

Procena unosa kadmijuma hranom u Srbiji

Janković Saša¹, Nikolić Dragica¹, Stefanović Srđan¹, Radičević Tatjana¹, Spirić Danka¹, Petrović Zoran¹

S a d r ž a j: U poslednjih nekoliko decenija, kao posledica ljudskih aktivnosti, prisustvo kadmijuma u životnoj sredini se značajno povećalo. To je uslovalo i povećanje sadržaja kadmijuma u namirnicama, posebno u iznutricama životinja, pečurkama, glavonošcima, školjkama i rakovima, kakaou, pirinču itd. Najveća količina kadmijuma, oko 90%, u organizam čoveka dospeva putem hrane. S tim u vezi, cilj ovog rada je bio da se proceni nedeljni unos kadmijuma preko konzumirane hrane u Srbiji. Ukupno je analizirano 10720 uzoraka, u toku dve godine (2011–2012). Uzorci su ispitivani atomskom apsorpcionom spektrometrijom, grafitnom tehnikom. Limit kvantifikacije za kadmijum bio je 5 ng/g. Za procenu unosa pojedinih namirnica korišćena je baza podataka Svetske zdravstvene organizacije.

Svi analizirani uzorci sadržali su kadmijum ispod maksimalno dozvoljenog nivoa utvrđenog važećim nacionalnim Pravilnikom. Procenjeni nedeljni unos za kadmijum, na osnovu srednje vrednosti kadmijuma u namirnicama i prosečne telesne mase čoveka od 70 kg, bila je 1,286 µg/kg telesne mase (t.m.)/nedeljno.

Tolerišući nedeljni unos, prema preporuci Evropske agencije za bezbednost hrane, je 2,5 µg/kg/t.m. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je unos kadmijuma u populaciji u Srbiji nešto veći od 50% u odnosu na granicu bezbednosti i da ne predstavlja rizik po ljudsko zdravlje.

Ključne reči: ishrana, rizik, kadmijum.

Uvod

Kadmijum (Cd) spada u grupu toksičnih teških metala. Otkriven je tek 1817. godine. U Zemljinjini kori se javlja u malim količinama, 0,1–0,5 mg/kg, uglavnom kao pratilac ruda cinka, olova i bakra. Prirodna emisija kadmijuma je rezultat vulkanskih erupcija, šumskih požara, formiranja aerosola morske soli i drugih prirodnih fenomena. Kako je poslednjih godina upotreba Cd porasla (koristi se u proizvodnji alkalnih baterija i akumulatora, plastike, stakla, pigmenta, raznih legura i dr.) u okruženju se može naći i kao posledica delovanja čoveka. Glavni antropogeni izvori Cd u životnoj sredini su prerađivačka industrija, proizvodnja i primena fosfatnih đubriva, sagorevanje fosilnih goriva i odlaganje otpada. Na taj način Cd zagađuje vodu i zemljište, a, zatim, preko korena biljaka ulazi u lanac ishrane čoveka (ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2008).

Hrana je najvažniji izvor kontaminacije za opštu populaciju nepušača (Petrović i Janković, 2008; Milijašević i dr., 2012), (pušači značajnu količinu kadmijuma unose preko duvanskog dima) oko 90% od ukupnog unosa, dok ostalih 10% otpada na inhalaciju kadmijuma preko ambijentalnog vazduha i

unosa preko vode za piće (Vahter i dr., 1991; Olsson i dr., 2002). Većina namirnica sadrži tragove Cd, a najveća količina se nalazi u iznutricama, školjkama, gljivama, kao i nekim biljkama koje mogu da koncentrišu Cd (kakao, pirinač).

