

Originalni naučni rad

PROCJENA RIZIKA PO ZDRAVLJE DJECE OD TEŠKIH METALA U HRANI NAMIJENJENOJ ZA DOJENČAD I MALU DJECU

Nikolina Malinović¹, Milka Stijepić¹, Mira Obradović¹, Nenad Stojanović²,
Sanja Čurguz³

¹JU Visoka medicinska škola Prijedor, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,

²Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,

³JZU Institut za javno zdravstvo Republike Srpske, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Sažetak: Osim majčinog mlijeka, formule za dojenčad i malu djecu imaju važnu ulogu u ishrani jer su oni glavni izvor nutrijenata. Dojenčad su djeca mlađa od 12 mjeseci, dok mala djeca su u dobi od jedne do tri godine. Industrija dječije hrane danas nudi širok raspon proizvoda koji pokušavaju zadovoljiti promjenljive potrebe novorođenčadi i male djece u ranoj fazi života, a globalna briga jeste kontaminacija lanka ishrane kao velike prijetnje ljudskom zdravlju i djeci kao grupi naše populacije koja je podložnija bolestima i toksinima. Na primjer, industrijalizacija, urbanizacija i upotreba agrohemikalija su među glavnim uzrocima kontaminacije teškim metalima u lancu ishrane. Zbog toga cilj ovog rada je da se utvrde količine teških metala i potencijalnih zdravstvenih rizika povezanih sa teškim metalima u određenim kategorijama hrane za dojenčad i malu djecu, uključujući: instant pahuljice na bazi žita, formule za dojenčad od 0-6 mjeseci, formule za dojenčad od 6-12 mjeseci, formule za malu djecu od 1-2 godine, formule za malu djecu od 2-3 godine, voćne sokove i voćne kašice, uz napomenu da se potencijalni rizici vjerovatno razlikuju u zavisnosti od vrste hrane i prisustva kontaminanata u njoj. Količine teških metala analizirane su u Institutu za javno zdravstvo Republike Srpske pomoću atomske apsorpcione spektrofotometrije prema evropskim standardima EN 14082 i BAS EN 14546, a zatim je izvršena procjena rizika po zdravlje korištenjem EPA metodologije (United States Environmental Protection Agency). Izračunati su: procijenjeni dnevni unos (EDI), ciljni koeficijent opasnosti (THQ), rizik od raka (CR) i relativni rizik (RR). Ukupno je analizirano 357 uzoraka. Nakon utvrđene koncentracije teških metala (olovo, kadmijum, arsen), dobijeni rezultati su upoređeni sa maksimalno dozvoljenim vrijednostima (MDK) prema Pravilniku o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani (Službeni glasnik BiH, br. 68/14). Rezultati su pokazali da su dobijene vrijednosti manje u odnosu na MDK-a. Statistička obrada podataka vršena je u Microsoft Excel-u.

