مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هشتم، شماره 3، پاییز 1392، صفحات 259- 251

تعیین میزان فلزات سمی سرب، کادمیوم، آلومینیوم و بازدارنده‌های کلسیم و روی در شیرخشک و غذای کودک عرضه شده در ایران

محمد ملکوتیان[1]، عبدالعلی گلپایگانی[2]

1- نویسنده مسئول: استاد مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ایران
پست الکترونیکی: m.malakootian@yahoo.com

2- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ایران

تاریخ دریافت: 92/2/2 تاریخ پذیرش: 92/5/25

چکیده

سابقه و هدف: علیرغم اهمیت تغذیه با شیر مادر، تغذیه کمکی یا کامل با شیر خشک در گستره جهانی انجام می شود. آلاینده‌های فلزی Al، Cd و Pb سمیت زیاد، بویژه در کودکان دارند. Zn و Ca از ریزمغذی‌های مهم هستند که در صورت کمبود در مواد غذایی، باعث جذب بیشتر سرب و کادمیوم می‌شود. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری میزان فلزات Al، Cd، Pb، Zn و Ca در شیربه طوری تولید و بسته‌بندی شده در ایران است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در سال 1391 روی تعداد 45 نمونه قوطی شیرخشک از شش محصول تجاری و 15 نمونه غذای کودک از سه نوع مختلف در مرکز تحقیقات بهداشت محیط انجام شد. نمونه‌برداری به روش سرشماری و اندازه‌گیری به روش‌های نشر القایی پلاسما (ICP) و جذب اتمی (AAS) انجام شد. نتایج با روش آمار توصیفی گزارش گردید. دریافت روزانه فلزات با استفاده از جدول تغذیه‌ای روی قوطی محاسبه شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت فلزات مورد تحقیق در شیرخشک و غذای کودک به ترتیب برای Al: 1261/94 و 3189/2 نانوگرم بر گرم، Cd: 7/24 و 0/35 نانوگرم بر گرم، Pb: 49/40 و 37/6 نانوگرم بر گرم، Ca: 554/6 و 521/3 $mg.100g^{-1}$، و Zn: 4/49 و 3/93 $mg.100g^{-1}$ بود. میانگین غلظت آلومینیوم در شیر به طوری تیپ 1، 2 و 3 به ترتیب 1266/9، 1146 و 1483/9 نانوگرم بر گرم اندازه‌گیری شد. بیشترین مقادیر کادمیوم برابر 41/04 و 33/16 نانوگرم بر گرم در دو محصول A_1 و E_1 مشاهده گردید. گستره سرب نمونه‌ها 2/6 تا 137/4 نانوگرم بر گرم، کلسیم 334 تا 826 $mg.100g^{-1}$ و روی 3/15 تا 5/91 $mg.100g^{-1}$ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: نوزادان تیپ 1 بیشترین دریافت روزانه Al، Cd و Pb را داشتند. با این وجود دریافت روزانه کودکان از این فلزات کمتر از حد مجاز است. محصولات D_1، A_1 و E_2 به ترتیب بیشترین دریافت روزانه Al، Cd و Pb را به کودکان تحمیل می کنند.

واژگان کلیدی: شیرخشک، غذای کودک، آلومینیوم، سرب، کادمیوم

• مقدمه

علیرغم اهمیت تغذیه با شیر مادر در رشد بهینه، توسعه ذهنی و سلامت کودکان، تغذیه کمکی یا کامل با شیرخشک در سطح گسترده جهانی انجام می‌شود (1). مادران اغلب به علت نگرانی در مورد رشد نوزادشان، نیاز به کار و تحصیل، شرایط زندگی و مشکلات شیر دادن به بچه در اجتماع، به استفاده از شیر خشک روی می‌آورند (2). غذاهای کودک هم، علاوه بر شیرخشک یکی از عوامل مهم دریافت روزانه ریزمغذی‌ها توسط اطفال به شمار می‌روند (3).

حضور آلاینده‌هایی مانند فلزات سمی، حشره‌کش‌ها و پلی‌کلرینیتد بی‌فنیل‌ها (PCBs) در شیرخشک می‌تواند نمایانگر وجود خطرات بهداشتی برای نوزادان باشد (2). حساسیت ویژه نوزادان نسبت به مواد سمی خصوصاً فلزات، به علت شکل‌گیری ساختمان بدن، بالا بودن جذب روده‌ای

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]

مواد سمی در آنها، توسعه ذهنی و مصرف انرژی بالاتر در یکسال اول زندگی آنها است (6-4). مطالعات زیادی گزارش کرده‌اند که نوزادان بصورت گسترده‌ای نسبت به تماس با فلزات سنگین آسیب پذیرند که علت آن عدم تکامل سیستم‌های کلیوی آنها و سطح تحمل پایین نسبت به این آلاینده‌ها است (6، 5، 2).

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 (3، 1).