Iz gastrointestinalnog trakta se resorbuje oko 5–6%, a ostatak Cd se eliminiše fecesom. Nivo apsorpcije je obrnuto proporcionalan sadržaju Zn, Ca i Fe u ishrani. U organizmu se vezuje za protein metalotionein, koji je važan transportni i depo-protein za Cd, a ujedno je i osnovni sistem detoksikacije, jer vezivanjem kadmijuma sprečavaju se njegovi toksični efekti. Kadmijum se deponuje u jetri, bubrezima i kostima, sa poluvremenom života u organizmu od 20 godina (ATSDR, 2008).

Od ranih 1950-ih, kada je prepoznata opasnost profesionalnog izlaganja kadmijumu, veliki broj istraživanja se bavio toksičnim efektima kadmijuma pri izloženosti ljudi i laboratorijskih životinja (Ezaki i dr., 2003; Jin i dr., 2002; Noonan i dr., 2002; Teeyakasem i dr., 2007; Trzcinka-Ochocka i dr., 2002; Uno i dr., 2005). Pri oralnoj ekspoziciji, primarni ciljani organ za kadmijum su bubrezi. Kadmijum dovodi do oštećenja na nivou glomerularne filtracije i tubularne reapsorpcije. Poremećaji kostiju – osteomalacija, osteoporoza, spontane frakture, jak

¹Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11000 Beograd, Republika Srbija.

bol u kostima, delom se, takođe, objašnjavaju renalnom disfunkcijom prouzrokovanom Cd, a delom je posledica efekata Cd na metabolizam Ca (pojačana eliminacija Ca), zatim poremećaja metabolizma vitamina D, interferencije kadmijuma sa paratiroidnim hormonom, ometanje inkorporiranja Ca u koštane ćelije i ometanje sinteze kolagena u koštanim ćelijama. Na eksperimentalnim životinjama dokazana je i anemija, hepatotoksičnost, poremećaji nervnog sistema i poremećaji u razvoju.

Na osnovu dostupnih informacija, IARC (International Agency on Research of Cancer) Cd svrstava u grupu 1, dokazanih karcinogena za ljude.

EFSA je 2009. godine, na osnovu studije procene rizika od unosa kadmijuma, promenila dotadašnji TWI (tolerable weekly intake – tolerišući nedeljni unos) od 7 µg/kg t.m. na 2,5 µg/kg t.m. (EFSA, 2011). Međutim, zajednički FAO/WHO ekspertski komitet za aditive, hranu, i kontaminante – JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Zajednička FAO/WHO Ekspertska komisija za aditive u hrani) 2010. god. donosi privremeni tolerišući mesečni unos od 2,5 µg/kg t.m. (FAO/WHO, 2010), što je oko dva puta više od limita koji je EFSA postavila. Zbog toga je izvršena ponovna evaluacija propisanih vrednosti za unos Cd. EFSA, 2011 god. zaključuje da na snazi ostaje vrednost od 2,5 µg/kg t.m. (EFSA, 2009), a razlog razlike u odnosu na JECFA je različiti metodološki pristup.

Materijal i metode

Sadržaj Cd određivan je u namirnicama dostupnim na tržištu Srbije u 2011. i 2012. godini. Analizirano je 10720 uzoraka, i to: 2299 uzoraka voća i proizvoda od voća, 2202 uzorka povrća i proizvoda od povrća, 1407 uzoraka žitarica i proizvoda od žitarica, 1722 uzorka mesa i proizvoda od mesa, 1629 uzoraka ribe i proizvoda od ribe, 929 uzoraka mleka i proizvoda od mleka, 63 uzorka jaja i proizvoda od jaja i 469 uzoraka kafe, kakaoa i čaja. Uzorci za instrumentalno određivanje pripremani su metodom mikrotalasne digestije u kivetama pod pritiskom. Homogenizovanim uzorcima (0,5–0,75 g) dodavano je po 8 ml koncentrovane azotne kiseline, p.a. (Sigma, Nemačka) i 1,5 ml 30% vodonik-peroksida, p.a. (Merck, Nemačka). Uzorci su razarani u uređaju ETHOS TC (MILESTONE, Italija), sa referentnom sondom za kontrolu temperature. Mikrotalasna digestija se sastojala od tri koraka: zagrevanje u toku 5 min od sobne temperature do 180°C, 10 min na 180°C i 20 min hlađenje. Nakon završenog programa digestije, sadržaj kivet

