

Bezbednost i kvalitet mesa nekih slatkovodnih riba u Srbiji

Trbović Dejana¹, Janković Saša¹, Ćirković Miroslav², Nikolić Dragica¹, Matekalo-Sverak Vesna¹, Dorđević Vesna¹, Spirić Aurelija¹

S a d r Ź a j: Naučno je dokazano da je ishrana ribom veoma korisna za ljudsko zdravlje. Sa aspekta potrošača, osim nutritivnog kvaliteta, od velikog značaja je i higijenska ispravnost mesa ribe. Brojni podaci iz literature ukazuju na prisustvo antropogenih zagađivača, opšte prihvaćenog naziva POPs jedinjenja (persistent organic pollutants), koja su toksična, nisu podložna razgradnji i, preko vazduha, vode i migratorskih vrsta, transportuju se na velike razdaljine, gde dolazi do njihove bioakumulacije i biomagnifikacije u terestrialnim i akvatičnim organizmima. Izloženost populacije perzistentnim organskim zagađivačima je najveća preko hrane, više od 90%, a proizvodi animalnog porekla, posebno riba, su najviše izloženi. Da bi se procenio kvalitet kao i kontaminacija mesa određenih vrsta riba iz slobodnog izlova nekim POPs jedinjenjima i toksičnim elementima i, time, dao izvestan doprinos sagledavanju rizika i dobiti od konzumiranja rečne ribe, cilj našeg rada je bio da se ispita osnovni hemijski sastav mesa ribe iz slobodnog izlova kao i stepen kontaminacije organohlorom pesticidima (OCIP), polihlorovanim bifenilima (PCBs) i toksičnim metalima.

U filetima različitih vrsta riba iz slobodnog izlova (bucov, deverika, mrena, šaran, kečiga i štika) određeni su parametri osnovnog hemijskog sastava (proteini, voda, lipidi i pepeo) i ispitani su ostaci organohlorornih pesticida (lindan, tj. γ -HCH, α + β -HCH, aldrin, dieldrin, heptahlor, cis- i trans-heptahlorepoksid, p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD, endrin, heksahlorbenzen, tj. HCB i α + γ -hlordan), kongeneri polihlorovanih bifenila, IUPAC brojevi 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180, a od teških metala živa, olovo i kadmijum.

Na osnovu dobijenih rezultata ustanovljeno je da između pojedinih vrsta riba ne postoje značajne razlike u sadržaju proteina i da se on nalazi u opsegu od $16,72 \pm 0,51\%$ (šaran) do $18,72 \pm 0,52\%$ (mrena). Značajnije razlike su dokazane u sadržaju vode, koji se nalazi u opsegu od $72,30 \pm 0,11\%$ (mrena) do $79,03 \pm 0,09\%$ (štika). Najveći procentualni udeo lipida utvrđen je kod mreine ($7,98 \pm 0,12\%$), a najmanji kod štuke ($1,64 \pm 0,04\%$). Pepeo je ustanovljen u opsegu od $0,63 \pm 0,03\%$, kod štuke do $1,31 \pm 0,03\%$, kod mreine.

U svim ispitanim uzorcima ribe, sa izuzetkom mreine i bucova, dokazani su ostaci OCIP ispod maksimalno dozvoljenih \bar{x} količina, koje su propisane Pravilnikom. U uzorcima mreine i bucova, dokazane su značajne količine ostataka DDT-a (srednje vrednost, $\bar{x} - 0,153$ i $0,125$ mg/kg mase uzorka, respektivno), koje su veće od propisanih MDK (maksimalno dozvoljena količina). Maksimalno dozvoljene količine polihlorovanih bifenila nisu prekoračene. Od ispitanih toksičnih metala (Hg, Pb i Cd), živa je dokazana u svim uzorcima, olovo nije dokazano ni u jednom uzorku, a kadmijum samo u kečigi, u količini od $\bar{x} - 0,015$ mg/kg uzorka. Količina žive, koja je dokazana u bucovu ($\bar{x} - 1,255$ mg/kg) nalazi se iznad MDK (0,5 mg/kg). U svim ostalim vrstama ribe dokazane količine žive nalaze se ispod MDK, i to: $\bar{x} - 0,484$ mg/kg u štuki, $\bar{x} - 0,288$ mg/kg u deverici, $\bar{x} - 0,218$ mg/kg u mreini, $\bar{x} - 0,146$ mg/kg u kečigi i $\bar{x} - 0,099$ mg/kg u šaranu.