آلومینیوم، سرب و کادمیوم فلزاتی هستند که حالت تجمعی خصوصاً در ریه‌ها، کبد، کلیه، تیروئید و مغز دارند. دریافت بیش از حد آلومینیوم می‌تواند فعالیت چند آنزیم را مختل کرده و ایجاد نقص در سیستم عصبی و تشکیل بافت معدنی استخوان کند (6). افزایش زیاد آن در خون باعث صدمه به کلیه می‌شود و تغذیه مداوم آن در 18 ماه نخست زندگی باعث صدمه به توسعه ذهنی کودک شود (8، 7، 4). مواجهه جنین و نوزاد با سرب اثرات مخربی بر توسعه سیستم عصبی گذاشته و ایجاد نقص در یادگیری و کاهش IQ را در مراحل بعدی زندگی سبب می‌شود (9، 6، 4). کادمیوم خواص استروژنیک داشته و ایجاد سرطان می‌کند. همچنین وجود کادمیوم و سرب در خون باعث ایجاد صدمات جدی در سیستم کلیوی می‌شود (4). خطرناکترین ویژگی آن تجمع در کلیه و کبد با نیمه عمر بیولوژکی برابر با 17-30 سال است (11، 10). فلزات کلسیم و روی با آنکه جزء فلزات ضروری‌اند، اما اگر بیش از حد مجاز دریافت شوند، می‌توانند ایجاد مسمومیت کنند (3). بعلاوه مطالعات نشان داده که بین میزان کلسیم موجود در مواد تغذیه‌ای حیوانات و تجمع سرب در بافت آنها ارتباط وجود دارد که علت آن افزایش جذب روده‌ای سرب، هنگام فقر کلسیم در رژیم غذایی است (12). همچنین میزان سرب خون، استخوان و موی انسان با محتوای کلسیم مواد غذایی مصرفی به صورت معکوس ارتباط دارد (13). در مطالعه‌ای روی حیوانات آزمایشگاهی ثابت شده است که اگر غلظت فلز روی در مواد غذایی تا حداقل آستانه مورد نیاز پایین آورده شود، میزان جذب و باقی مانده کادمیوم در کل بدن حیوان تا سه برابر و اگر غلظت Zn، Ca و Fe تا حد کمینه کاهش یابد، مقدار کادمیوم 10-7 برابر افزایش می یابد (15، 14).

بنابراین اهمیت مقدار این عناصر در رژیم غذایی بجز خواص تغذیه‌ای، به علت خاصیت بازدارندگی آنها در جذب سرب و کادمیوم می‌باشد.

به علت نگرانی‌های مربوط به ریزعناصر موجود در رژیم غذایی نوزادان، بررسی‌های چندگانه فلزات در شیرخشک و غذاهای کودک در کشورهای مختلف انجام شده است (24-16، 6، 4-1). در ایران نیز آلودگی شیرخشک به استرانسیوم-90 (25)، باسیلوس سرئوس (26)، و آفلاتوکسین نوع M1 (27) بررسی شده است. این مطالعه با هدف تعیین مقدار فلزات سمی Al، Cd، Pb و Cr^{+6} و بازدارنده‌های جذب آنها، Ca و Zn در محصولات مختلف شیر خشک تولید و بسته‌بندی شده در کشور و غذاهای کودک مخلوط با غلات، شیر و میوه انجام شد.

• مواد و روش‌ها

مطالعه توصیفی- مقطعی است که در سال 1391 در مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط انجام شد. نمونه‌های شیرخشک به طور سرشماری از 6 محصول اصلی شیرخشک تولید یا بسته‌بندی و عرضه شده در ایران انتخاب گردید. برای این منظور تعداد 45 قوطی آن از سطح داروخانه‌های شهرهای کرمان، تهران، اهواز، تبریز، سنندج و رشت در سال 1391 خریداری گردید. شیر خشک‌های 3 کارخانه A، B و C در دو دسته مخصوص اطفال 6-0 ماه و 6 ماه به بعد (تیپ 1 و 2) و در سه کارخانه D، E و F در 3 دسته 6-0 ماه، 12-6 ماه و یک سالگی به بعد تولید می‌شوند (تیپ 1، 2 و 3). از محصول هر کارخانه و هر تیپ آن، 3 قوطی با سری‌های ساخت متفاوت تهیه و از محتوای هر قوطی 50 گرم شیر خشک در شرایط استریل درون یک ظرف شیشه‌ای درب‌دار تمیز ریخته شد و بعد از مخلوط کردن، با استفاده از ترازوی دیجیتال (تا 4 رقم اعشار) 3 نمونه 2/0 گرمی در ظروف آزمایش توزین گردید. همچنین 15 قوطی غذای کودک با 3 ترکیب مختلف گندم با خرما و شیر، گندم با موز و شیر، و برنج به همراه شیر (از هر ترکیب 5 نمونه) از پرفروش‌ترین محصول تولید شده در ایران از داروخانه‌ها خریداری گردید. مطابق روش بالا از مخلوط هر نوع، 5 نمونه 1/0 گرمی جهت انجام آزمایش توزین گردید. مواد مصرفی دارای درجه خلوص آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان تهیه گردید. محلول‌های استاندارد Al، Cd و Pb با استفاده از محلول استوک 1000ppm و با استانداردهای 0-1-5-10-50 و 100 ppb و برای Zn و Ca با استانداردهای مناسب از

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]

ترکیبات خالص آنها ساخته شد. آزمایش‌ها بر اساس روش‌های مندرج در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب چاپ بیست و یکم انجام گرفت (28).