Cljučne riječi: dojenčad, djeca, hrana, teški metali, procjena rizika

Uvod

Majčino mlijeko je bez sumnje idealna hrana za dojenčad zbog svojih specifičnih nutritivnih karakteristika i optimalne ravnoteže nutrijenata i pokazuje brojne imunološke i psihološke prednosti u smanjenju morbiditeta i smrtnosti dojenčadi (Almeida i sar., 2022). Iako je majčino mlijeko osnovna hrana za dojenčad prvih šest mjeseci života, hrana za bebe je tražena zbog nekoliko razloga kao što su nedostatak majčinog mlijeka, zahtjevi za poslom, zahtjevi urbanih životnih okolnosti, društveni problemi uz dojenje u javnosti i potrebu za zdravim rastom bebe (Parkar i Rakesh, 2018). U dobi malog djeteta (1. do 3. godina života), dijete u odnosu na dob dojenčadi, usporava rast u visinu i napredak na tjelesnoj masi, te se izgledom izdužuje. U prosjeku tokom druge godine normalno dobije 2–3 kg, a naraste oko 12 cm, što je dvostruko manje naspram prve godine života. Najveći dio energije crpi se iz ugljenih hidrata, dok se udio masti smanjuje u odnosu na dojenčad. Potreba za vitaminima i mineralima je veća u odnosu na mlađu dob, izuzetak je vitamin D. U to je vrijeme uzimanje hrane normalno već raspoređeno u 3 glavna obroka i 2 međuobroka, a težište je sa mliječne prehrane preneseno na nemliječnu, iako mlijeko i dalje ostaje važna namirnica u dnevnom jelovniku. Takođe većina namirnica već je uvedena u jelovnik djeteta koji je zbog toga raznovrstan (Okugić i sar., 2017). Pravilna ishrana je u svakoj životnoj dobi važna, osim direktnog efekta na rast, kognitivni i fizički razvoj, te ispunjenje genetskog potencijala, naučno je dokazano da ishrana već u ranom djetinjstvu može uticati na pojavu određenih patoloških promjena i hroničnih bolesti. Djetinjstvo je i vrijeme kada se formiraju prehrambene navike koje će pojedinac nositi kroz cijeli život (Okugić i sar., 2017). Djeca su grupa populacije koja je podložnija bolestima, pa zbog toga proizvođači dječije hrane moraju biti posebno oprezni s obzirom na kvalitet svojih sirovina te preradu i parametre kvaliteta. Osim zabrinutosti za bezbjednost hrane, dječja hrana mora biti hranljiva i vođena je zakonima i propisima u svim zemljama. Proizvođači dječije hrane moraju se upoznati sa svim propisima i zahtjevima proizvoda koje žele proizvoditi. Bezbjednost hrane je među najvećim globalnim brigama za održivi razvoj, a posljednjih decenija, štetni efekti neočekivanih zagađivača ugrozili su bezbjednost hrane i zdravlje ljudi. Prednost formula za dojenčad i kašica za bebe jeste da služe kao glavni izvor hrane za dojenčad kada je dojenje iz brojnih razloga onemogućeno, međutim prisustvo kontaminanata u njima, kao što su teški elementi u hrani za bebe i malu djecu, može predstavljati opasnost po zdravlje djece (Kazi i sar., 2010; Ljung i sar., 2011; Pandelova i sar., 2012). Teški metali i metaloidi (npr. živa-Hg, arsen-As, olovo-Pb, kadmijum-Cd i hrom-Cr) mogu poremetiti ljudsku metabolomiku, doprinoseći morbiditetu, pa čak i smrtnosti (Rai i sar., 2019). Teški metali se u okolinu ispuštaju iz antropogenih i prirodnih izvora i mogu ostati u okolini godinama, predstavljajući dugoročne rizike za život, mogu uzrokovati onečišćenje na nivou zajednice, uključujući prenos teških metala iz zemljišta u biljke, mikrobe, beskičmenjake i na male i velike sisare (uključujući ljude). Neki metali kao što su Cd i Pb smrtonosni su u različitim slučajevima (Gall i sar., 2015) i uvršteni su u top 20 opasnih supstanci od strane „Agencije za zaštitu okoline Sjedinjenih Država“ (USEPA) i „Agencija za registre toksičnih supstanci i bolesti (ATSDR)“ (Rai, 2018). Zbog toga cilj ovog rada jeste da se utvrde količine teških metala i da se odrede potencijalni zdravstveni rizici

povezanih sa teškim metalima u određenim kategorijama hrane za dojenčad i malu djecu.

Materijal i metode

Materijal

Ispitivana je sljedeća dječija hrana, dostavljena iz uvoza ili iz domaće proizvodnje:

- instant pahuljice na bazi žita-(51 uzorak)
- formule za dojenčad od 0-6 mjeseci-(51 uzorak)
- formule za dojenčad od 6-12 mjeseci-(51 uzorak)
- formule za malu djecu od 1-2 godine-(51 uzorak)
- formule za malu djecu od 2-3 godine-(51 uzorak)
- dječiji voćni sokovi-(51 uzorak)
- voćne kašice od više vrsta voća-(51 uzorak)

Postupak pripreme uzoraka

U zagrijanu peć (početna temperatura od 100°C) je stavljeno oko 20 g uzoraka, a temperatura se podešavala do 450°C, pri maksimalnoj brzini sa 50°C /h. Nakon što su uzorci odstajali preko noći, izvađeni su iz peći, a nastali pepeo je pokvašen sa 3 ml destilovane vode i zatim je zagrijavan u vodenom kupatilu. Prethodna procedura se ponavljala sve dok nije postignuta konstantna masa (broj neophodnih ponavljanja varirao je u zavisnosti od tipa uzorka). Hlorovodonična kiselina (HCl) je dodata u količini od 6 ml, tako da je sav pepeo došao u kontakt sa kiselinom i uzorci su se uparavali na vodenom kupatilu. Ostatak se rastvorio u 30 ml azotne kiseline i nakon dva sata mirovanja, uzorci su preneseni u odmjernu tikvicu.

Priprema uzoraka za određivanje arsena vršena je pomoću smjese rastvora magnezijum nitrata, heksahidrata i magnezijum oksida koja je dodata u 1 g uzorka, zajedno sa azotnom kiselinom. Uzorci su stavljeni u peć, te se temperatura povećavala do 450°C. pri maksimalnoj brzini sa 50°C/h. Uzorci su stajali 12 h, a postupak se ponavljao sve dok uzorak u potpunosti ne sagori. Na kraju je dodato 5 ml HCl, 5 ml kombinovanog rastvora (5 g kalijum jodida i 5 g askorbinske kiseline u 100 ml). Nakon dva sata uzorku je dodata razblažena HCl.