Ključne reči: slatkovodna riba, hemijski sastav, organohlorni pesticidi, polihlorovani bifenili, toksični metali.

Uvod

Ishrana ribom je veoma korisna za ljudsko zdravlje. Visoka hranljiva vrednost mesa ribe ogleđa se u sadržaju belančevina, visokovrednih masti, minerala i vitamina. Sastav mesa ribe je sličan sastavu mesa životinja za klanje. Međutim, meso ribe sadrži mnogo manje vezivnog tkiva i stoga je svarljivije, što pogoduje određenoj kategoriji potroša-

ča (Vladau i dr., 2008). Sa zdravstvenog aspekta, meso ribe predstavlja najznačajniji izvor n-3 polinezasićenih masnih kiselina (PNMK), koje imaju veoma važnu ulogu u prevenciji nastanka različitih oboljenja, kao što su koronarna oboljenja, posebno infarkt miokarda, arterioskleroza, hipertenzija i druga oboljenja kardiovaskularnog sistema (Von Shacky, 2001; Mozaffarian i dr., 2005). Količine hranljivih materija u mesu ribe su veoma različite

Napomena: Prezentovani rezultati proistekli su iz rada na realizaciji Projekta ev. br. TR31011 koji, u okviru Programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja, finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

¹Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11 000 Beograd, Republika Srbija;

²Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za veterinarsku medicinu, Trg Dositeja Obradovića 8, 21 000 Novi Sad, Republika Srbija.

i zavise od više faktora, kao što su genetski faktori, vrsta ribe, starost, način ishrane, pol, godišnje doba, temperatura i pH vrednost vode, način uzgoja i dr. (Ćirković i dr., 2011).

Promena navika populacije u konzumiranju ribe, odnosno sve veća potrošnja ribe, nameće i određene zahteve u pogledu njenog nutritivnog sastava i kvaliteta. Od posebnog nutritivnog značaja su lipidi, odnosno dugolančane n-3 polinezasićene masne kiseline (PNMK), koje su, takođe, od interesa i za javno zdravlje. U literaturi je sve više studija koje se sprovode u cilju ispitivanja i poboljšavanja masnokiselinskog sastava mesa ribe, sa namerom da se unapredi njen nutritivni kvalitet (Weaver i dr., 2008; Spirić i dr., 2009; Trbović i dr., 2009). Ono što ribu čini značajnom namirnicom u ishrani jeste činjenica da dugolančane n-3 PNMK ljudski organizam ne može da sintetiše i, iz tih razloga, je neophodno da se one unesu hranom (Alasalvar i dr., 2002). Riba iz slobodnog izlova, u odnosu na gajenu ribu iste vrste, sadrži manje masti i veće količine n-3 PNMK, kada se one izražavaju kao procentualni udeo ukupno prisutnih masnih kiselina. Međutim, sa gledišta ishrane treba imati u vidu procenat ukupne masti koji sadrži riba i da je, kada se vrednosti za PNMK izražavaju na 100 g ribe, unos n-3 PNMK u organizam čoveka veći kada se konzumira riba koja sadrži veće količine masti u odnosu na posniju ribu, ma koje vrste (Cahua i dr., 2004; Lichtenstein i dr., 2006). Neosporno je da konzumiranje ribe, zahvaljujući prisustvu lipida, odnosno masnih kiselina, posebno n-3 polinezasićenih masnih kiselina (PNMK), zatim proteina i drugih, organizmu čoveka neophodnih nutrijenata, doprinosi očuvanju ljudskog zdravlja. O povoljnom uticaju masnih kiselina prisutnih u mesu ribe na zdravlje čoveka postoje brojne studije, kojima se dokazuje da povećana potrošnja ribe utiče na sprečavanje nastanka različitih koronarnih oboljenja (Arts i dr., 2001; Mozaffarian i dr., 2005; Mayneris-Perxachs i dr., 2010), smanjenja pojave hipertenzije (Calder, 2001), inflamatornih (Moreno i Mitjavila, 2003), autoimunih (Zamaria, 2004), malignih oboljenja (Terry i dr., 2004), dijabetesa (Nettleton i Katz, 2005) i drugo.