ظروف مورد استفاده در هضم و فرآیند آزمایش ابتدا با درجنت دکونکس 5% شسته شده و بعد از آبکشی به مدت یک شبانه‌روز درون اسید نیتریک 30% مستغرق شدند. بلافاصله قبل از انجام آزمایش، ظروف از محلول اسیدی بیرون آورده و بعد از 2 بار آبکشی با آب دیونیزه و خشک شدن زیر هود لامینار مورد استفاده قرار گرفت. برای کوتاه کردن زمان هضم از دستگاه مایکروویو خانگی استفاده شد. مقدار 5 میلی‌لیتر از مخلوط HNO_3 و H_2O_2 با نسبت حجمی 1:2 به هر کدام از ظروف نمونه اضافه گردید. بعد از 10 دقیقه نگهداری در هوای اتاق، این ظروف داخل دستگاه ماکروویو قرار گرفت. دستگاه به مدت 4 دقیقه با توان 340 وات و 3 دقیقه با 720 وات (80% توان) به کار گرفته شد. محتوای هضم شده بعد از خنک شدن در هوای اتاق برای تبخیر بیشتر به مدت 20 دقیقه روی هات پلیت گذاشته شد. در نهایت با اسید نیتریک 0/1 مولار به حجم 10 میلی لیتر رسانده شد و این محلول بی‌رنگ و شفاف تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری گردید.

غلظت Al، Cd و Pb به روش طیف‌سنجی نشر القایی پلاسما ICP–OES (inductively coupled plasma–optical emission spectrometer) با دستگاه مدل ES-700 ساخت کارخانه Varian-Bv استرالیا که تنظیمات آن در جدول 1 آمده است، اندازه‌گیری شد. Zn و Ca با دستگاه جذب اتمی شعله مدل Philips-PU 9100X تعیین مقدار شدند. مراحل اندازه‌گیری برای هر نمونه 3 بار تکرار گردید و میانگین بصورت نتیجه بیان شد. دریافت روزانه فلزات سنگین توسط نوزادان طبق جدول تغذیه‌ای چاپ شده روی قوطی شیرخشک توسط کارخانه تولیدکننده، محاسبه گردید. اگر یک نوزاد 12-6 ماهه به طور متوسط روزانه 150 میلی‌لیتر شیر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مصرف کند (29)، با وزن متوسط 6/5 کیلوگرم برای یک نوزاد 12-6 ماهه، و با همین محاسبات برای گروه‌های سنی دیگر، مصرف شیرخشک در نوزادان زیر 6 ماه، 6 ماه تا یک‌سال و بالای یک‌سال به ترتیب برابر با 1030، 960 و 560 میلی‌لیتر در روز خواهد بود (30).

جدول 1. وضعیت تنظیمات دستگاه ICP-OES در تعیین غلظت فلزات Al، Cd و Pb

پارامتر	
نحوه نمایش	محوری
ارتفاع نمایش	10mm
گاز شستشوی دستگاه	آرگون
فلوی گاز خنک کننده و تشکیل پلاسما	15L/min
فلوی گاز کمکی	1.5L/min
سرعت پمپ	15rpm
توان	1000W
فشار نبولایزر	200kPa
زمان جذب نمونه	15s
تعداد تکرار	5
زمان تثبیت	8s
زمان شستشو	10s
طول موج اندازه گیری Al	396.152nm
طول موج اندازه گیری Cd	214.439nm
طول موج اندازه گیری Pb	220.353nm

میانگین نتایج با استفاده از آمار توصیفی گزارش شد. برای مقایسه اختلاف بین تیپ‌های سه‌گانه، به علت کم بودن تعداد نمونه‌ها و احتمال عدم نرمال بودن داده‌ها، از آزمون Kruskal wallis یک‌راهه پارامتریک و سطح اطمینان 95% در نرم افزار SPSS16 استفاده گردید.

• یافته‌ها

در جدول 2 میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در هر یک از محصولات شیرخشک و غذای کودک به تفکیک گروه‌های سنی ذکر شده است.

بیشترین غلظت‌های مشاهده شده Al، Cd و Pb به ترتیب در شیر به طوری E_3 (کارخانه E، گروه بعد از یک سال) برابر $2055/7 ng.g^{-1}$، A_1 برابر $41/04 ng.g^{-1}$ و E_1 برابر $137/45 ng.g^{-1}$ دیده شد.

کمترین مقدار Ca و Zn بترتیب در نمونه‌های A_1 (334mg/100g) و E_1(3/15mg/100g) دیده شد. غلظت متوسط فلزات در شیر خشک و غذای کودک، به ترتیب برای Al: 1261/94 و $3189/2 ng.g^{-1}$، Cd: 7/24 و $0/35 ng.g^{-1}$، Pb: 49/40 و $37/6 ng.g^{-1}$، Ca: 554/6 و 521/3mg/100g، و Zn: 4/49 و 3/93mg/100g مشاهده شد.