je dejonizovanom vodom kvantitativno prenošen u normalne sudove od 50 ml. Instrumentalno određivanje je sprovedeno na atomskom apsorpcionom spektrometru Varian „SPECTRAA 220“, sa grafitnom peći 110 GTA. Limit kvantifikacije (LOQ) za Cd je 5 ng/g. Rezultati ispod granice detekcije metode su izraženi kao jedna polovina LOQ, tj. 2,5 ng/g. Kontrola kvaliteta ispitivanja je sprovedena korišćenjem sertifikovanog referentnog materijala BCR 186. Rezultati analiza su bili u opsegu sertifikovanih vrednosti.

Kako, prema dostupnim podacima, u Srbiji nije rađena studija ishrane stanovništva, radi procene unosa uzeti su podaci baze podataka FAO/WHO GEMS/Food Consumption database (Global Environment Monitoring System/Food Consumption database – Sistem globalnog monitoringa životne sredine/baza podataka o potrošnji hrane – (GEMS/Food, World Health Organization, 2012).

Za obračun prosečnog nedeljnog unosa – WI (weekly intake, nedeljni unos), izraženog u µg Cd/kg t.m., korišćena je sledeća formula:

$$WI = \frac{\text{Nedeljni unos namirnice (g)} \times \text{Sadržaj Cd (}\mu\text{g/g)}}{\text{Telesna masa (kg)}}$$

Hazard indeks (indeks opasnosti) – HI, se računa prema sledećoj formuli:

$$WI = \frac{WICd}{TWICd}$$

gde je TWI – tolerišući nedeljni unos Cd.

Rezultati i diskusija

Ukupno je, u periodu 2011–2012. godina, na sadržaj kadmijuma, ispitano 10720 uzoraka podeljenih u 8 grupa namirnica, shodno procenjenom unosu namirnica za stanovništvo Srbije od strane WHO. Cd je detektovan u 3403 uzorka, tj. u 31,7% ispitanih uzoraka. Broj ispitanih uzoraka po grupama i broj uzoraka u kojima je detektovan kadmijum prikazani su u tabeli 1.

U žitaricama i proizvodima od žitarica, ribi, rakovima, školjkama, glavonošcima i njihovim proizvodima Cd je detektovan u preko 50% ispitanih uzoraka, a procentualno najveću zastupljenost kadmijuma u namirnicama nalazimo u grupi kafe, kakaoa i čajeva – 76,8%.

Maksimalna vrednost za sadržaj Cd (0,520 µg/g) beležimo u grupi akvatičnih proizvoda, dok je prosečna vrednost za Cd najveća u kafi, kakaou i čajevima (0,017 µg/g). Opsezi i prosečne vrednosti za Cd u namirnicama prikazani su u tabeli 2.

Tabela 1. Broj ispitanih uzoraka u kojima je detektovan Cd
Table 1. Number of tested samples containing Cd

Vrsta namirnica/Foodstuffs	Broj uzoraka/ Number of samples	Uzorci u kojima je detektovan Cd/ Samples containing Cd	
		Broj/Number	%
Voće i proizvodi od voća/Fruits and fruit products	2299	277	12,0
Povrće i proizvodi od povrća/Vegetables and vegetable products	2202	558	25,3
Žitarice i proizvodi od žitarica/Cereals and cereal products	1407	791	56,2
Meso i proizvodi od mesa/Meat and meat products	1722	435	25,3
Riba, rakovi, školjke, glavonošci i njihovi proizvodi/ Fish, crustaceans, mollusks, cephalopods and their products	1629	885	54,3
Mleko i proizvodi od mleka/Milk and milk products	929	83	8,9
Jaja i proizvodi od jaja/Eggs and egg products	63	14	22,2
Kafa, kakao, čaj/Coffe, cocoa, tea	469	360	76,8
Ukupno/Total	10720	3403	31,7

