«مقاله کوتاه»

اندازه‌گیری میزان عناصر سمی موجود در مکمل‌های غذای نوزاد عرضه شده در ایران

محمدامین مهرنیا[۱]، آیگین باشتی[۲]، فخرالدین صالحی[۳]*

۱. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۲. استادیار گروه شیمی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۳. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
* نویسنده مسئول مکاتبات: f.salehi@Basu.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۴/۸/۳۰ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۱/۱۸)

Archive of SID

چکیده

غذای نوزاد به‌دلیل شبیه‌سازی آن با شیر مادر به عنوان یک جایگزین نسبی یا کامل برای شیر مادر برای نوزادان ٦ تا ١٢ ماه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش پنج نمونه مکمل غذای نوزاد شامل سه مکمل غذایی از شرکت غنچه (برنجین با شیر، گندمین با شیر، و حریره بادام) و دو مکمل غذایی از شرکت نستله (گندم و شیر، و موز و گندم با شیر) که در ایران مصرف زیادی دارند، تهیه شد. نمونه‌ها توسط اسید نیتریک هضم و سپس مقدار عناصر سمی شامل کادمیم، سرب، منگنز، مولیبدن و نیکل موجود در آن‌ها آنالیز و به‌طور کمی اندازه‌گیری شد. همچنین شاخص تخمین روزانه جذب (EDI) برای تمامی نمونه‌ها محاسبه و با شاخص جذب روزانه قابل تحمل (TDI) مقایسه گردید. کمترین و بیش‌ترین مقدار کادمیم به ترتیب متعلق به مکمل غذای کودک برنجین با شیر (۴۰/۳ میکروگرم بر کیلوگرم) و مکمل غذای کودک گندمین با شیر (۵۸/۰ میکروگرم بر کیلوگرم) شرکت غنچه بود. مقدار عناصر کادمیم، سرب، منگنز، مولیبدن و نیکل موجود در مکمل‌ها به ترتیب در محدوده ۵۸/۰–۴۰/۳ ppb؛ ۳۱/۸۵ ppb؛ ۴/۹–۲/۳ ppm؛ ۵۱۸/۸–۴۱۷/۹ ppb و ٦٤١٥/٠–٤٤٧٩/١ ppb بدست آمد. در مجموع مقدار عناصر سمی موجود در مکمل‌های غذای نوزاد عرضه شده در ایران کمتر از مقدار مجاز گزارش اعلام شده به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: سرب، شاخص جذب روزانه قابل تحمل، غذای نوزاد، فلزات سنگین، نیکل

www.SID.ir

مقدمه

از بین تمام علل و عواملی که بر روند رشد و نمو شیرخوار تأثیر می‌گذارند، تغذیه دارای جایگاه بالاتری است که هم بر رشد و هم بر نمو تأثیر دارد. شیر مادر کلیه نیازهای نوزاد را تا ٦ ماهگی تأمین می کند و مطابق با سیستم بدنی نوزاد است (Castro *et al.*, 2010; Ikem *et al.*, 2002; Al Khalifa *et al.*, 2010). دورانی که در آن نوزادان از شیر گرفته می‌شوند، بحرانی‌ترین مرحله زندگی نوزادان محسوب می‌شود. در این دوران عموماً شیر مادر به‌تنهایی برای رفع نیازهای تغذیه‌ای نوزاد و هم چنین رشد آن کافی نیست؛ لذا مصرف غذاهای کمکی در این دوران تقریباً الزامی است (Castro *et al.*, 2010). برای تأمین رشد و نمو بسیار سریع پس از شش ماه استفاده از غذاهای کمکی طبیعی و تجاری ضروری می‌باشد (Ljung *et al.*, 2011). مکمل‌های غذایی نوزادان به دلیل شبیه‌سازی آن با شیر مادر به عنوان یک جایگزین نسبی یا کامل برای شیر مادر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Caballero *et al.*, 2012).