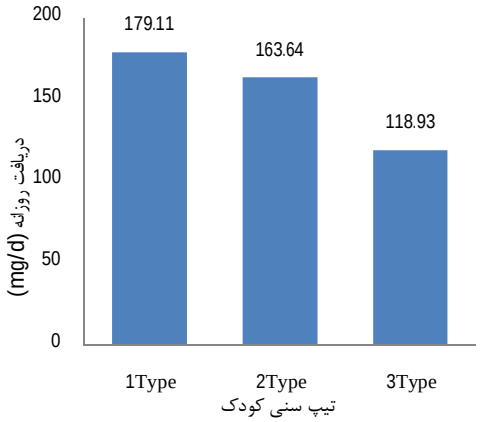
میزان متوسط دریافت روزانه آلومینیوم، کادمیوم و سرب در هر تیپ شیرخشک در کودکان ایرانی به ترتیب در شکلهای 3-1 آمده است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]

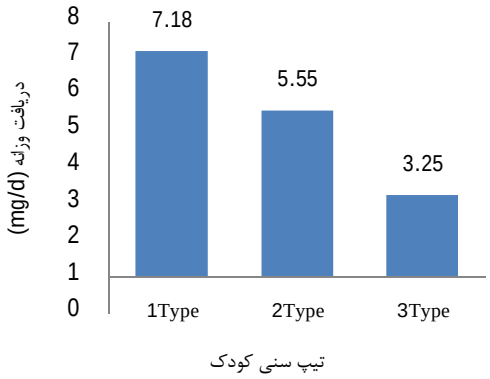
جدول 2. میانگین غلظت فلزات سمی (Al، Cd، Pb و Cr^{+6}) و فلزات ضروری(Ca و Zn) در شیر خشک و غذای کودک در ایران در سال 1391

کد نمونه	اطلاعات محصول	Al($ng.g^{-1}$) Mean±SD	Cd($ng.g^{-1}$) Mean±SD	Pb($ng.g^{-1}$) Mean±SD	Ca($mg.100g^{-1}$) Mean±SD	Zn($mg.100g^{-1}$) Mean±SD
شیر خشک*						
A_1	0-6 ماه	96/5±1356/7	5/61±41/04	27/60±111/22	76/6±334	0/8±3/53
A_2	6 ماه به بعد	6/6±1276/7	2/34±11/01	20/00±38/18	132/3±597	1/1±4/06
B_1	0-6 ماه	22/1±1151/2	4/69±1/6	74/06±35/92	179/1±517	0/8±3/73
B_2	6 ماه به بعد	88/6±1001/6	5/17±0/82	9/73±38/6	109/4±8268	1/3±3/67
C_1	0-6 ماه	24/0±1246/0	--**	58/16±46/87	91/5±412	0/6±3/87
C_2	6 ماه به بعد	22/5±1205/0	--	19/97±18/61	164/2±723	1/4±5/80
D_1	0-6 ماه	22/22±1479/1	--	46/83±57/52	76/7±342	1/1±5/22
D_2	6 ماه تا 1سال	58/7±991/1	--	12/84±12/92	158/3±546	0/7±5/79
D_3	بعد از یکسالگی	5/9±1239/2	--	9/58±22/45	135/0±570	0/9±5/91
E_1	0-6 ماه	81/6±1266/3	3/83±33/16	47/26±137/45	186/6±419	1/7±3/15
E_2	6 ماه تا 1سال	93/9±1127/7	3/49±8/32	36/00±106/84	159/2±755	1/2±4/71
E_3	بعد از یکسالگی	18/9±2055/7	1/20±1/34	3/27±5/25	131/1±594	1/3±5/36
F_1	0-6 ماه	82/2±1102/2	2/55±7/45	21/68±15/8	86/4±380	0/7±3/60
F_2	6 ماه تا 1سال	171/7±1273/9	15/38±2/57	7/46±2/60	143/9±663	1/1±4/17
F_3	بعد از یکسالگی	48/6±1156/7	8/91±1/35	56/82±90/90	135/7±641	1/3±4/28
غذای کودک***						
G_1	گندم-خرما و شیر	108/4±5677/8	0/83±1/06	19/24±53/52	104/1±548	0/7±3/81
G_2	گندم-موز و شیر	8/9±2510/5	--	17/93±10/08	120/6±482	0/8±3/93
G_3	گندم و شیر	99/8±1379/3	--	102/68±49/21	178/5±534	1/1±4/06

* میانگین ± انحراف معیار (N=3) **غیر قابل تشخیص ***میانگین ± انحراف معیار (N=5)

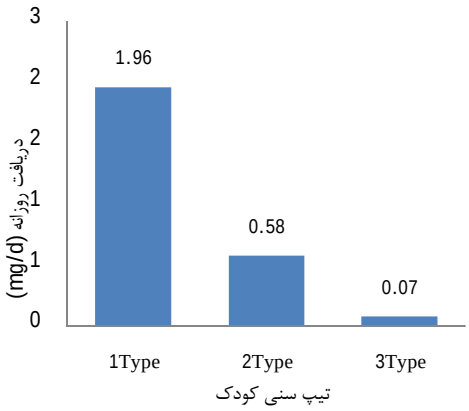


شکل 1. دریافت روزانه آلومینیوم توسط نوزادان تیپ‌های سه گانه



شکل 2. دریافت روزانه کادمیوم توسط نوزادان تیپ‌های سه گانه

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]