Sa aspekta potrošača, osim nutritivnog kvaliteta, od velikog značaja je i higijenska ispravnost mesa ribe. Brojni podaci iz literature ukazuju na prisustvo antropogenih zagađivača, kao što su organohlorni pesticidi (OCIP), polihlorovani bifenili (PCBs, polychlorinated biphenyls), dioksini, i dr., opšte prihvaćenog naziva POPs jedinjenja (persistent organic pollutants), toksični elementi i dr. u vazduhu, zemljištu i vodi (Stokholmska konvencija, 2002; Baldassarri i dr., 2007). POPs jedinjenja su toksična, nisu

podložna razgradnji i, preko vazduha, vode i migratorskih vrsta, transportuju se na velike razdaljine, daleko od mesta nastanka, gde dolazi do njihove bioakumulacije i biomagnifikacije u terestrialnim i akvatičnim ekosistema. Izloženost populacije perzistentnim organskim zagađivačima je najveća preko hrane, više od 90%, a proizvodi animalnog porekla, posebno riba, daju najveći doprinos ovoj izloženosti (Baldassarri i dr., 2007; Cole i dr., 2009).

Monitoring vodenih ekosistema, kako otvorenih voda, tako i akvakulturnih objekata, u pogledu kontaminacije POPs jedinjenjima predstavlja jedan veoma bitan faktor u obezbeđivanju higijenski ispravne hrane, odnosno ribe, i očuvanju zdravlja potrošača. Naime, potencijalni antropogeni zagađivači iz životne sredine mogu dospeti u vodene ekosisteme i, na taj način, mogu da kontaminiraju meso ribe kontaminantima prisutnim u vodi i sedimentu (Zoumis i dr., 2001; Vallod i Sarrazin, 2010; Dinović i dr., 2010). Stepent kontaminacije izlovljene ribe iz nekog ekosistema indirektno može da posluži kao bioindikator stepena kontaminacije tog ekosistema (Janković i dr., 2002). Direktno, može da ukaže na njenu higijensku ispravnost i, na taj način, može da se uslovi zabrana ili ograničeno korišćenje kontaminiranih vrsta riba u ishrani određenih kategorija potrošača (USDHHS-USEPA, 2004; Dewailly i dr., 2007). Stoga, iz gore navedenog, jasno proizilazi činjenica da se u ishrani ljudi mogu koristiti one vrste ribe, kako iz slobodnog izlova, tako i iz akvakulture, koje imaju visok sadržaj hranljivih sastojaka i niske koncentracije kontaminanata.

Da bi se procenio kvalitet, kao i stanje kontaminacije mesa određenih vrsta riba iz slobodnog izlova nekim POPs jedinjenjima i toksičnim metalima i, time, dao izvestan doprinos sagledavanju rizika i koristi od konzumiranja rečne ribe, kao cilj našeg rada postavljeno da se ispita osnovni hemijski sastav mesa ribe iz slobodnog izlova, kao i stepent kontaminacije organohlorni pesticidima, polihlorovanim bifenilima i toksičnim metalima.

Materijal i metode

Uzimanje i čuvanje uzoraka

Različite vrste rečne ribe (po pet od svake vrste: bucov, deverika, mrena, šaran, kečiga, štuka, ukupno 30 uzoraka) izlovljeno je iz Dunava u toku 2011. godine. Nakon izlovljavanja, uzorci ribe su pojedinačno upakovani u PVC kese i, u zaleđenom stanju, transportovani su do laboratorije, na ispitivanje.