حساسیت ویژه نوزادان نسبت به مواد سمی خصوصاً فلزات، به‌علت شکل گیری ساختمان بدن، بالا بودن جذب روده‌ای مواد سمی در آن‌ها، توسعه ذهنی و مصرف انرژی بالاتر در یک‌سال اول زندگی آن‌هاست (Dabeka *et al.*, 2011). مطالعات زیادی گزارش کرده اند که نوزادان به‌علت عدم تکامل سیستم‌های کلیوی به‌صورت گسترده ای نسبت به تماس با فلزات سنگین آسیب‌پذیرند (Kazi *et al.*, 2009). کادمیم عنصر سمی است و ۲ گرم آن باعث مرگ انسان می‌شود (Fox *et al.*, 2008). ورود کادمیم به بدن باعث کم کاری کلیه‌ها، ضعف حس بویایی، خشکی گلو، سرفه، کاهش تعداد سلول های قرمز خون و تخریب بافت‌های استخوانی و ناهنجاری‌های عضلانی و سرطان‌زایی در ریه می‌شود. سرب در انسان به طور عمده همراه با کلسیم و استرانسیم در استخوان ها تجمع و در بلوغ طبیعی در مغز استخوان دخالت می‌کند. همچنین از سنتز هموگلوبین در سلول ها جلوگیری به‌عمل می‌آورد (Ghazban, 2002). مغز و ریه بافت‌های اصلی آسیب‌پذیر توسط منگنز هستند. طیف وسیعی از غلظت آلومینیوم در کشورهای مختلف و انواع شیر خشک گزارش شده است. میانگین غلظت آلومینیوم در این مطالعه در انواع شیر خشک‌های بدو تولد، ٦ ماه تا یک‌سال و بعد از یک‌سال به‌ترتیب ۱۲٦٦/۹، ۱۱٤٦ و ۱٤۸۳/۹ نانوگرم در هر گرم اندازه‌گیری شده است (Hawkins, *et al.*, 1994).

بررسی منابع انتشار یافته حاکی از آن است که تا کنون تحقیق جامعی در خصوص وجود عناصر سمی در مکمل‌های غذای نوزاد موجود در ایران نشده است. لذا در این پژوهش پنج نمونه تجاری مکمل غذای نوزاد تهیه و عناصر کادمیم، سرب، منگنز، مولیبدن و نیکل موجود در آن‌ها آنالیز و با شاخص جذب روزانه قابل (TDI) تحمل مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

- نمونه‌گیری

پنج مارک از غذاهای نوزاد ساخت ایران (برای نوزادان بالاتر از ٦ ماه) با آمارگیری از میزان فروش آن‌ها، از

www.SID.ir
Archive of SID

داروخانه‌های شهر اهواز خریداری شد. مشخصات غذاهای نوزاد مکمل تجاری استفاده‌شده در این پژوهش در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول (۱)- مشخصات مکمل‌های غذای نوزاد تجاری

کد نمونه	نام محصول	شرکت سازنده
M1	مکمل غذای کودک برنجین با شیر	غنچه
M2	مکمل غذای کودک گندمین با شیر	غنچه
M3	مکمل غذای کودک حریره بادام	غنچه
M4	مکمل غذای گندم و شیر	نستله
M5	مکمل غذای موز و گندم با شیر	نستله

- آنالیز عناصر

یک گرم از هر یک از مکمل‌های تجاری با اسید نیتریک خالص هضم و به حجم ۲۵ سی‌سی رسید. آنالیز عناصر موجود در مکمل‌ها با استفاده از دستگاه Spctro Genesis ساخت کشور آلمان انجام گرفت (جدول ۲). این دستگاه Multi element بوده و قادر است عناصر مورد نظر را در یک مرحله اندازه‌گیری کند. میزان عناصر کادمیم، سرب، منگنز، مولیبدن و نیکل با انجام سه تکرار اندازه‌گیری شد. در نهایت غلظت عناصر مورد مطالعه توسط دستگاه با دقت میلی‌گرم و میکروگرم بر کیلوگرم مکمل مورد استفاده، اندازه‌گیری و گزارش شد.