شکل 3. دریافت روزانه سرب توسط نوزادان تیپ‌های سه گانه

• بحث

شیرخشک حاوی $773ng.ml^{-1}$ آلومینیوم در مقایسه با شیر مادر حاوی $9/2ng.ml^{-1}$ از نظر آماری منجر به افزایش معنی‌دار غلظت پلاسمایی آلومینیوم در نوزادان با عملکرد کلیوی نرمال می شود (31). طیف وسیعی از غلظت آلومینیوم در کشورهای مختلف و انواع شیرخشک گزارش شده است. میانگین غلظت آلومینیوم در این مطالعه در انواع شیر خشک‌های بدو تولد (تیپ 1)، 6 ماه تا یک‌سال (تیپ 2) و بعد از یک‌سال (تیپ 3) به ترتیب 1266/9، 1146 و $1483/9ng.g^{-1}$ اندازه‌گیری شد. این میانگین در عربستان در شیرخشک‌های بدو تولد و بعد از 6 ماهگی به ترتیب 1944 و $1600ng.g^{-1}$ بوده است (3)، که در مقایسه با مطالعه ما بالاتر است. حدود آن در اروپا در سال‌های گذشته در گستره 1210 تا $10900ng.g^{-1}$ در مقالات آمده است (22). حتی در کشور ایتالیا گستره 3000 تا $17000ng.g^{-1}$ گزارش شده است(21). مطالعه انجام شده بر روی شیرخشک‌های عرضه شده در آمریکا، نیجریه و انگلستان گستره 58 در نیجریه تا $5600ng.g^{-1}$ در انگلستان را داشته است (2). این مقادیر نشان می‌دهد که حد بالایی آلومینیوم در شیرخشک‌های تولید شده در اروپا خیلی بالاتر از حد بالایی گستره مقادیر آن در شیرخشک‌های بررسی شده در این مطالعه است. با توجه به نمودار شکل 1، نوزادان گروه 0 تا 6 ماه بیشترین دریافت روزانه آلومینیوم را داشته و از بین آنها تیپ D_1 بالاترین میزان را نشان داد (192/8میکروگرم بر روز). کمیته مشترک کارشناسان FAO/WHO در سال 2001 حد قابل تحمل Al روزانه را 1000 میکروگرم بر کیلوگرم به ازای وزن بدن اعلام کرده است (32). بنابراین با توجه به میانگین مصرف روزانه1/03 لیتر شیرخشک، می‌توان استنباط کرد که دریافت روزانه آلومینیوم در کودکان ایرانی کمتر از حد مجاز است. میانگین غلظت در گروه‌های سنی نشان داد که غلظت آلومینیوم در شیر خشک‌های تیپ 1، 2 و 3 تفاوت معنی‌داری ندارد (p=0/422). میانگین غلظت آن در نمونه‌های غذای کودک برابر $3189/2ng.g^{-1}$ بود که نسبت به غلظت آن در شیرخشک مقدار بیشتری را نشان می‌دهد. تغییرات زیاد در غلظت آلومینیوم می‌تواند ناشی از مراحل فرایند در کارخانه یا استفاده از فویل آلومینیوم در بسته‌بندی شیرخشک باشد که با اقدامات کنترلی می‌توان مقدار آن را به حداقل رساند.

طبق گزارش وزارت کشاورزی، ماهیگیری و غذای انگلیس در سال 1999، غلظت کادمیوم در شیرخشک معمولاً $1ng.g^{-1}$ بوده است (33). طبق مطالعات منتشر شده، گستره مقدار کادمیوم در شیر خشک انگلستان 3-1(33)، در هند 0/1-0/07 (29)، در عربستان 7(3)، در اسپانیا 6/8(34) و در لهستان 0/4-2 نانوگرم بر گرم(24) گزارش شده است. مطالعه Ikem و همکاران در سال 2000 گستره کادمیوم را از مقادیر غیر قابل تشخیص در نیجریه و آمریکا تا $0/3ng.g^{-1}$ در انگلستان آورده است که کمترین مقادیر را نسبت به سایر مطالعات به خود اختصاص داده است (2). طبق نتایج مطالعه ما، میانگین کادمیوم در شیر خشک‌های تیپ 1، 2 و 3 به ترتیب 13/78، 3/78 و $0/89ng.g^{-1}$بود و بیشترین مقادیر نامتعارف کادمیوم برابر 41/04 و $33/16ng.g^{-1}$ در دو محصول A_1 و E_1 مشاهده شد. با مقایسه میانگین کل نمونه‌ها با مقادیر سایر کشورها (بجز عربستان)، می‌توان به بالا بودن سطح کادمیوم در شیرخشک عرضه شده در کشور پی برد. حد مجاز کادمیوم در شیر مایع متعارف طبق استاندارد کدکس $10\mu g.l^{-1}$ (1) و طبق استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا $5\mu g.l^{-1}$ پیشنهاد شده است. این مرجع حد مجاز دریافت روزانه کادمیوم برای نوزادان شیرخوار را $10ng/kg.bw.d$ اعلام کرده است (32). همان گونه که در شکل 2 مشاهده می‌شود، با منظور میانگین مصرف روزانه 1/03 لیتر شیرخشک، بیشترین دریافت روزانه در نوزادان 0 تا 6 ماه برابر با $7/18\mu g.d^{-1}$ دیده می‌شود. در قیاس با استانداردهای شیر، دریافت کادمیوم از طریق شیرخشک بین استانداردهای کدکس و انجمن بهداشت عمومی آمریکا قرار گرفته است. آزمون مقایسه میانگین‌ها گویای عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین انواع

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]

تیپ‌های شیرخشک است (p=0/733). برخلاف انتظار، مقدار متوسط کادمیوم در انواع غذای کودک، کمتر از میانگین آن در شیر خشک مشاهده گردید. در مقایسه با نتایج مطالعه قبلی در ایران (35)، میانگین کادمیوم اندازه‌گیری شده در مطالعه ما بسیار کمتر بود.