I pored činjenice da je kadmijuma, prosečno, najviše u kafi, kakaou i čajevima, relativno nizak unos od 16,5 g/dan, uslovljava i nisku vrednost unosa Cd preko namirnica iz ove grupe, svega 0,278 µg. Najveći unos kadmijuma hranom je preko povrća i proizvoda od povrća (4,305 µg), tj. 33,5%, s obzirom na dnevni unos od 507,1 g i prosek od 0,008 µg/g. Prosečno se žitaricama unosi 4,168 µg Cd dnevno (32,4%), dok je najniži unos Cd zabeležen preko jaja i proizvoda od jaja – 0,156 µg, odnosno 1,2%.

Prosečan dnevni unos Cd u zavisnosti od vrste namirnica prikazan je u tabeli 3, a procentualni udeo namirnica u ukupnom unosu Cd na slici 1.

Ukupan unos Cd za odraslu osobu telesne mase 70 kg iznosi 0,184 µg/kg t.m. dnevno, odnosno 1,286 µg/kg t.m. nedeljno.

Vrednost HI za primenjeni scenario ishrane je 0,51, tj. prosečna odrasla osoba u Srbiji hranom unosi nešto više od polovine preporučene maksimalne količine Cd.

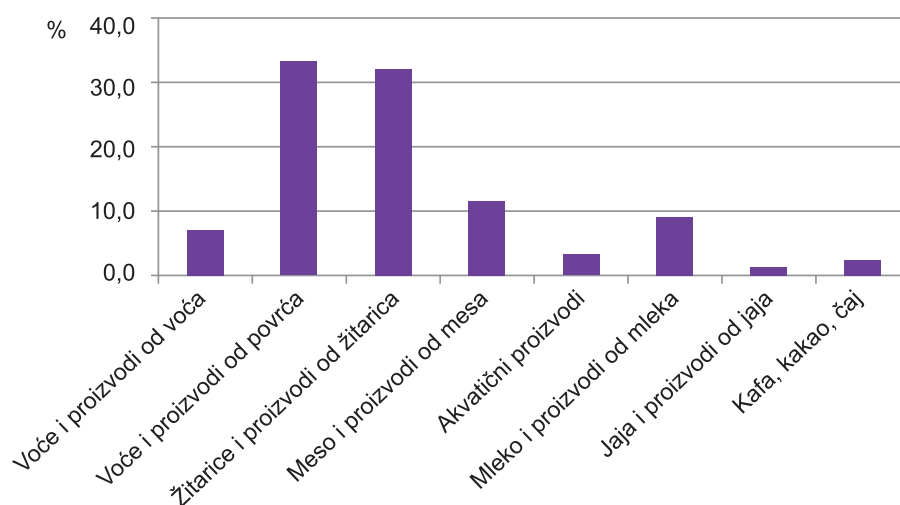
Tabela 2. Sadržaj Cd u namirnicama
Table 2. Content of Cd in foodstuffs

Vrsta namirnica/Foodstuffs	Opseg Cd, µg/g Range of Cd, µg/g	Srednja vrednost Cd, µg/g Mean value of Cd, µg/g
	n.d. – 0,056	0,005
Voće i proizvodi od voća/Fruits and fruit products	n.d. – 0,229	0,008
Povrće i proizvodi od povrća/ Vegetables and vegetable products	n.d. – 0,356	0,015
Žitarice i proizvodi od žitarica/ Cereals and cereal products	n.d. – 0,501	0,008
Meso i proizvodi od mesa/Meat and meat products	n.d. – 0,520	0,015
Riba, rakovi, školjke, glavonošci i njihovi proizvodi/ Fish, crustaceans, molluskas, cephalopods and their products	n.d. – 0,019	0,003
Mleko i proizvodi od mleka/Milk and milk products	n.d. – 0,029	0,005
Jaja i proizvodi od jaja/Eggs and egg products	n.d. – 0,480	0,017

n.d. – nije detektovan/not detected

Tabela 3. Dnevni unos namirnica i unos Cd po vrstama namirnica**Table 3.** Daily consumption of foodstuffs and Cd intake