Do laboratorijskih ispitivanja, zamrznuti uzorci ribe su čuvani na -18°C . Posle odmrzavanja, riba je eviscerirana, uklonjena je glava, rep, peraja, kao i koža i kičmeni stub, a zatim filetirana. Za potrebe ispitivanja, fileti ribe su homogenizovani, a ispitivanje osnovnog hemijskog sastava započeto je odmah. Za određivanja organohlor-nih pesticida, polihlorovanih bifenila i teških metala homogenizovani uzorci su čuvani u tamnim plastičnim kesama, na -18°C , do instrumentalnog određivanja.

Analize hemijskog sastava ribe

Sadržaj proteina ($N \times 6,25$) određen je metodom po Kjeldahlu, korišćenjem poluautomatske destilacione jedinice (Kjeltec Auto 1030 Analyzer), na aparatu za digestiju (Digestion System 20, Foss Tecator, Sweden), u skladu sa uputstvom proizvođača. Sadržaj vlage određen je sušenjem na $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, do konstantne mase (SRPS ISO 1442:1997). Ukupna mast određena je ekstrakcijom petroletrom po Soxhletu, nakon kisele hidrolize uzorka (SRPS ISO 1443:1997). Sadržaj pepela određen je merenjem mase ostatka nakon žarenja na $550 \pm 25^{\circ}\text{C}$ (SRPS ISO 936:1998).

Sva ispitivanja rađena su u tri ponavljanja.

Određivanje organohlor-nih pesticida i polihlorovanih bifenila

U filetima ribe ispitani su ostaci organohlor-nih pesticida (lindan, tj. γ -HCH, α + β -HCH, aldrin, dieldrin, heptahlor, *cis*- i *trans*-heptahlorepoksidi, p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD, endrin, heksahlorbenzen, tj. HCB i α + γ -hlordan), kao i kongeneri polihlorovanih bifenila, IUPAC brojevi 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180. Organohlor-ni pesticidi i polihlorovani bifenili u ribi su, posle ekstrakcije i prečišćavanja uzoraka, određeni primenom kapilarne gasne hromatografije sa ^{63}Ni detektorom sa zahvatom elektrona (GC/ECD), na aparatu VARIAN 3380.

Određivanje toksičnih metala

Priprema uzoraka za određivanja toksičnih metala u filetima ribe izvršena je primenom mikrotalasne digestije, u smeši azotne kiseline i vodonikperoksida, u skladu sa uputstvom za rukovanje aparatom za mikrotalasnu digestiju (ETHOS, Milestone, USA). Sadržaj olova i kadmijuma (Pb i Cd) određen je atomskom apsorpcionom spektrometrijom, uz primenu grafitne tehnike, na aparatu VARI-

AN Spectra A 220, sa grafitnom peći VARIAN GTA 110. Sadržaj žive (Hg) određen je tehnikom hladnih para, na uređaju VARIAN VGA 77.