غلظت سرب شیرخشک معمولا بین1 تا $10ng.g^{-1}$ است، هرچند غلظت‌های خیلی بالاتر تا 143 و حتی $450ng.g^{-1}$ گزارش شده است (4). غلظت معمول آن در انگلستان طبق گزارش وزارت کشاورزی انگلیس در سال 1999، 10 تا $20ng.g^{-1}$ بوده است (33)، ولی گستره آن در هند کمی پایین تر است (1/7-$3/35ng.g^{-1}$)(29). در مطالعه ما متوسط سرب نمونه‌ها 49/4 و گستره آن از 2/6 تا $137/4ng.g^{-1}$مشاهده گردید که از مقادیر گزارش شده در مطالعات بالا خیلی بیشتر است. همچنین این حدود مشاهده شده، از مقادیر گزارش شده در عربستان با متوسط 18(3) ، اسپانیا با متوسط 11/5(34)، تایوان با متوسط 8(36) و مطالعه سه کشور آمریکا، انگلستان و نیجریه با حداکثر $0/08ng.g^{-1}$ (2) بالاتر است. مطالعه جنت و همکاران در ایران در سال 1386 مقدار سرب را خیلی بالاتر از آنچه ما در این مطالعه به آن رسیدیم، گزارش کرده است (متوسط $384ng.g^{-1}$)(35). حد مجاز سرب در شیر $1mg.l^{-1}$ و حداکثر دریافت روزانه سرب نوزادان شیرخوار 3/6ng/kg.bw.d طبق توصیه انجمن بهداشت عمومی آمریکا تعیین شده است (38، 37، 32). بنابراین با توجه به شکل 3، حداکثر دریافت روزانه سرب در کودکان تیپ 1 برابر $1/96\mu g.d^{-1}$ مشاهده می‌شود که از حد مجاز آن پایین‌تر است.

طبق گزارش انسیتو ملی غذای لهستان، مقدار کلسیم در شیر خشک دامنه 279 تا $703mg.100g^{-1}$داشته است(18). گستره آن در کشورهای امریکا، انگلستان و نیجریه 344 تا $662\mu g.ml^{-1}$ آمده است(2). در این مطالعه گستره آن 334 تا $826\ mg.100g^{-1}$ به دست آمد. حد پایین و بالای دریافت روزانه آن462/3 و $1165/4mg.d^{-1}$ است که با توجه به گستره مجاز دریافت روزانه برای کلسیم600 تا $10000mg.d^{-1}$ تعیین شده توسط انجمن ملی غذای لهستان (18) کران پایین آن کمتر از حد ضروری و کران بالا با اینکه قابل قبول است، ولی میزان پایینی را نشان می دهد.

مقدار Zn شیر خشک بررسی شده در نیوزیلند 2/11 (1/37-4/23)(20)، در هند گستره 3/45-0/93(29) و در ایتالیا 1/3 تا $11/5mg.100g^{-1}$ (21) بوده است. گستره اندازه‌گیری آن در گزارش انسیتو ملی غذای لهستان 0/28 تا $1/73mg.100g^{-1}$ ارائه شده است(18). مطالعه ما گستره Zn را از 3/15 تا $5/91mg.100g^{-1}$ نشان می دهد که تقریبا با مطالعه آقای جنت در ایران در سال 1386 و میانگین $3/74mg.100g^{-1}$ مطابقت دارد(35). گستره دریافت مجاز روزانه برای روی 5 تا $10mg.d^{-1}$ توسط انجمن ملی غذای لهستان توصیه شده است(18). گستره آن در ایران طبق این مطالعه، 4/26 تا $7/14mg.d^{-1}$ مشاهده شد که همانند کلسیم کمی پایین تر از حد ضروری است.

غلظت کادمیوم و سرب شیرخشک در این مطالعه بالاتر از حدود جهانی است. یکی از علل این افزایش می‌تواند ناشی از غلظت بالای آلاینده‌ها در مواد خام باشد. به عنوان مثال مطالعه تاج کریمی و همکاران در سال 1386 میانگین غلظت سرب در شیر خام ورودی به 15 کارخانه شیر در نقاط مختلف کشور را $7/9ng.ml^{-1}$ نشان داده است (39). بنابراین لازم است تا با پایش بیشتر کیفیت شیر خام وارد شده به کارخانه، توجه خاص به فرآیند فرآوری و بسته‌بندی شیرخشک صورت گیرد تا از آلودگی محصول جلوگیری شود. با توجه به اهمیت تغذیه‌ای دو عنصر کلسیم و روی و نیز خاصیت بازدارندگی آنها در جذب سرب و کادمیوم، باید تمهیداتی در راستای غنی سازی شیرخشک با این عناصر در نظر گرفته شود. مطالعات و بررسی بیشتر در خصوص آلاینده‌های فلزی در مواد غذایی کودکان ضروری به نظر می رسد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح مصوب مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان و با همکاری آقای دکتر سید احمد عطائی رئیس آزمایشگاه پژوهشی و تحقیقات کاربردی دانشگاه شهید باهنر کرمان به انجام رسیده است، بدینوسیله از مساعدت‌های آنان سپاسگزاری می‌گردد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]