Vrsta namirnice/Foodstuffs	Dnevni unos, g/ Daily intake, g	Dnevni unos Cd, µg/ Daily intake of Cd, µg
	205,8	0,94
Voće i proizvodi od voća/Fruits and fruit products	507,1	4,305
Povrće i proizvodi od povrća/Vegetables and vegetable products	281,7	4,168
Žitarice i proizvodi od žitarica/Cereals and cereal products	188,1	1,465
Meso i proizvodi od mesa/Meat and meat products	25,7	0,382
Riba, rakovi, školjke, glavonošci i njihovi proizvodi/ Fish, crustaceans, molluskas, cephalopods and their products	388,1	1,164
Mleko i proizvodi od mleka/Milk and milk products	31,0	0,156
Jaja i proizvodi od jaja/Eggs and egg products	16,5	0,278
Ukupno/Total	1644	12,858

**Slika 1.** Udeo namirnica u ukupnom unosu Cd**Picture 1.** Foodstuffs that significantly contribute to total Cd intake

Legenda/Legend: Voće i proizvodi od voća/Fruit and fruit products; Povrće i proizvodi od povrća/Vegetable and vegetable products; Žitarice i proizvodi od žitarica/Cerals and cereal products; Meso i proizvodi od mesa/Meat and meat products; Akvatični proizvodi/Aquatic products; Mleko i proizvodi od mleka/Milk and dairy products; Jaja i proizvodi od jaja/Eggs and egg products; Kafa, kakao, čaj/Coffee, cacao, tea.

Ispitivanja sprovedena u Evropi tokom devedesetih godina prošlog veka pokazala su da je unos kadmijuma preko hrane značajan čak i kada se ima u vidu PTWI vrednost od 7 µg/kg t.m., koja je tada bila na snazi. Tako, *Leblanc i dr.* (2000) dokazuju da je unos kadmijuma u Francuskoj 17 µg dnevno, što na nedeljnom nivou i preračunato na prosečnu telesnu masu od 60 kg iznosi 2 µg/kg t.m. *Urieta i dr.* (1996), u Španiji, nalaze nešto niže vrednosti (1,7 µg/kg t.m.) kadmijuma nedeljno, dok u Grčkoj

Tsoumbaris i Tsoukali-Papadopoulou (1994) dolaze do vrednosti od 50% tadašnjeg PTWI, tj. do unosa kadmijuma od 3,15 µg/kg t.m., što je premašilo novu TWI vrednost (2,5 µg/kg t.m.) za 40%.

EFSA je 2012. godine objavila rezultate studije u kojoj su učestvovala 22 zemlje članice EU sa podacima prikupljenim od 2003. do 2011. godine. Najveći sadržaj kadmijuma utvrđen je u algama, kakaou i proizvodima od kakaosa i jestivim iznutricama, dok su, imajući u vidu unos pojedinih vrsta namirnica,

najveći udeo u unosu kadmijuma imali žitarice i proizvodi od žitarica (26,9%), a zatim povrće i proizvodi od povrća (16%). Kada je vrednost ispod limita detekcije proglašena polovinom limita detekcije, nedeljni unos kadmijuma preko hrane iznosio je 2,04 µg/kg t.m. (EFSA, 2012). Nešto niže vrednosti dobijaju Sand i Becker (2012) u Švedskoj, i to 1 µg/kg t.m. za prosečnu izloženost, odnosno 1,8 µg/kg t.m. za visoku ekspoziciju. Od ukupnog unosa kadmijuma, 40–50% poticalo je iz krompira i pšeničnog brašna, iako je najveći prosečni sadržaj kadmijuma u ispitanim namirnicama bio u spanaću (0,14 mg/kg), morskim plodovima (0,17 mg/kg) i jetri haringe (0,66 mg/kg). Slične vrednosti unosa kadmijuma dobijaju i Martí-Cid i dr. (2008) za populaciju Katalonije. Prosečan unos kadmijuma je iznosio 0,98 µg/kg t.m. računato na telesnu masu od 70 kg, a osnovni izvori ekspozicije kadmijumu bile su mahunarke, krompir i žitarice.