جدول (۲)- مشخصات مربوط به دستگاه ICP-MS

پارامتر	مقدار
Power	1400 W
Coolant Flow	13 l/min
Auxiliary Flow	0.8 l/min
Nebulizer Fliw	0.8 l/min
Plasma torch	Quartz, Fixed 1.8 mm injector tube
Spray chamber	Cyclonic
Nebulizer	Modified-Lichte
Replicate read time	48 s/replicate

Archive of SID

www.SID.ir

- محاسبه میزان جذب روزانه

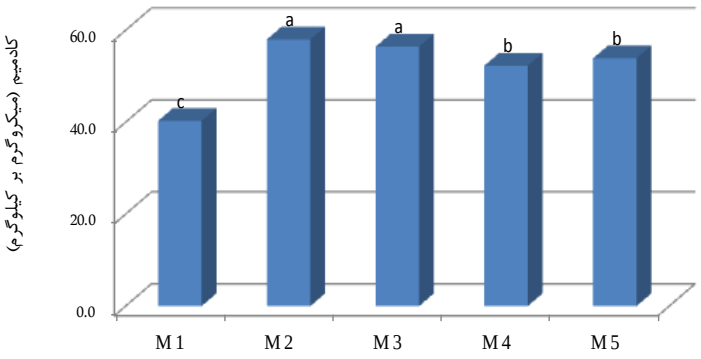
کمیته مشترک متخصصین FAO\WHO در زمینه افزودنی‌های مواد غذایی Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)) با معرفی پارامترهایی مانند جذب روزانه قابل تحمل (Tolerable Daily Intake (TDI) و جذب هفتگی قابل تحمل مشروط (Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI)) و هم‌چنین اندازه‌گیری تخمین روزانه جذب (Estimated Daily Intake (EDI)) سعی در بررسی و ارزیابی خطرات بالقوه و مزمن عناصر سمی نموده است. در اندازه‌گیری تخمینی جذب با در نظر گرفتن وزن متوسط و الگوی تقریبی مصرف یک ماده غذایی می‌تواند جذب (مصرف) یک پارامتر را از طریق آن ماده غذایی محاسبه کرد (Singh *et al.*, 2005). تخمین روزانه جذب (EDI) از طریق ضرب نمودن غلظت عنصر در میزان مصرف روزانه (۵۰ گرم در هر وعده و ۱۰۰ گرم در روز) و تقسیم آن بر وزن بدن نوزاد (وزن میانگین ۸/۵ کیلوگرم) محاسبه گردید.

- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل و نرم‌افزار SAS (۲۰۰۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای رسم نمودارها از برنامه (۲۰۰۷) Excel استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح آماری ۵٪ انجام شد.

یافته‌ها

در نمودار (۱) مقادیر کادمیم در ۵ نمونه غذای نوزاد گزارش شده است. بر اساس این نتایج نمونه شماره M1 (مکمل غذای کودک برنجین با شیر غنچه) کمترین مقدار کادمیم (۴۰/۳ میکروگرم بر کیلوگرم) و نمونه M2 (مکمل غذای کودک گندمین با شیر غنچه) بیش‌ترین مقدار کادمیم (۵۸/۰ میکروگرم بر کیلوگرم) را داشت. در جدول (۳) شاخص تخمین روزانه جذب (EDI) و مقادیر مجاز FAO/WHO و سازمان‌های استاندارد مربوط به عناصر مختلف مورد مطالعه در این پژوهش محاسبه شده است.



نمودار (۱)- مقدار کادمیم موجود در مکمل‌های غذایی مورد مطالعه

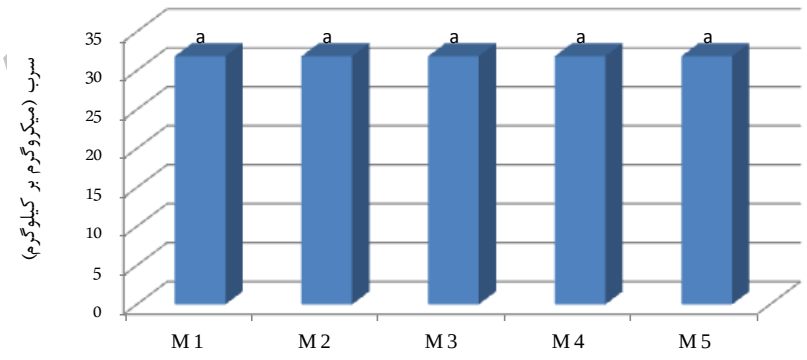
www.SID.ir
Archive of SID

جدول (۳)- میانگین مقادیر تخمین روزانه جذب عناصر موجود در مکمل‌های غذای نوزاد و مقایسه با سطوح مجاز