References

1. Castro CSPD, Arruda AF, Cunha LRD, SouzaDe JR, Braga JWB, Dórea JG. Toxic Metals (Pb and Cd) and Their Respective Antagonists (Ca and Zn) in Infant Formulas and Milk Marketed in Brasilia, Brazil. IJERPH. 2010;7(11):4062-77.
2. Ikem A, Nwankwoala A, Odueyungbo S, Nyavor K, Egiebor N. Levels of 26 elements in infant formula from USA, UK, and Nigeria by microwave digestion and ICP-OES. Food Chem. 2002;77(4):439-47.
3. Al Khalifa A, Ahmad D. Determination of key elements by ICP-OES in commercially available infant formulae and baby foods in Saudi Arabia. AJFS. 2010;4(7):464-8.
4. Dabeka R, Fouquet A, Belisle S, Turcotte S. Lead, cadmium and aluminum in Canadian infant formulae, oral electrolytes and glucose solutions. Food Addit Contam. 2011;28(6):744-53.
5. Saracoglu S, Saygi KO, Uluozlu OD, Tuzen M, Soylak M. Determination of trace element contents of baby foods from Turkey. Food Chem. 2007;105(1):280-5.
6. Kazi TG, Jalbani N, Baig JA, Afridi HI, Kandhro GA, Arain MB, et al. Determination of toxic elements in infant formulae by using electrothermal atomic absorption spectrometer. Food Chem Toxicol. 2009;47(7):1425-9.
7. Klein GL LA, Heyman MB. Patient Care Committee of the North American Society for Pediatric Gastroenterology and Nutrition. Position Statement of the North American Society for Pediatric Gastroenterology and Nutrition (FDA). 2004; Available from: http://www.naspgn.org/sub/aluminum.asp.
8. Walker M. Known contaminants found in infant formula. Mothering. 2000;100:67-70.
9. Golpayegani A, Khanjani N. Occupational and Environmental Exposure to Lead in Iran: A Systematic Review. JOH&D. 2012;1(1):74-89[in Persian].
10. Kazi T, Memon A, Afridi H, Jamali M, Arain M, Jalbani N, et al. Determination of cadmium in whole blood and scalp hair samples of Pakistani male lung cancer patients by electrothermal atomic absorption spectrometer. SCI Total Environ. 2008; 389(2):270-276.
11. Salnikow K, Zhitkovich A. Genetic and epigenetic mechanisms in metal carcinogenesis and cocarcinogenesis: nickel, arsenic, and chromium. Chem Res Toxicol. 2007;21(1):28-44.
12. Fullmer CS. Intestinal calcium and lead absorption: effects of dietary lead and calcium. Environ Res. 1991;54(2):159-69.
13. Hauser G, Vienna A, Wolfsperger M, Goessler W. Milk consumption, smoking and lead concentration in human hair. Collegium A ntropol. 1999;23(2):433-6.
14. Reeves PG, Chaney RL. Nutritional status affects the absorption and whole-body and organ retention of cadmium in rats fed rice-based diets. Environ Sci Technol. 2002;36(12):2684-92.
15. Reeves PG, Chaney RL. Mineral status of female rats affects the absorption and organ distribution of dietary cadmium derived from edible sunflower kernels (Helianthus annuus L.). Environ Res. 2001;85(3):215-25.
16. Dabeka R, McKenzie A. Aluminium levels in Canadian infant formulae and estimation of aluminium intakes from formulae by infants 0–3 months old. Food Addit Contam. 1990;7(2):275-82.
17. Fernandez-Lorenzo JR, Cocho JA, Rey-Goldar ML, Couce M, Fraga JM. Aluminum contents of human milk, cow's milk, and infant formulas. J Pediatr Gastr Nutr. 1999;28(3):270-5.
18. Lesniewicz A, Wroz A, Wojcik A, Zyrnicki W. Mineral and nutritional analysis of Polish infant formulas. J Food Comp Anal. 2010;23(5):424-31.
19. Maria E. Soares, Maria L. Bastos, Ferreira M. Selective Determination of Chromium (VI) in Powdered Milk Infant Formulas by Electrothermal Atomization Atomic Absorption Spectrometry after Ion Exchange. J Aoac Int. 2000;83(1):220-24.
20. McKinstry P, Indyk H ,Kim N. The determination of major and minor elements in milk and infant formula by slurry nebulisation and inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES). Food Chem. 1999;65(2):245-52.
21. Plessi M, Bertelli D, Monzani A. Determination of aluminum and zinc in infant formulas and infant foods. J Food Comp Anal. 1997;10(1):36-42.
22. Şahin G, Aydin A, Işimer A, Özalp I, Duru S. Aluminum content of infant formulas used in Turkey. Biol Trace Elem Res. 1995;50(1):87-96.
23. Sipahi H, Eken A, Aydin A, Sahin G, Baydar T. Determination of aluminum level in baby food samples by using atomic absorption spectrometer. Toxicol Lett. 2006;164:S271-S2.
24. Winiarska-Mieczan A. Assessment of infant exposure to lead and cadmium content in infant formulas. J Elementol. 2009;14:573-81.
25. Mesbah A, Peykarjoo S, Karimi Nejad M. Detection of Strantium-90 in Fresh Milk and Infant Formula in Tehran and Nourth of Iran. Med J Tabriz. 2002(53):53-8[in Persian].