Ispitivanjem duplih obroka, Wilhelm i dr. (2002), u Nemačkoj, dolaze do zaključka da bi se unos kadmijuma preko hrane morao smanjiti jer za grupu dece iz industrijski razvijene Rurske oblasti, prosečne starosti 1,8 godina, dobijaju prosečan unos kadmijuma od 1,19 µg/kg t.m., za decu starosti 3,8 godina – 3,43 µg/kg t.m., dok su deca prosečne starosti 3,9 godina, sa Amrum ostrva u Severnom moru, dakle oblasti bez značajnijeg zagađenja, prosečno unosila 2,45 µg/kg t.m. (Wilhelm i dr., 2002).

Beccaloni i dr. (2013), u svojoj studiji, bave se unosom kadmijuma preko voća i povrća kod stanovništva iz industrijalizovane zone Sardinije u Italiji. Na osnovu 255 ispitanih uzoraka dolaze do zaključka da je prosečan nedeljni unos kadmijuma preko voća i povrća za populaciju odraslih (telesna masa 70 kg) 3,8 µg/kg t.m.. Poređivši ih sa PTWI od 7 µg/kg t.m. autori smatraju da ne postoji rizik od unosa kadmijuma preko tih namirnica. Međutim, ukoliko se na dobijene vrednosti primeni PTWI koji je EFSA preporučila 2011. god (2,5 µg/kg t.m.), dolazi se do zaključka da sve tri populacione grupe prekoračuju bezbedni limit čak i preko dva puta.

Za razliku od Evrope, Tsukahara i dr. (2003) dokazuju da se u Japanu kadmijum najviše unosi preko pirinča, do 40%, dok je studija o unosu teških metala kod srednjoškolaca u Hong Kongu pokazala da se kadmijum najviše unosi preko plodova mora (ne računajući ribu) (33%), pa tek onda preko žitarica (27%). Prosečan nedeljni unos bio je 2,42 µg/kg t.m. Vrednosti kadmijuma u namirnicama ispod limita detekcije, a bilo ih je 43,1%, računati su kao polovina limita detekcije (Food and Environmental Hygiene Department, 2002). Liu i dr. (2010) iznose podatke o unosu kadmijuma kod populacije iz oblasti Jinhu u Kini. Prosečni nedeljni unos kod odraslih je iznosio 1,49 µg/kg t.m., dok je kod dece starosti od 1,9 do 7 godina unos bio nešto viši, 2,07 µg/kg t.m. Kod obe populacione grupe, unos je bio niži i od PTWI vrednosti JECFA (7 µg/kg t.m.) i od TWI preporučene od strane EFSA (2,5 µg/kg t.m.).

U SAD procenjeni dnevni unos kadmijuma kod odrasle populacije nepušača iznosi 0,35 µg/kg t.m., za muškarce, odn 0,30 µg/kg t.m. kod žena. Te vrednosti, izražene na nedeljnom nivou (2,45 µg/kg t.m., muškarci i 2,1 µg/kg t.m., žene), su ispod u preporučenih limita EFSA i JECFA. Najviše kadmijuma unosi se preko lisnatog povrća, krompira i žitarica, uz opasku da je unos kadmijuma veći i kod osoba koje u ishrani koriste veće količine školjki i iznutrica (Toxicological profile for cadmium, 2002).