نوع عنصر	کادمیم	سرب	منگنز	مولیبدن	نیکل
TDI (µg/kg.day.bw)	۱	۳/٦	۷۰	۹	۳۹
PTWI (µg/kg.week.bw	۷	۲۵	۵۰۰	٦۳	۲۷۳
نوع مکمل غذای نوزاد	**EDI (µg/kg.day.bw)**				
M1	۰/٤۷	۰/۳۷	۳۱	٦/۱۰	۷۵/٤۷
M2	۰/٦۸	۰/۳۷	۲۷	٤/۹۲	٦۹/۳۲
M3	۰/٦٦	۰/۳۷	٤۹	۵/۹٦	٦۹/٦٤
M4	۰/٦۲	۰/۳۷	۵۷	۵/۰۸	۵۲/۷۰
M5	۰/٦۳	۰/۳۷	٤۸	۵/۹۱	۷۳/۷۹

- عنصر سرب

در نمودار (۲) مقادیر مربوط به سرب موجود در مکمل غذای کودک نشان داده شده است. این مقادیر در ۵ نمونه برابر بوده و معادل ۳۱/۸۵ میکروگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. غلظت سرب شیر خشک معمولاً بین ۱ تا ۱۰ میکروگرم در کیلوگرم است، هر چند غلظت‌های بالاتر از ۱٤۳ تا ٤۵۰ میکروگرم در کیلوگرم نیز گزارش شده است (Dabeka *et al.*, 2011).

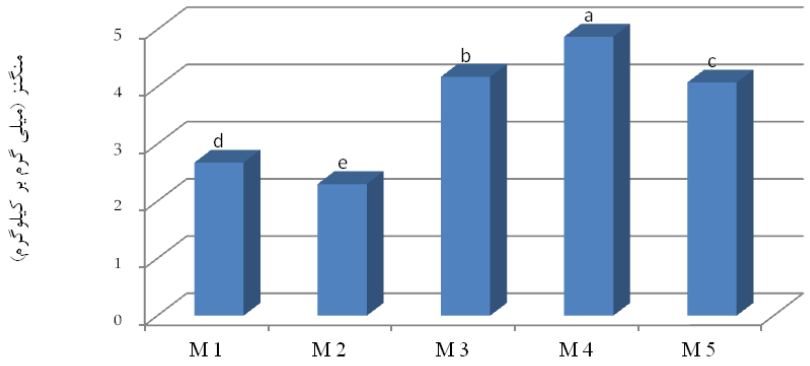


نمودار (۲)- مقدار سرب موجود در مکمل‌های غذایی مورد مطالعه

Archive of SID
www.SID.ir

- عنصر منگنز

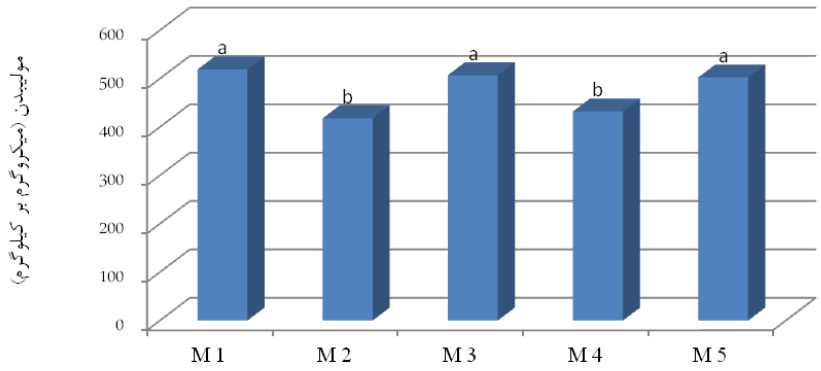
در نمودار (۳) مقادیر منگنز موجود در ۵ نمونه مکمل غذای کودک گزارش شده است. بر این اساس نمونه شماره M2 (مکمل گندمین با شیر غنچه) کمترین مقدار مربوط به منگنز (۲/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشت. نمونه با کد M4 (مکمل غذای گندم و شیر نستله) دارای بیش‌ترین (٤/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود.