Metode

Analizirane su količine teških metala u dječijoj hrani atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom u Institutu za javno zdravstvo Republike Srpske. Određivanje olova i kadmijuma je izvršeno metodom koja se koristi za određivanje teških metala i minerala u hrani (EN 14082:2003). Ovim evropskim standardom utvrđuje se metoda za određivanje olova, kadmijuma, cinka, bakra, gvožđa i hroma u prehrambenim proizvodima atomskom apsorpcionom spektrometrijom (AAS) poslije suvog spaljivanja na 450°C. Određivanje ukupnog arsena izvršeno je atomskom apsorpcionom spektrometrijom-hidridna tehnika (HGAAS) poslije suvog spaljivanja (EN 14546:2005).

Procjena rizika po zdravlje dojenčadi i male djece

Procijenjeni dnevni unos (Estimated daily intake-EDI) teških metala putem ingestije je izračunat pomoću sljedeće formule (Durodola, 2019):

$$EDI = \frac{C \cdot IR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT}, \text{ gdje je:}$$

C-koncentracija teških metala u hrani za dojenčad i malu djecu (mg/kg);

IR-dnevna prosječna stopa unosa (kg/osobe), prikazana u Tabeli 1;

EF-učestalost izloženosti;

ED-trajanje ekspozicije;

BW-tjelesna masa (kg), prikazana u Tabeli 1;

AT-prosječno vrijeme izlaganja nekancerogenim supstancama (365 dana/godini* broj godina izloženosti-ED).

Tabela 1. Prikaz dnevne stope unosa-IR i tjelesne mase djece-BW

Table 1. Presentation of daily intake rate-IR and body weight of children-BW

IR-dnevna unosa (kg/danu)	prosječna stopa	BW-tjelesna masa djeteta u kg	Reference:
1.instant kg/dan	pahuljice -0,044	11,4 kg	EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 14, total food intake (2011) and chapter 8, Body weight studies-(2011)
2.formule za dojenčad od 0-6 mjeseci-0,0051 kg/danu		7,4 kg	EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 11, Intake of meats, dairy products and fats (2018) and chapter 8, Body weight studies-(2011)
3.formule za dojenčad od 6-12 mjeseci-0,0161 kg/danu		9,2 kg	EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 11, Intake of meats, dairy products and fats (2018) and chapter 8, Body weight studies-(2011)
4.formule za malu djecu od 1 do 2 godine-0,0488 kg/danu		11,4 kg	EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 11, Intake of meats, dairy products and fats (2018) and chapter 8, Body weight studies-(2011)
5.formule za malu djecu od 2 do 3 godine-0,0361 kg/danu		13,8 kg	EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 11,

6.dječiji voćni sokovi-0,042 kg/danu	9,2 kg	Intake of meats, dairy products and fats (2018) and chapter 8, Body weight studies-(2011) EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 9, intake of fruits and vegetables (2018) and chapter 8, Body weight studies-(2011)
7.voćne kašice-0,024 kg/danu	13,8 kg	EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 9, intake of fruits and vegetables (2018) and chapter 8, Body weight studies-(2011)

Ciljani koeficijent opasnosti (Target Hazard Quotient-THQ) - predstavlja odnos procijenjenog dnevnog unosa (EDI) i referentne doze (RFD). Rizik je od nekancerogenih efekata i izračunat je pomoću sljedeće formule (Durodola, 2019):

$$THQ = \frac{EDI}{RFD}, \text{ gdje su parametri prethodno definisani.}$$

Ako je THQ manji od 1, nivo ekspozicije je manji od RfD. Ovo ukazuje da je mala vjerovatnoća da će dnevna izloženost na ovom nivou uzrokovati štetne efekte tokom života osobe i obrnuto.

Totalni THQ (Total target hazard quotient-TTHQ) izračunat je kao zbir vrijednosti THQ pojedinačnih metala za svaku vrstu hrane (Durodola, 2019):

$$\text{Total THQ (TTHQ)} = THQ (Pb) + THQ (Cd) + THQ (As)$$

Rizik od raka se procjenjuje kao vjerovatnoća pojedinca da razvije rak tokom života kao rezultat izlaganju potencijalnom karcinogenu i izračunat je prema sljedećoj formuli (U.S. EPA -United States Environmental Protection Agency, 1989):

$$CR = EDI * CFS, \text{ gdje je:}$$

EDI-procijenjeni dnevni unos (mg/kg/danu);

CFS (Cancer slope factor)- faktor nagiba raka (mg/kg/dan).

Na kraju je definisan relativni rizik (RR) za kancerogene i nekancerogene efekte što može biti od pomoći za prepoznavanje najštetnijih kontaminanata. Formula je sljedeća (Durodola, 2019):

$$RR = \frac{C}{RfD}, \text{ gdje su parametri prethodno definisani.}$$

2.3.Statistička analiza - Statistička obrada podataka vršena je u Microsoft Excel-u. Kako bi se izračunala procjena rizika izloženosti za As, Cd, Hg i Pb u svakoj vrsti hrane, urađena je zbirna statistika (srednja vrijednost, medijan i maksimalna vrijednost).