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]

26. Rahimifard N, Fathollahzadeh B, Pirali Hamedani M, Noory Z, Saadati S. Bacillus cereus contamination in infant formula: a study in food and drug control laboratory. Tehran Univ Med J. 2007;65(8):64-8[in Persian].

27. Kamkar A. Detection of aflatoxin M1 in powdered milk samples by elisa. Pajouhesh Va sazandegi. 2008; (79):174-180[in Persian].

28. APHA, editor. Standard method for examination of water and wastewater. 21 ed. Washington DC: American public health association publication; 2005.

29. Tripathi R, Raghunath R, Sastry V, Krishnamoorthy T. Daily intake of heavy metals by infants through milk and milk products. Sci Total Environ. 1999;227(2):229-35.

30. Sola-Larrañaga C, Navarro-Blasco I. Chromium content in different kinds of Spanish infant formulae and estimation of dietary intake by infants fed on reconstituted powder formulae. Food Addit Contam. 2006;23(11):1157-68.

31. Hawkins NM, Coffey S, Lawson MS, Delves HT. Potential aluminium toxicity in infants fed special infant formula. J Pediatr Gastr Nutr. 1994; 19(4): 377.

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

33. MAFF (UK .(Metals and other elements in infant foods. 1999; Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Food Surveillance Information Sheet No. 190.]. Available from: http://archive.food.gov.uk /maff/archive/ Food/infsheet/1999/no190/ 190inf. htm.

34. Rodriguez Rodriguez E, Delgado Uretra E, Díaz Romero C. Concentrations of cadmium and lead in different types of milk. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A. 1999;208(3):162-8.

35. Jannat B, Sadeghi N, Oveisi MR, Behfar AA, Komeilizadeh H, Shafaati A .Simultaneous determination of lead, cadmium, copper and zinc in Infant formula by anodic stripping voltammetry. Iran J Pharm Res. 2010;8(3):159-62.

36. Ding HC LH, Sheu YL, Chang TC. Survey of -lactam antibiotics and heavy metals in infant milk powder and human milk. 2008; Available from: http://www.fda.gov.tw/eng/publish_periodical.aspx ? publish_periodicals.

37. Commission regulation (EC) No. No., 466/2001 Setting maximum levels for certain contamination in food stuffs. Official J. Eur Commun. (2001). L77/1. . 2001.

38. No466/2001 CrE. Setting maximum levels for certain contamination in food stuffs. Official J. Eur. Commun. (2001). L77/1. 2001.

39. Tajkarimi M, Poursoltani M, Saleh Nejad H, Mottallebi A, Mahdavi H. Lead residue levels in raw milk from different regions of Iran. Food Control. 2008;5(19):495-98.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]

Determination of Pb, Cd, Al, Zn and Ca in infant formula and baby foods in Iran and estimation of daily infant intake of these metals

Malakootian M[1], Golpayegani A[2]*

*1-*Corresponding author: Prof, Environmental Health Engineering Research Center, Dept. of Environmental Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran, E-mail: m.malakootian@yahoo.com*

2-MS.c student in Environmental Health Engineering, Dept. of Environmental Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Received 22 Apr, 2013 **Accepted 16 Aug, 2013**

Background and Objective: Despite the proven superiority of breast milk, many infants worldwide are partially or completely fed infant formula. Metals such as Al, Pb, Cd and Cr^{+6} are exceptionally toxic for humans, especially for infants. Ca and Zn from nutrients enhance adsorption of Pb and Cd in the gastro-intestinal system when concentrations of Ca and Zn in the diet are poor. This study measured Al, Pb, Cd, Cr^{+6}, Ca and Zn levels in powdered infant formula and baby food in Iran.

Materials and Methods: A total of 60 samples were collected: 45 samples were from 6 brands of infant formula and 15 samples were from 3 types of baby food. Measurement was done using ICP-OES, AA spectroscopy, and spectrophotometry after sample digestion. The results were reported using descriptive statistics. Daily intake was calculated according to the label instructions on the product.

Results: The average levels of the metals in the infant formula and food were Al: 1261.94 and 3189.2 ng g^{-1}, Cd: 7.24 and 0.35 ng g^{-1}, Pb: 49.40 and 37.60 ng g^{-1}, Ca: 554.6 and 521.3 mg 100 g^{-1}, and Zn: 4.49 and 3.93 mg 100 g^{-1}, respectively. The mean concentrations of Al in type 1, type 2 and type 3 were 1266.9, 1146, and 1483.9 ng g^{-1}, respectively. The maximum levels observed for Cd in products A_1 and E_1 were 41.04 and 33.16 ng g^{-1}, respectively. The range of Pb in samples was 2.6 to 137.4 ng g^{-1}, of Ca was 334 to 826 mg 100 g^{-1}, and of Zn was 3.15 to 5.91 mg 100 g^{-1}.

Conclusion: Infants aged 0 to 6 mo had the highest daily intake of Al, Pb and Cd. In general, the daily intake of these metals in Iranian children was less than the standard. Calculations showed that products D_1, A_1 and E_2 provided the maximum daily intakes of Al, Cd and Pb, respectively, for children.

Keywords: Powdered infant formula, Baby food, Aluminum, Lead, Cadmium

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-05-16]