Zaključak

Uzimajući u obzir dobijene vrednosti za unos Cd u populaciji odraslih u Srbiji, možemo zaključiti da način ishrane i kontaminacija hrane kadmijumom ne predstavljaju visoku opasnost po zdravlje stanovništva. Ipak, činjenica da se navike u ishrani i kontaminacija životne sredine i namirnica kadmijumom menjaju zahteva kontinuirano praćenje nivoa zagađenja i dnevnog/nedeljnog unosa Cd hranom.

Literatura

- ATSDR, 2008.** Draft Toxicological profile for Cadmium, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA.
- Beccaloni E., Vanni F., Beccaloni M., Carere M. 2013.** Concentrations of arsenic, cadmium, lead and zinc in homegrown vegetables and fruits: Estimated intake by population in an industrialized area of Sardinia, Italy, *Microchemical Journal* 107, 190–195.
- EFSA, 2009.** Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *EFSAJ*. 980, 1–139.
- EFSA, 2011.** EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM); scientific opinion on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSAJ* 9(2), 1975.
- EFSA, 2012.** Cadmium dietary exposure in the European population. Scientific Report of EFSA. *The EFSA Journal*, 10, 1, 2551, 1–37.
- Ezaki T., Tsukahara T., Moriguchi J., 2003.** No clear-cut evidence for cadmium-induced renal tubular dysfunction among over 10,000 women in the Japanese general population: A nationwide large-scale survey. *International Archives of Occupation and Environmental Health*, 76, 3, 186–196.

- FAO/WHO, 2010.** Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-third meeting, Geneva, 8-17 June 2010. Summary and Conclusions, Issued 24 June 2010.
- Food and Environmental Hygiene Department, Hong Kong, 2002.** Dietary exposure to heavy metals of secondary school students, Risk assessment Studies, Report No. 10B, Hong Kong September 2002.
- Global Environment Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food), World Health Organization, 2012.**
- International Agency on Research of Cancer (IARC). IARC Cancer Databases.** Available from: <http://www.iarc.fr>
- Jin T., Nordberg M., Frech W., et al. 2002.** Cadmium biomonitoring and renal dysfunction among a population environmentally exposed to cadmium from smelting in China. *Biomaterials*, 15, 397–410.
- Leblanc J., Malmauret L., Guerin T., Bordet F., Boursier B., Verger P., 2000.** Estimation of the dietary intake of pesticide residues, lead, cadmium, arsenic and radionuclides in France. *Food Addit. Contam.* 17, 1–8.
- Liua P., Wang C.N., Song X.Y., Wu Y.N. 2010.** Dietary intake of lead and cadmium by children and adults – Result calculated from dietary recall and available lead/cadmium level in food in comparison to result from food duplicate diet method. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213, 450–457.
- Martí-Cid R., Llobet J., Castell V., Domingo J., 2008.** Dietary intake of Arsenic, Cadmium, Mercury and Lead by population of Catalonia, Spain. *Biological Trace Element Research*, 125, 2, 120–132.
- Milijašević M., Babić J., Baltić M., Đorđević V., Spirić D., Janković S., Spirić A. 2012.** Parametri higijenske ispravnosti četiri vrste riba koje su najzastupljenije na tržištu Srbije. *Tehnologija mesa* 53, 2, 127–133.
- Noonan C. W., Sarasua S. M., Campagna D., 2002.** Effects of exposure to low levels of environmental cadmium on renal biomarkers. *Environmental Health Perspectives*, 110, 151–155.
- Olsson I. M., Bensryd I., Lundh T., Ottosson H., Skerfving S., Oskarsson A., 2002.** Cadmium in blood and urine-impact of sex, age, dietary intake, iron status, and former smoking-association of renal effects. *Environmental Health Perspectives*, 110, 1185–1190.
- Petrović Z., Janković S., 2008.** Fazanska divljač kao bioindikator prisustva kadmijuma u životnoj sredini. *Tehnologija mesa* 49, 1–2, 36–40.
- Roser Martí-Cid, Juan M. Llobet, Victoria Castell, José L. Domingo, 2008.** Dietary Intake of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead by the Population of Catalonia, Spain. *Biological Trace Element Research*, 125, 120–132.
- Sand S, Becker W., 2012.** Assessment of dietary cadmium exposure in Sweden and population health concern including scenario analysis. *Food and Chemical Toxicology* 50, 536–544.
- Teeyakasem W., Nishijo M., Honda R., 2007.** Monitoring of cadmium toxicity in a Thai population with high-level environmental exposure. *Toxicol Letters*, 169, 185–195.
- Toxicological profile for cadmium, U.S. Department of health and human services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2002;**
- Trzcinka-Ochocka M., Jakubowski M., Halatek T., 2002.** Reversibility of micro proteinuria in nickel-cadmium battery workers after removal from exposure. *International Archives Occupation Environmental Health* 75, S101–S106.
- Tsoumaris P., Tsoukali-Papadopoulou H., 1994.** Heavy metals in common foodstuff: daily intake. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology* 53, 67–70.
- Tsukahara T., Ezaki T., Moriguchi J., Furuki K., Shimbo S., Matsuda-Inoguchi N., Ikeda M. 2003.** Rice as the most influential source of cadmium intake among general Japanese population. *The Science of the Total Environment*, 305, 41–51.
- Uno T., Kobayashi E., Suwazono Y., 2005.** Health effects of cadmium exposure in the general environment in Japan with special reference to the lower limit of the enckmark dose as the threshold level of urinary cadmium. *Scandinavian Journal of Work Environmental Health*, 31, 307–315.
- Urieta I., Jalon M., Eguileor I., 1996.** Food surveillance in the Basque Country (Spain). II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M1, iron, zinc through the total diet study, 1990/91. *Food Addit. Contam.* 13, 29–52.
- Vahter M., Berglund M., Lind B., Jorhem L., Slorach S. and Friberg L., 1991.** Personal monitoring of lead and cadmium exposure-a Swedish study with special reference to methodological aspects. *Scand Journal Work Environmental Health*, 17, 1, 65–74.
- Wilhelm M., Wittsiepe J., Schrey P., Budde U., Idel H., 2002.** Dietary intake of cadmium by children and adults from Germany using duplicate portion sampling. *The Science of the Total Environment*, 285, 11–19.