REZULTATI I DISKUSIJA

Tabela 2. Prikaz identifikovanih metala u različitim vrstama hrane za djecu
Table 2. Presentation of identified metals in different types of food for children

TEŠKI METALI	VRSTA HRANE													
	Instant pahuljice na bazi žita		Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci		Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci		Formule za malu djecu od 1-2 godine		Formule za malu djecu od 2-3 godine		Dječiji voćni sokovi		Voćne kašice	
	C (mg/kg)	MDK (mg/kg)	C (mg/kg)	MDK (mg/kg)	C (mg/kg)	MDK (mg/kg)	C (mg/kg)	MDK (mg/kg)	C (mg/kg)	MDK (mg/kg)	C (mg/kg)	MDK (mg/kg)	C (mg/kg)	MDK (mg/kg)
Pb	0,05	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1
Cd	0,05	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,05	0,05	0,05
As	0,02	0,5	0,02	0,1	0,02	0,1	0,02	0,1	0,02	0,1	0,02	0,1	0,02	0,1

C-koncentracija teških metala u hrani

MDK-Maksimalno dozvoljene količine za određene kontaminante u hrani (Sl. Glasnik BiH, br 68/14., Vijeće ministara Bosne i Hercegovine, 2014)

“-“ koncentracija Cd nije detektovana

Prikazani rezultati u Tabeli 2 pokazuju da su tri teška metala (Pb, Cd, As) otkrivena u instant pahuljicama na bazi žita, u dječijim voćnim sokovima i voćnim kašicama, dok prisustvo dva metala (Pb i As) je otkriveno u formulama za dojenčad od 0 do 6 mjeseci, formulama za dojenčad od 6 do 12 mjeseci, formulama za malu djecu od 1 do 2 godine i formulama za malu djecu od 2 do 3 godine. Dobijene vrijednosti su upoređene sa maksimalno dozvoljenim vrijednostima prema Pravilniku o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani (Službeni glasnik BIH, br. 68/14., Vijeće ministara Bosne i Hercegovine, 2014) i utvrđeno je da su manje u odnosu na vrijednosti MDK-a.

Za potrebe ovog istraživanja i izračunavanja procijenjenog dnevnog unosa (EDI), uzete su sljedeće vrijednosti za EF u analiziranim uzorcima: u instant pahuljicama od 480 do 640 dana, u formulama za dojenčad od 0-6 i od 6-12 mjeseci od 94 do 126 dana, u formulama za malu djecu od 1-2 godine od 350 do 510 dana, u formulama za malu djecu od 2 do 3 godine od 630 do 790 dana, u dječijim voćnim sokovima od 297 do 361 dan, u voćnim kašicama od 635 do 795). Vrijednosti za ED u analiziranim uzorcima se kreću: u instant pahuljicama (2 godine), formulama za dojenčad od 0-6 (6 mjeseci), formulama za dojenčad od 6-12 mjeseci (7,5 mjeseci), formulama za malu djecu od 1-2 godine (1 godina), formulama za malu djecu od 2-3 godine (2,5 godine), u dječijim voćnim sokovima (1 godina) i u voćnim kašicama (3 godine).

Tabela 3. Procijenjeni dnevni unos za svaku vrstu hrane, izračunat pomoću srednje vrijednosti, medijane i maksimalne vrijednosti metala
Table 3. Estimated daily intake for each type of food, calculated using the mean, median and maximum value of metal

TEŠKI METALI	EDI - Procijenjeni dnevni unos (mg/kg bw/dan)					TDI (vrijednost za odrasle osobe)
	Vrsta hrane	Srednja vrijednost	Medijan	Max. vrijednost		
Pb	Instant pahuljice na bazi žita	0,0002965	0,0002961	0,0003793		< 3,57 µg/kg bw/dan
	Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	0,0000045	0,0000045	0,0000058		
	Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	0,0000105	0,0000104	0,0000132		
	Formule za malu djecu od 1-2 godine	0,0001010	0,0001009	0,0001221		
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	0,0001045	0,0001032	0,0001396		
	Dječiji voćni sokovi	0,0002111	0,0002082	0,0002895		
	Voćne kašice	0,0001746	0,0001727	0,0002394		
	Instant pahuljice na bazi žita	0,0002965	0,0002961	0,0003793		
	Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	-	-	-		
	Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	-	-	-		
Cd	Formule za malu djecu od 1-2 godine	-	-	-		< 2,5 µg/kg bw/dan
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	-	-	-		
	Dječiji voćni sokovi	0,0002111	0,0002082	0,0002895		
	Voćne kašice	0,0001746	0,0001727	0,0002394		