Rezultati ispitivanja i diskusija

Hemijski sastav

Rezultati ispitivanja hemijskog sastava uzoraka mesa različitih vrsta rečne ribe (bucov, deverika, mrena, šaran, kečiga i štika) prikazani su u tabeli 1. Na osnovu dobijenih rezultata može da se konstatuje da postoje razlike u hemijskom sastavu mesa slatkovodne ribe iz slobodnog izlova. Ako se u ispitanim vrstama ribe poredi sadržaj proteina, uočava se da ne postoje značajne razlike ($p > 0,05$) u sadržaju proteina između pojedinih vrsta riba i da se sadržaj proteina nalazi u opsegu od $16,72 \pm 0,51\%$ (šaran) do $18,72 \pm 0,52\%$ (mrena). Najveće varijacije između pojedinih vrsta riba ustanovljene su u sadržaju vode, koji se nalazi u opsegu od $72,30 \pm 0,11\%$ (mrena) do $79,03 \pm 0,09\%$ (štuka). Sadržaj lipida je indirektno proporcionalan sadržaju vode. Najveći procentualni udeo lipida u ukupnom hemijskom sastavu dokazan je kod mreke ($7,98 \pm 0,12\%$), a najmanji kod štuke ($1,64 \pm 0,04\%$). Značajne razlike u sadržaju pepela (najmanji, $0,63 \pm 0,03\%$, štuka i najveći, $1,31 \pm 0,03\%$, mrena) mogu biti posledica prisustva sitnih kostiju u filetima ribe. Naime, kalcijum, koji nastaje mineralizacijom kostiju, može da doprinese većem masenom udelu pepela u ukupnom hemijskom sastavu filetiranog mesa ribe. U nama dostupnoj literaturi nisu pronađeni podaci koji bi se odnosili na rečnu ribu i stoga je veoma teško da se dobijeni rezultati porede. Čirko-*vić i dr.* (2011) su saopštili rezultate koje su dobili za hemijski sastav jednogodišnjeg šarana (voda – 77,78%, proteini – 16,86%; lipidi – 4,41% i pepeo – 0,94%), dvogodišnjeg šarana (voda – 75,01%, proteini – 15,59%; lipidi – 6,85% i pepeo – 0,89%) i trogodišnjeg (voda – 71,04%, proteini – 14,44%; lipidi – 11,73% i pepeo – 0,84%) iz polikulture. Rezultate slične našima objavili su Bud *i dr.* (2008), za šarana (voda – 73,22%, proteini – 16,60%; lipidi – 8,97%), štku (voda – 77,56%, proteini – 18,78%; lipidi – 2,56%) i deveriku (voda – 78,41%, proteini – 16,48%; lipidi – 2,96%), ali iz akvakulture, bez informacija o starosti ribe. S obzirom da su varijacije u hemijskom sastavu fileta ribe uslovljene genetskim faktorima, vrstom ribe, njenom starošću, masom ribe, sezonom, načinom ishrane, polom i dr., dobijeni rezultati se ne mogu korelisati i dublje analizirati, već ih treba prihvatiti kao informativne pokazatelje, značajne za ishranu ljudi.

Tabela 1. Hemijski sastav mesa različitih vrsta slatkovodnih riba iz slobodnog izlova (srednja vrednost \pm standardna devijacija), %

Table 1. Proximate composition of freshwater fish filets from free catching (mean value \pm standard deviation), %

	Proteini / Protein	Voda / Water	Lipidi / Lipids	Pepeo / Ash
Bucov / Asp	18,01 \pm 0,05	78,46 \pm 0,05	2,83 \pm 0,10	1,11 \pm 0,07
Deverika / Bream	17,59 \pm 0,05	78,64 \pm 0,04	3,20 \pm 0,08	0,81 \pm 0,04
Mrena / Barbel	18,72 \pm 0,52	72,30 \pm 0,11	7,98 \pm 0,12	1,31 \pm 0,03
Šaran / Carp	16,72 \pm 0,51	73,91 \pm 0,11	7,21 \pm 0,08	0,90 \pm 0,01
Kečiga / Sturgeon	17,60 \pm 0,20	75,12 \pm 0,10	5,42 \pm 0,10	0,91 \pm 0,11
Štuka / Pike	18,24 \pm 0,01	79,03 \pm 0,09	1,64 \pm 0,04	0,63 \pm 0,03

