به دست آمد. حد پایین و بالای دریافت روزانه آن $mg.d^{-1}$ ۴۶۲/۳-۱۱۶۵/۴ است که با توجه به گستره مجاز دریافت روزانه برای کلسیم $mg.d^{-1}$ ۶۰۰–۱۰۰۰۰ تعیین شده توسط انجمن ملی غذای لهستان کران پایین آن کمتر از حد ضروری و کران بالا با اینکه قابل قبول است، ولی میزان پایینی را نشان می‌دهد. مقدار روی شیر خشک بررسی شده در نیوزیلند (۳۷/۱– ۲۳/۴)، در هند گستره (۹۳/۰–۴۵/۳) و در ایتالیا (۵/۱۱–

۳/۱) $mg.100g^{-1}$ بوده است. گستره اندازه‌گیری آن در گزارش انسیتو ملی غذای لهستان $mg.100g^{-1}$ (۷۳/۱–۲۸) ارائه شده است. گستره دریافت مجاز روزانه روی ۵ تا ۱۰ میلی‌گرم در روز، توسط انجمن ملی غذای لهستان توصیه شده است.

نتیجه‌گیری

در ارزیابی فلزات سنگین و ریزمغذی‌ها در چند نمونه شیرخشک و غذای متداول کودک در سطح تهران، نتایج زیر به دست آمد. مقدار آرسنیک در نمونه‌ها بیشتر از حد مجاز بوده و غلظت سرب در نمونه‌ها، در حد مجاز قرار دارد و مقدار کادمیوم در همه تیمارها در حد صفر بوده است. بنابراین آلودگی این غذاها با فلز سنگین آرسنیک ممکن است یک تهدید جدی برای کودکان و نوزادان باشد. از طرفی مقدار کلسیم تنها در دو تیمار ۳ و ۴ در حد مجاز قرار دارد و در سایر تیمارها کمتر از حد ضرروی است. مقدار آهن کمتر از حد مجاز قرار دارد و منیزیم در همه تیمارها بیش از حد ضروری می‌باشد. مقدار روی در همه تیمارها کمتر از حد ضروری قرار دارد. بنابراین نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که در زمینه افزایش ریز مغذی‌ها بویژه آهن و کلسیم در غذای کودکان باید تلاش بیشتری صورت گیرد. از آنجایی که کمبود ریزمغذی‌ها باعث کاهش توانمندی‌های جسمی و ذهنی کودکان بوده و استفاده از غذاهای مکمل یکی از استراتژی‌های عمده برای پیشگیری و کنترل کمبود ریزمغذی‌ها می‌باشد، لازم است این مطالعات و اندازه‌گیری‌ها به طور مستمر در کشور صورت گیرد.

منابع

Al Khalifa, A. & Ahmad, D. (2010). Determination of key elements by ICP-OES in commercially available infant formulae and baby foods in Saudi Arabia. African Journal of Food Science, 4(7), 464-468.

Anon. (2016). 004 Standard Method Performance Requirements for Minerals and Trace Elements in Infant Formula and Adult/Pediatric Nutritional Formula. List of minerals and trace elements. 2016 AOAC INTERNATIONAL.

Anon. (2018). Heavy Metals in Baby Food: What You Need to Know. (online at www.consumerreports.org/food-safety/heavy-metals-in-baby-food/

Anon. (1974). Variation of Analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists). International, 16th ed., p: 16.

Anon. (2021). Lead in Food, Foodwares, and Dietary Supplements (online at www.fda.gov/food/metals-and-your-food/lead-food-foodwares-and-dietary-supplements).

Anon. (1993). Iranian Institute of Standards and Industrial Research. Determination of silver, bismuth, cadmium, cobalt, copper, iron, manganese, lead and zinc - flame atomic absorption spectrometric method. National Standard of Iran. No. 10327. [In Persian]

Anon. (2001). Iranian Institute of Standards and Industrial Research. Milk and its products - Determination of calcium, sodium, potassium and magnesium - Atomic absorption spectroscopy. National Standard of Iran. No. 10780. [In Persian]

Anon. (1993). Iranian Institute of Standards and Industrial Research. Water quality - Arsenic measurement - Atomic absorption spectrometric method - Hydride production technique. National Standard of Iran. No. 10109. [In Persian]

Anon. (2001). Safety evaluation of certain food additives and contaminants; Cadmium. WHO Food Additives Series 46: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.

Anon. (2021). Baby Foods Are Tainted with Dangerous Levels of Arsenic, Lead, Cadmium, and Mercury. Staff Report Subcommittee on Economic and Consumer Policy Committee on Oversight and Reform U.S. House of Representatives. oversight.house.gov.

Barranco, M.R., Lacasana, M., Garduno, C.A., Alguacil, J., Gil, F., Alzaga, B.G. & Garcia, A.R. (2013). Association of Arsenic, Cadmium and Manganese Exposure with Neurodevelopment and Behavioural Disorders in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. Science Total Environment, 1, 454-455,562-577. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.047.

Bilandžić, N., Dokić, M., Sedak, M., Solomun, B., Varenina, I., Knežević, Z. & Benić, M. (2011). Trace element levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia. Food Chemistry, 127, 63-66.

Bonyadian, M., Fallahi H. & Abbas Wali, M. (2020) Evaluation of changes in levels of mercury, lead, cadmium and arsenic in raw milk, in the process of milk powder production. Iranian Nutrition Sciences and Food Industry, 16 (4), 85-77. [In Persian]

Carlos, A. G. B., Frontela-Saseta, C., Nicolás, R. L. & Berruezo, G. R. (2014). Effect of adding different thickening agents on the viscosity properties and in vitro mineral availability of infant formula. Food Chemistry, 159, 5-11.