As	Instant pahuljice na bazi žita	0,0001186	0,0001184	0,0001517	< 2,1 µg/kg bw/dan
	Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	0,0000045	0,0000045	0,0000058	
	Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	0,0000105	0,0000104	0,0000132	
	Formule za malu djecu od 1-2 godine	0,0001010	0,0001009	0,0001221	
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	0,0001045	0,0001032	0,0001396	
	Dječiji voćni sokovi	0,0000845	0,0000833	0,0001158	
	Voćne kašice	0,0000698	0,0000691	0,0000958	

Tolerantni ili podnošljivi dnevni unos (TDI), izračunat je dijeljenjem podnošljivog nedjeljnog unosa (PTWI) sa 7 dana sedmično (Sipahi i sar., 2014). Zbog činjenice da mala djeca imaju tendenciju da jedu različite vrste hrane i imaju drugačije kilograme tjelesne težine u odnosu na odrasle osobe, vrijednosti podnošljivog dnevnog unosa-Tolerable Daily Intake (TDI) nisu direktno primjenljive na djecu mlađu od tri godine koji su posebno ranjivi na neurotoksične efekte hemijskih opasnosti. Zbog toga EDI vrijednosti date u Tabeli 3 upoređene su sa TDI vrijednostima koje se odnose na odrasle osobe zbog oskudice podataka o potrošnji hrane specifičnih za djecu (WHO, 2007). Najveća maksimalna vrijednost olova zapažena je u instant pahuljicama na bazi žita i iznosi 0,0003793 mg, a ovaj rezultat ukazuje na nižu vrijednost od TDI koji kod odraslih osoba iznosi < 3,57 µg/kg bw/dan, odnosno 0,0357 mg. Za kadmijum, TDI kod odraslih osoba iznosi < 2,5 µg/kg bw/dan ili 0,0025 mg, dok njegova najveća maksimalna vrijednost je zabilježena takođe u instant pahuljicama na bazi žita i iznosi 0,0003793 mg što je niža vrijednost u odnosu na vrijednost podnošljivog dnevnog unosa. Maksimalna vrijednost arsena je zabilježena u instant pahuljicama na bazi žita 0,0001517 mg i ova vrijednost je niža od TDI koji za arsen kod odraslih osoba iznosi < 2,1 µg/kg bw/dan ili 0,0021 mg. Sve dobijene vrijednosti u ispitanim uzorcima dječije hrane ukazuju na to da ne postoji zdravstveni rizik po zdravlje djece povezan sa unosom posmatranih teških metala.

Tabela 4. Totalni hazardni indeks
Table 4. Target hazard quotient (THQ)

TEŠKI METALI	Vrsta hrane	THQ		
		Srednja vrijednost	Medijan	Max. vrijednost
Pb	Instant pahuljice na bazi žita	0,0823518	0,0822452	0,1053478
	Formule za dojenčad od 0- 6 mjeseci	0,0012609	0,0012588	0,0016060
	Formule za dojenčad od 6- 12 mjeseci	0,0029269	0,0028767	0,0036758
	Formule za malu djecu od 1-2 godine	0,0280640	0,0280168	0,0339091
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	0,0290398	0,0286679	0,0387859
	Dječiji voćni sokovi	0,0586517	0,0578469	0,0804050
	Voćne kašice	0,0485028	0,0479783	0,0664982
	Instant pahuljice na bazi žita	0,5929329	0,5921653	0,7585039
	Formule za dojenčad od 0- 6 mjeseci	-	-	-
	Formule za dojenčad od 6- 12 mjeseci	-	-	-
Cd	Formule za malu djecu od 1-2 godine	-	-	-
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	-	-	-
	Dječiji voćni sokovi	0,4222922	0,4164979	0,5789160
	Voćne kašice	0,3492200	0,3454437	0,4787871
	Instant pahuljice na bazi žita	0,3952886	0,3947769	0,5056693
	Formule za dojenčad od 0- 6 mjeseci	0,0151302	0,0151055	0,0192726
	Formule za dojenčad od 6- 12 mjeseci	0,0351233	0,0345205	0,0441096
As				

Formule za malu djecu od 1-2 godine	0,3367690	0,3362010	0,4069090
Formule za malu djecu od 2-3 godine	0,3484776	0,3440143	0,4654311
Dječiji voćni sokovi	0,2815281	0,2776653	0,3859440
Voćne kašice	0,2328133	0,2302958	0,3191914

Ako je THQ manji od 1, nivo ekspozicije je manji od referentne doze za oralne unose (RFD). Ovo ukazuje da je mala vjerovatnoća da će dnevna izloženost na ovom nivou uzrokovati štetne efekte tokom života osobe, i obrnuto (Durodola, 2019). Referentna doza za Pb iznosi 3,60E-03, za Cd 5,00E-04 i za As 3,00E-04 (Kamunda 2016). Iz Tabele 4 vidi se da su vrijednosti THQ za pojedinačne metale niže od 1, što aplicira da ne postoji rizik od konzumiranja dječije hrane. Međutim, zbirom pojedinčanih THQ vrijednosti metala, odnosno izračunavanjem ukupnog totalnog hazardnog indeksa (TTHQ) uočavaju se blago povišene vrijednosti iznad 1, što je prikazano u Tabeli 5.