نمودار (۳)- مقدار منگنز موجود در مکمل‌های غذایی مورد مطالعه

- عنصر مولیبدن

در نمودار (٤) مقادیر مولیبدن در ۵ نمونه مکمل تجاری غذای نوزاد نشان داده شده است. نمونه M2 (مکمل غذای کودک گندمین با شیر غنچه) کمترین مقدار مربوط به مولیبدن (٤۱۷/۹ میکروگرم بر کیلوگرم) و نمونه M1 (مکمل غذای کودک برنجین با شیر غنچه) بیش‌ترین مقدار مولیبدن (۵۱۸/۸ میکروگرم بر کیلوگرم) را داشت.

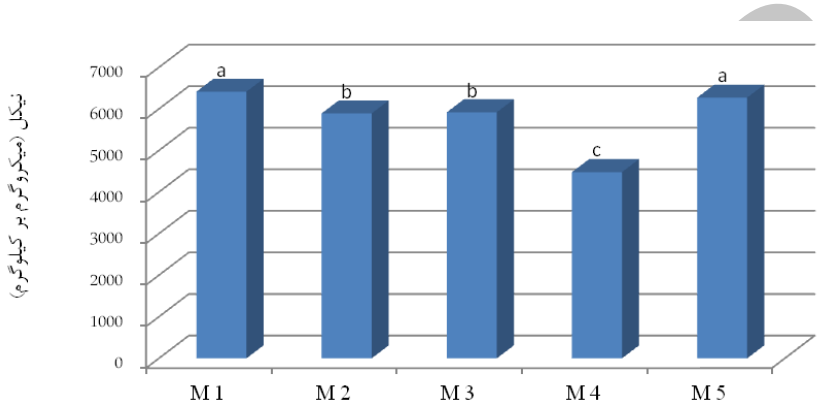


نمودار (٤)- مقدار مولیبدن موجود در مکمل‌های غذایی مورد مطالعه

www.SID.ir

- عنصر نیکل

در نمودار (۵) مقادیر نیکل در ۵ نمونه مکمل غذای کودک گزارش شده است. نمونه M4 (مکمل غذای گندم و شیر نستله) کمترین (٤٤٧٩/١ میکروگرم بر کیلوگرم) و نمونه M1 (مکمل غذای کودک برنجین با شیر غنچه) بیش‌ترین (٦٤١٥/٠ میکروگرم بر کیلوگرم) را نشان داد.



نمودار (۵)- مقدار نیکل موجود در مکمل‌های غذایی مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه پنج نمونه مکمل غذای نوزاد از دو شرکت غنچه و نستله که به‌طور متداول در ایران مصرف می‌شوند، تهیه و عناصر کادمیم، سرب، منگنز، مولیبدن و نیکل موجود در آن‌ها اندازه‌گیری و با مقادیر مجاز اعلام شده توسط مؤسسات استاندارد بین‌المللی مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین شاخص تخمین روزانه جذب برای تمامی نمونه‌ها محاسبه و با شاخص جذب روزانه قابل تحمل مقایسه گردید. همان‌گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود بیش‌ترین مقدار EDI به‌دست آمده (۰/٦٨ µg/kg.day.bw) متعلق به نمونه با کد ۲ (مکمل غذای کودک گندمین با شیر، غنچه) و کمترین EDI (۰/٤٧ µg/kg.day.bw) به نمونه با کد ۱ (مکمل غذای کودک برنجین با شیر غنچه تعلق) داشت.