Estimated intake of cadmium through food consumption in Serbia

Janković Saša, Nikolić Dragica, Stefanović Srđan, Radičević Tatjana, Spirić Danka, Petrović Zoran

S u m m a r y: In the past several decades, presence of cadmium in the environment has significantly increased as the consequence of human activities. Consequently, the increase of cadmium content is also recorded in foodstuffs, especially in entrails, mushrooms, mollusks, shells and crustaceans, cocoa, rice, etc. Majority of the total cadmium in human body originates from food consumption (about 90%). Taking this into consideration, the aim of this paper was to estimate weekly cadmium intake through food consumption in Serbia. During the period 2011-2012, a total of 10,720 samples have been analyzed using atomic absorption spectrometry, graphite furnace. Limit of quantification was 5 ng/g. The estimation of certain foodstuffs intake was carried out using WHO database.

All the tested samples contained cadmium below the maximum permitted level set by National regulations. Estimated weekly intake of cadmium, based on mean value of cadmium content in foodstuffs and average body weight of 70 kg, was 1.286 µg/kg body weight (b.w.)/week.

According to the recommendation of the European Food Safety Agency (EFSA), tolerable weekly intake of cadmium is 2.5 µg/kg b.w. On the basis of the obtained results, it can be concluded that the intake of cadmium within Serbian population is slightly above 50% of safe limit, and does not pose a risk for human health.

Key words: nutrition, risk, cadmium.

Rad primljen: 18.09.2013.

Rad prihvaćen: 28.10.2013.