Tabela 5. Ukupni totalni hazardni indeks
Table 5. Total target hazard quotient (TTHQ)

Vrsta hrane	TTHQ		
	Srednja vrijednost	Medijan	Max. vrijednost
Instant pahuljice na bazi žita	1,0705733	1,0691874	1,3695210
Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	0,0163911	0,0163643	0,0208786
Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	0,0380502	0,0373972	0,0477854
Formule za malu djecu od 1-2 godine	0,3648330	0,3642178	0,4408181
Formule za malu djecu od 2-3 godine	0,3775174	0,3726822	0,5042170
Dječiji voćni sokovi	0,7624720	0,7520101	1,0452650
Voćne kašice	0,6305361	0,6237178	0,8644767

Na osnovu srednje vrijednosti (1,0705733), medijane (1,0691874) i maksimalne vrijednosti (1,3695210) u instant pahuljicama na bazi žita i na osnovu maksimalne vrijednosti u dječijim voćnim sokovima (1,0452650) uočava se da su vrijednosti TTHQ indeksa >1 što je u skladu sa nekim ranijim istraživanjima (Parker, 2022). Ipak, konzumiranjem dječije hrane (formula za dojenčad od 0-6 mjeseci,

formula za dojenčad od 6-12 mjeseci, formula za malu djecu od 1-2 godine, formula za malu djecu od 2-3 godine, voćnih kašica) nije rezultiralo povećanim rizikom čak ni pri maksimalnim koncentracijama, što je u skladu sa ranijim istraživanjima (Parker, 2022).

Tabela 6. Kancerogeni rizik

Table 6. Carcinogenic risk

TEŠKI METALI	CR - Kancerogeni rizik			
	Vrsta hrane	Srednja vrijednost	Medijan	Max. vrijednost
Pb	Instant pahuljice na bazi žita	2,50E-06	2,50E-06	3,20E-06
	Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	3,90E-08	3,90E-08	4,90E-08
	Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	1,00E-07	1,00E-07	1,00E-07
	Formule za malu djecu od 1-2 godine	9,00E-07	9,00E-07	1,00E-06
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	9,00E-07	9,00E-07	1,20E-06
	Dječiji voćni sokovi	1,80E-06	1,80E-06	2,50E-06
	Voćne kašice	1,50E-06	1,50E-06	2,00E-06
	Instant pahuljice na bazi žita	1,78E-04	1,78E-04	2,28E-04
	Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	6,80E-06	6,80E-06	8,70E-06
	Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	1,58E-05	1,55E-05	1,98E-05
As	Formule za malu djecu od 1-2 godine	1,52E-05	1,51E-05	1,83E-05
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	1,57E-05	1,55E-05	2,09E-05
	Dječiji voćni sokovi	1,27E-04	1,25E-04	1,74E-04
	Voćne kašice	1,05E-04	1,04E-04	3,14E-04

Rizik od raka, izračunat je za olovo i arsen, dok je kadmijum izostavljen usljed nedostatka CSF (Cancer slope factor)-faktor nagiba raka. Vrijednost CSF-a za olovo iznosi $8,50E-03$, dok je za arsen $1,50E+00$ (Kamunda i sar., 2016). Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih američkih država (The US Environmental Protection Agency) definisala je da su vrijednosti CR do 10^{-5} prihvatljive, dok vrijednosti iznad ($>10^{-5}$) nisu prihvatljive. Rizici od raka od konzumiranja Pb u svim kategorijama hrane bili su znatno ispod praga od 10^{-5} , u rasponu od $3,90E^{-08}$ do $2,50E^{-06}$ što pokazuje da ne postoji kancerogeni rizik, što je u skladu i sa ranijim istraživanjima (Durodola, 2019). As u instant pahuljicama na bazi žita, znatno više prelazi vrijednosti od 10^{-5} , u sva tri parametra: srednja vrijednost= $1,78E-04$; medijan= $1,78E-04$ i maksimalna vrijednost= $2,28E-04$, što je u skladu sa nekim ranijim istraživanjima (Gu, 2020; Upadhyay, 2019, Parker 2022). Izračunate vrijednosti CR-a za As i u ostalim vrstama hrane (formulama za dojenčad od 6-12 mjeseci, formulama za malu djecu od 1-2 godine, formulama za malu djecu od 2-3 godine, u dječijim voćnim sokovima i voćnim kašicama takođe pokazuju više vrijednosti (izuzetak čine formule za dojenčad od 0-6 mjeseci) i rezultat su povećanog rizika od raka.