Castro, C.S.P.D., Arruda, A.F., Cunha, L.R.D., SouzaDe, J.R., Braga, J.W.B. & Dórea, J.G. (2010).

Toxic Metals (Pb and Cd) and Their Respective Antagonists (Ca and Zn) in Infant Formulas and Milk Marketed in Brasilia, Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(11), 4062-4077.

Coni, E., Bocca, A., Coppolelli, P., Caroli, S., Cavallucci, C. & Marinucci, M.T. (1996). Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. Food Chemistry, 57, 253–260.

Dabeka, R., Fouquet, A., Belisle, S. & Turcotte, S. (2011). Lead, cadmium and aluminum in Canadian infant formulae, oral electrolytes and glucose solutions. Food Additives Contaminants, 28(6), 744-53.

Eftekhari, M., Shahrami, E., Toatari, H., Hossein, M. & Atlas Baf, M. (2020). Investigation of milk contamination with some heavy metals (lead, cadmium, chromium, nickel and mercury) in farms of Qazvin province and its effects on human health. Veterinary Research and Biological Products, online, doi: 10.22092 / vj.2020.351174.1743. [In Persian]

Grandjean, P. & Landrigan, P.J. (2014). Neurobehavioural Effects of Developmental Toxicity. The Lancet Neurology, 13(3), 330-338.

Golpayegani, M. H. & Golestan, L. (2019). Measurement of heavy metals in raw milk and dairy products of some factories in Mazandaran province. First National Congress on Food Hygiene. [In Persian]

Gustin, K., Tofail, F., Vahter, M. & Kippler, M. (2018). Cadmium Exposure and Cognitive Abilities and Behavior at 10 Years of Age: A Prospective Cohort Study. Environment International, 113, 259-268.

Jelinek, C.F. (1982). Levels of lead in the United States food supply. Journal - Association of Official Analytical Chemists, 65(4), 942-945.

Lawal, N. S., Tajuddeen, N. & Garba, B. B. (2015). Assessment of some mineral elements in different brands of powdered milk sold in Samaru Zaria. Nigeria International Food Research Journal, 22(6), 2634-2636.

Lutfullah, Gh., Ali khan, A., Amjad, A.Y. & Perveen, S. (2014). Comparative Study of Heavy Metals in Dried and Fluid Milk in Peshawar by Atomic Absorption Spectrophotometry. Volume 2014| Article ID 715845 | https://doi.org/10.1155/2014/715845

Molai Parvari ,M., Karim, G. & Ahmadi, M. (2013). Determining the amount of lead and cadmium contamination in industrial powdered milk used in food industry in Tehran. Food hygiene, 4(4 (serial 16)), 69-74. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=253358

Malakoutian, M. & Golpayegani, A. (2013). Determination of toxic metals of lead, cadmium, aluminum and calcium and zinc inhibitors in milk powder and baby food offered in Iran. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry, 8(3), 251-259. [In Persian]

Meshref, A. M. S., Moselhy, W. A., El-Houda, N. & Hassan, Y. (2014). Heavy metals and trace elements levels in milk and milk products. Journal of Food Measurement and Characterization, 8(4), 381-388.

Miclean, M., Cadar, O., Levei, E.A., Roman, R., Ozunu, A. & Levei, L. (2019). Metal (Pb, Cu, Cd, and Zn) Transfer along Food Chain and Health Risk Assessment through Raw Milk Consumption from Free-Range Cows. International Journal of Environmental Research and Public Health, 4064(16), 1-14.

Sabrina, V. S., Mattanna, P. & Bizzi, G. A. (2013). Evaluation of the mineral content of infant formulas consumed in Brazil. Dairy Science, 96(6), 3498-3505.

Satarug, S., Baker, J.R., Urbenjapol, S., Haswell-Elkins, M., Reilly, P.E. & Williams, D.J. (2003). A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. Topical Letters, 137, 65-8.

Wang, Z. & Rossman, T. G. (1996). In: Cheng, L.W. The Toxicology of Metals. Vol. 1. CRC Press, pp. 221-243.

Investigation of Heavy Metals and Important Micronutrients in Milk Powder and Common Baby Food in Tehran Market

M. Khazaei [a], Sh. Dehghan Abkenar [b]*, N. Khakipour [c] *

[a] M. Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

[b] Associate Professor of the Department of Chemistry, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

[c] Assistant Professor of the Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

Received: 11 February 2022 Accepted: 11 April 2022

Abstract

Introduction: Powdered milk or complementary foods, despite the importance of breastfeeding, play an important role in providing baby food in the world. The aim of this study was to measure the amount of heavy metals in baby food. Heavy metals cadmium, lead, and arsenic cause the highest effects in humans, especially in children, and Fe, Mg, Ca, and Zn are important micronutrients that, if deficient in nutrients, can have adverse effects on children's health.

Materials and Methods: This study was performed on 8 baby food samples from 6 common commercial products in the market. Sampling was carried out by census method and measurement by induced plasma emission ICP-OES methods.

Results: The results were reported by descriptive statistics. The results showed that arsenic ranged between 2.8 to 8 ppm in all the samples examined that indicated excessive concentration of this heavy metal while the trace concentration of cadmium was observed. Lead concentration was in the range of 0.012 to 0.103 ppm. The concentration of iron, calcium, magnesium and zinc in some samples agreed with the standard values while in some indicated lower content.

Conclusion: According to the results of this investigation, the amount of arsenic in baby food samples is higher than the specified limit. Some attention should be given to those samples that contain lower contents of calcium and zinc as noticed by standard values.

***Keywords**: Baby Food, Dry Milk, Heavy Metals, Micronutrients.*

* Corresponding Author: dehghan54@yahoo.com; nazanin_kh_43713@yahoo.com