میانگین مقدار سرب در آب شیرین ۱۲۰-۰/۰٦ میکروگرم بر لیتر با میانگین حدود ۳ و در آب زیر زمینی ۱۰-۱ میکروگرم بر لیتر گزارش شده است (Dabeka *et al.*, 2011). حداکثر مقدار مجاز سرب در مواد غذایی مورد استفاده انسان ۲/۵ ppm و در گوشت ماهی ppm ۰/۳ ذکر شده است. همان‌گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، در تمامی مکمل‌های غذای کودک مقدار EDI برای سرب یکسان بوده و برابر با ۰/۳۷ µg/kg.day.bw بود. نیاز روزانه بدن به منگنز در حدود ۲ تا ۵ میلی‌گرم است و در کنار کمک به افزایش رشد و تکامل دستگاه

Archive
www.SID.ir

اسکلت بدن، یکی از عوامل مؤثر در سوخت و ساز مفید چربی‌ها در بدن است. افزایش بیش از حد منگنز در رژیم غذایی موجب ابتلا به آلزایمر و پارکینسون (Atabey, 2005؛ Ghazban, 2002) می‌شود. بیش‌ترین مقدار EDI مربوط به عنصر سرب با مقدار ۰/۰۵۷ mg/kg.day.bw متعلق به نمونه غذای نوزاد با کد ٤ (مکمل غذای گندم و شیر) و ساخت شرکت نستله و کمترین EDI با مقدار ۰/۰۲۷ mg/kg.day.bw به نمونه غذای نوزاد با کد ۲ (مکمل غذای کودک گندمین با شیر) و ساخت شرکت غنچه تعلق داشت. بیش‌ترین مقدار EDI به‌دست آمده برای عنصر مولیبدن با مقدار ٦/۱۰ µg/kg.day.bw متعلق به نمونه غذای با کد ۱ (مکمل غذای کودک برنجین با شیر غنچه) می‌باشد و کمترین EDI با مقدار ٤/۹۲ µg/kg.day.bw به نمونه غذای با کد ۲ (مکمل غذای کودک گندمین با شیر غنچه) تعلق داشت. بیشترین مقدار EDI به‌دست آمده (۷۵/٤۷ µg/kg.day.bw) متعلق به نمونه غذای نوزاد با کد ۱ (مکمل غذای کودک برنجین با شیر غنچه) و کمترین EDI (۵۲/٤۷ µg/kg.day.bw) به نمونه غذای نوزاد با کد ٤ (مکمل غذای گندم و شیر نستله) تعلق داشت (جدول ۳). در تمامی مکمل‌های غذایی، مقدار نیکل اندازه‌گیری شده از مقدار جذب روزانه قابل تحمل تعریف شده بیشتر می‌باشد. در مطالعه‌ای میزان عناصر ضروری و ناچیز (کلسیم، مس، منیزیم، آهن، روی، پتاسیم، سدیم و سلنیم) در غذاهای مکمل کودک در انگلستان با استفاده از ICP/MS و ICP/OES اندازه‌گیری کردند. نتیجه تحقیق نشان داد که میزان تمامی این عناصر کمتر از میزان جذب توصیه‌شده مواد مغذی RNI بود (Zand *et al.*, 2011). نتایج حاکی از این بود که مقدار شاخص تخمین روزانه جذب برای عناصر کادمیم، سرب، منگنز و مولیبدن موجود در مکمل‌ها از مقدار جذب روزانه قابل تحمل تعریف شده کمتر می‌باشد. در تمامی مکمل‌های غذایی، مقدار نیکل اندازه‌گیری شده (۷۵–۵۲ µg/kg.day.bw) از مقدار استاندارد مجاز تعریف شده (۳۹ µg/kg.day.bw) بیشتر بود.