Tabela 7. Relativni rizik

Table 7. Relative risk

TEŠKI METALI	Vrsta hrane	RR		
		C	RfD	RR (%)
Pb	Instant pahuljice na bazi žita	0,05	$3,60E-03$	13,88889
	Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	0,02	$3,60E-03$	5,55556
	Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	0,02	$3,60E-03$	5,55556
	Formule za malu djecu od 1-2 godine	0,02	$3,60E-03$	5,55556
	Formule za malu djecu od 2-3 godine	0,02	$3,60E-03$	5,55556
	Dječiji voćni sokovi	0,05	$3,60E-03$	13,88889
	Voćne kašice	0,05	$3,60E-03$	13,88889
	Instant pahuljice na bazi žita	0,02	$3,00E-04$	66,66667
	Formule za dojenčad od 0-6 mjeseci	0,02	$3,00E-04$	66,66667
As	Formule za dojenčad od 6-12 mjeseci	0,02	$3,00E-04$	66,66667

Formule za malu djecu od 1-2 godine	0,02	3,00E-04	66,66667
Formule za malu djecu od 2-3 godine	0,02	3,00E-04	66,66667
Dječiji voćni sokovi	0,02	3,00E-04	66,66667
Voćne kašice	0,02	3,00E-04	66,66667

Rezultati pokazuju da najveću zabrinutost prilikom konzumiranja hrane za dojenčad i malu djecu predstavlja As.

ZAKLJUČAK

Sve dobijene vrijednosti za procijenjeni dnevni unos za svaku vrstu hrane u ispitanim uzorcima dječije hrane ukazuju na to da ne postoji zdravstveni rizik po zdravlje djece povezan sa unosom posmatranih teških metala. Dobijene vrijednosti za totalni hazardni indeks su bile manje od 1 što ukazuje da konzumiranjem dječije hrane (formula za dojenčad od 0-6 mjeseci, formula za dojenčad od 6-12 mjeseci, formula za malu djecu od 1-2 godine, formula za malu djecu od 2-3 godine, voćnih kašica) nije rezultiralo povećanim nekancerogenim rizikom čak ni pri maksimalnim koncentracijama. Izračunavanjem ukupnog totalnog hazardnog indeksa (TTHQ) uočile su se blago povišene vrijednosti iznad 1, ali to nije rezultiralo povećanim rizikom. Procjena rizika od raka konzumiranjem Pb u svim kategorijama hrane bili su znatno ispod praga od 10^{-5} , u rasponu od $3,90E^{-08}$ do $2,50E^{-06}$ što pokazuje da ne postoji kancerogeni rizik. Rezultati procjene kancerogenog rizika pokazuju da najveću zabrinutost prilikom konzumiranja hrane za dojenčad i malu djecu predstavlja As, čije su vrijednosti bile iznad 10^{-5} u svim ispitivanim uzorcima, izuzev formula za dojenčad od 0-6 mjeseci.

LITERATURA

- Almeida, C.C., Baião, D.D.S., Rodrigues, P.A., Saint'Pierre, T.D., Hauser-Davis, R.A., Leandro, K.C., Paschoalin, V.M.F., Da Costa, M.P., Conte-Junior, C.A. (2022). Macrominerals and Trace Minerals in Commercial Infant Formulas Marketed in Brazil: Compliance With Established Minimum and Maximum Requirements, Label Statements, and Estimated Daily Intake. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 9: 857698., doi: 10.3389/fnut.2022.857698.
- Durodola, S.S., Ayinuola, O., Ore, T.O., Makinde, W.O. (2019). Assessment of human health risk of potential toxic metals in Herbal concoction teas commonly consumed in Nigeria. *World Journal of Applied Chemistry*, Vol. 4, Issue 3, 35-41.
- EN 14082:2003. Foodstuffs-Determination of trace elements-Determination of lead, cadmium, zinc, copper, iron and chromium by atomic absorption spectrometry (AAS) after dry ashing.
- EN 14546:2005. Foodstuffs-Determination of trace elements-Determination of total arsenic by hydride generation atomic absorption spectrometry (HGAAS) after dry ashing.

- Gall, J.E., Boyd, R., Rajakaruna, N. (2015). Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: A review. *Environmental Monitoring and Assessment* 187 (4). DOI:10.1007/s10661-015-4436-3
- Sipahi, H., Eken, A., Aydin, A., Sahin, G., Baydar, T. (2014). Safety assessment of essential and toxic metals in infant formulas. *The Turkish Journal of Pediatrics*, 56: 385-391.
- Gu, Z., De Silva, S., Reichman, S. M. (2020). Arsenic Concentrations and Dietary Exposure in Rice-Based Infant Food in Australia. *International journal of environmental research and public health*, 17(2), 415., <https://doi.org/10.3390/ijerph17020415>.
- Kamunda, C., Mathuthu, M., Madhuku, M.(2016). Health risk assessment of heavy metals in soils from Witwatersrand Gold Mining Basin, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13 (7):663., <https://doi.org/10.3390/ijerph13070663>.
- Kazi, G. T., Jalbani, N., Baig, J.A., Arain, M.B., Afridi, H.I., Jamali, M.K., Shah, A.Q., Memon, A.N. (2010). Evaluation of toxic elements in baby foods commercially available in Pakistan. *Food Chemistry*, Vol. 119, Issue 4, pages 1313-1317.
- Ljung K, Palm B, Grandér M, Vahter M. (2011). High concentrations of essential and toxic elements in infant formula and infant foods - A matter of concern. *Food Chem.* 1;127(3):943-51. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.062.
- Okugić, E., Jukić, H., Aldžić, A. (2017). Kontrola kvaliteta hrane za djecu vrtićke dobi. Četvrti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša", Zbornik radova, Univerzitet u Bihaću.
- Pandelova, M., Lopez, W.L., Michalke, B., Schramm, K.W. (2012). Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, and Zn contents in baby foods from the EU market: Comparison of assessed infant intakes with the present safety limits for minerals and trace elements. *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 27, Issue 2, pages 120-127.
- Parkar, J., Rakesh, M. (2018). Risk assessment of dietary elemental intakes contributed by commercial baby foods from Indian market. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, Vol. 8 Issue 1 (10-25).
- Parker, G. H., Gillie, C. E., Miller, J. V., Badger, D. E., Kreider, M. L. (2022). Human health risk assessment of arsenic, cadmium, lead, and mercury ingestion from baby foods. *Toxicology reports*, 9, 238–249. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.02.001>.
- Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani (Službeni glasnik BiH, broj 68/14). Vijeće ministara Bosne i Hercegovine, na prijedlog Agencije za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine, u saradnji s nadležnim organima entiteta i Brčko Distrikta Bosne i Hercegovine, na 104. sjednici, održanoj 8. jula 2014. godine.
- Rai, P. K. (2018). Heavy metal phyto-technologies from Ramsar wetland plants: green approach. *Chemistry and Ecology*. Vol. 34., issue 8., pages 786-796.
- Rai, P.K. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, Volume 125, pages 365-385.
- Upadhyay, M.K., Shukla, A., Yadav, P., Srivastava, S. (2019) A review of arsenic in crops, vegetables, animals and food products. *Food Chem.*15;276:608-618.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final (EPA/540/1-89/002).
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), (2011). EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 14, total food intake.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), (2011). EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 8, Body weight studies.

- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), (2018). EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 11, Intake of meats, dairy products and fats.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), (2018). EPA's Exposure Factors Handbook (EFH), chapter 9, intake of fruits and vegetables.
- World health organization, WHO, (ENHIS-European environment and health information system, fact sheet 4.4). (2007). Exposure of children to chemical hazards in food.

HEALTH RISK ASSESSMENT FOR CHILDREN OF HEAVY METALS IN INFANTS'S AND YOUNG CHILDREN'S FOODS

*Nikolina Malinović¹, Milka Stijepić¹, Mira Obradović¹ Nenad Stojanović²,
Sanja Ćurguz³*

¹School of applied medical sciences Prijedor, Republic of Srpska,
Bosnia and Hercegovina,

²Faculty of agriculture, University of Banja Luka, Republic of Srpska,
Bosnia and Hercegovina,

³Public Health Institute of the Republic of Srpska, Banja Luka,
Bosnia and Hercegovina

Abstract: Besides breast milk, formulas for infants and young children have an important role in the diet because they are the main source of nutrients. Infants are children under 12 months, while young children are between one and three years old. The baby food industry today offers a wide range of products that try to suit the needs of children, and global concern is food chain contamination as a major threat to children as a group of our population more susceptible to disease. For example, industrialization, urbanization and agrochemicals are between the main causes of heavy metal contamination in food chain. Therefore, the purpose of this study is to determine the heavy metals amounts and potential health risks associated with heavy metals in certain categories of foods for infants and young children, including: instant cereal-based flakes, formulas for infants 0-6 months, formulas for infants from 6-12 months, formulas for small children from 1-2 years, formulas for small children from 2-3 years, fruit juices and purees, noting that the potential risks are depending on the food type and the contaminants presence in it. Heavy metals quantities were analyzed at the Institute of Public Health of Republika Srpska using atomic absorption spectrophotometry according to European standards EN 14082 and BAS EN 14546, and then health risk assessment was performed by EPA methodology (United States Environmental Protection Agency) and the following were calculated: estimated daily intake (EDI), target hazard quotient (THQ), cancer risk (CR) and relative risk (RR). 357 samples were analyzed. After determining the concentration of heavy metals (lead, cadmium, arsenic), the obtained results were compared with the maximum allowable values (MDK) according to the Rulebook on maximum allowable quantities for certain contaminants in food (Official Gazette of BiH, No. 68/14). The results showed that the obtained values were lower than the MDK. Statistical data processing was performed in the Microsoft Excel.

Key words: infants, children, food, heavy metals, risk assessment