منابع

- Al Khalifa, A. and Ahmad, D. (2010). Determination of key elements by ICP-OES in commercially available infant formulae and baby foods in Saudi Arabia. Australian Journal of French Studies, 4 (7): 464–468.
- Atabey, E. (2005). Medical geology, Tmmob geology muhendisler odasi publisher, Anakara, page 194.
- Caballero, B. (2012). Encyclopedia of human nutrition. In: Allen, L.H. and Prentice, A. (Eds.). Academic Press, pp. 14–21.
- Castro, C.S.P.D., Arruda, A.F., Cunha, L.R.D., DeSouza, J.R., Braga, J.W.B. and 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.

www.SID.ir
Archive of SID

- Dabeka, R., Fouquet, A., Belisle, S. and Turcotte, S. (2011). Lead, cadmium and aluminum in Canadian infant formulae, oral electrolytes and glucose solutions. Food Additives & Contaminants, 28(6): 744–53.
- Fox, L.J., Struik, P.C., Appleton, B.L. and Rule, J.H. (2008). Nitrogen phytoremediation by Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), Water, Air & Soil Pollution, 194: 199–207.
- Ghazban, F. (2002). Environmental Geology, First Edition, Tehran University Press [In Persian].
- Hajalilou, B. and Vosough, B. (2010). Medical Geology, Payam Noor University Press, Tehran. p. 255 [In Persian].
- Hawkins, N.M., Coffey, S., Lawson, M.S. and Delves, H.T. (1994). Potential aluminium toxicity in infants fed special infant formula. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition, 19(4): 377.
- Ikem, A., Nwankwoala, A., Odueyungbo, S., Nyavor, K. and Egiebor, N. (2002). Levels of 26 elements in infant formula from USA, UK, and Nigeria by microwave digestion and ICP-OES. Food Chemistry, 77 (4): 439–447.
- Kazi, T.G. and Jalbani, N. (2009). Determination of toxic elements in infant formula by using electrothermal atomic absorption spectrometer. Food and Chemistry and Toxicology, 47: 1425–1429.
- Ljung, K. and Palm, B. (2011). High concentration of essential and toxic elements in infant formula and infant foods. Food Chemistry, 127: 943–951.
- Mania, M., Wojciechowska-Mazurek, M., Starska, K., Rebeniak, M., Szynal, T., Strzelecka, A. *et al*. (2015). Toxic elements in commercial infant food, estimated dietary intake, and risk assessment in Poland. Polish Journal of Environmental Studies, 24(6): 2525–2536.
- Odhiambo, V.O., Wanjau, R., and Odundo, J.O. (2015). Toxic trace elements in different brands of milk infant formulae in Nairobi market, Kenya. African Journal of Food Science, 9(8): 437–440.
- Singh, H. (2005). Mycoremediation. A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 283–285.
- Zand, N.and Babur, Z.C. (2011). Essential and trace elements content of commercial infant foods in UK. Food Chemistry, 128: 123–128.

Archive of SID

www.SID.ir

Short communication

Measurement of toxic elements in infant food supplements marketed in Iran

Mehrnia, M.A.[1], Bashti, A.[2], Salehi, F.[3]*

1. Assistant Professor of Department of Food Science and Technology, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
2. Assistant Professor of Department of Chemistry, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
3. Assistant Professor of Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

*Corresponding author email: F.Salehi@Basu.ac.ir

(Received: 2015/11/21 Accepted: 2016/2/7)

Abstract

Due to similarities with breast-feeding, baby food is used as a partial replacement for babies between 6 to 12 months of age. In this study, five samples of famous infant food supplement consisting of three types from Ghoncheh company (rice with milk, wheat with milk, almond porridge) and two types from Nestle company (wheat and milk, and banana and wheat with milk) were prepared. Samples were digested with nitric acid and the concentrations of cadmium, lead, manganese, molybdenum and nickel were analyzed. In addition, the estimated daily intake (EDI) index for all samples was calculated and compared with tolerable daily intake (TDI) index. The minimum and maximum concentration of cadmium was found in the sample with rice + milk formula (40.3 µg/kg) and infant food supplements containing wheat + milk (58.0 µgr/kg), respectively. The amount of cadmium, lead, manganese, molybdenum and nickel were estimated in the range of 40.3-58.0 ppb, 31.85 ppb, 2.3-4.9 ppm, 417.9-518.8 ppb and 4479.1-6415.0 ppb, respectively. In was concluded that the amount of toxic elements in infant foods marketed in Iran were found below the maximum limit.

Keywords: Heavy metals, Infant Food, Lead, Nickel, Tolerable daily intake

Archive of SID

www.SID.ir