Kontaminanti iz okoline

Rezultati ispitivanja ostataka kontaminanta iz okoline (organohlorni pesticidi, polihlorovani bifenili i toksični metali) u različitim vrstama slatkovodne ribe iz slobodnog izlova (bucov, deverika, mrena, šaran, kečiga i štuka) prikazani su u tabeli 2. Na osnovu dobijenih rezultata može da se konstatuje da su, u ispitanim uzorcima ribe, sa izuzetkom mreke i bucova, dokazane količine OCIP (lindan, HCH, aldrin, dieldrin, heptahlor, heptahlorepsoksid, DDT, endrin, HCB i hlordan) daleko ispod maksimalno dozvoljenih količina, koje su propisane Pravilnikom o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje mogu da se nalaze u namirnicama (*Službeni list SRJ, 5/92, 11/92, – ispr. i 32/2002*). U uzorcima mreke i bucova, srednje vrednosti detektovanih količina ostataka DDT-a (\bar{x}) iznose 0,153 i 0,125 mg/kg mase uzorka, respektivno i veće su od postavljenog MDK (maksimalno dozvoljena količina), koja, za ukupni DDT u vrstama ribe koje sadrže manje od 10% masti, iznosi 0,100 mg/kg mase ribe. Ako se ukupni DDT posmatra kao zbir p,p'-DDT, p,p'-DDE i p,p'-DDD, evidentno je da najveći doprinos ukupnom DDT-u daje metabolit p,p'-DDE. Ovo jedinjenje nastaje razgradnjom p,p'-DDT; veoma je perzistentno u prirodi i, stoga, može da posluži kao mera ekspozicije DDT-u u prošlosti, a ima i insekticidna svojstva. U mreki je dokazano \bar{x} – 0,120 mg/kg p,p'-DDE, a u bucovu \bar{x} – 0,089 mg/kg uzorka, što ukazuje na „prošlu“ izloženost ekosistema delovanju DDT-a, odnosno na njegovu migraciju iz vode i sedimenta u ribu.

Od ispitanih toksičnih metala (Hg, Pb i Cd), živa je dokazana u svim uzorcima, olovo nije dokazano ni u jednom uzorku, a kadmijum samo u filetima kečige, u količini od \bar{x} – 0,015 mg/kg uzorka

(MDK=0,050 mg/kg). Količina žive koja je dokazana u filetima bucova (\bar{x} – 1,255 mg/kg) nalazi se iznad MDK (0,5 mg/kg). U svim ostalim uzorcima sadržaj žive nalazi se ispod MDK, i to: \bar{x} – 0,484 mg/kg u štuki, \bar{x} – 0,288 mg/kg u deverici, \bar{x} – 0,218 mg/kg u mreki, \bar{x} – 0,146 mg/kg u kečigi i \bar{x} – 0,099 mg/kg u šaranu. *Andreji i dr.* (2006) su, u uzorcima rečnog šarana, dokazali prisustvo olova u opsegu koncentracija od 0,30–0,49 mg/kg uzorka, a kadmijuma u opsegu od 0,23–1,81 mg/kg uzorka. Živa je dokazana u opsegu od 0,46–0,95 mg/kg uzorka, što je slično našim rezultatima. *Karadede i Ünlü* (2000), u uzorcima jezerskog šarana, nisu dokazali prisustvo Pb, Cd i Hg.

Podaci iz literature (*Zoumis i dr.*, 2001; *Dinović i dr.*, 2010) ukazuju na mogućnost mobilizacije zagađivača iz vodenih ekosistema, pre svega hlorovanih organskih jedinjenja i toksičnih elemenata, u floru i faunu ekosistema i na njihovu bioakumulaciju i biomagnifikaciju na različitim nivoima trofične piramide. Stoga je neosporno da se antropogeni zagađivači iz životne sredine, koji dospevaju u vodene ekosisteme, mogu akumulirati i kontaminirati meso ribe kontaminantima prisutnim u vodi i sedimentu. *Dinović i dr.* (2010) sopštavaju rezultate koji su dobijeni za kontaminante iz okoline u konzumnom šaranu (DDT: 0,001–0,028; PCBs: 0,001–0,030; Pb: 0,05–0,15; Cd: 0,005–0,020; Hg: 0,005–0,045), vodi i mulju ekosistema za uzgoj šarana i konstatuje da veće količine toksičnih elemenata u mesu ribe mogu biti posledica njihove migracije iz vode i mulja u ribu.

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 2., može da se konstatuje da u ispitanim uzorcima nisu prekoračene maksimalno dozvoljene količine ostataka polihlorovanih bifenila, koje su propisane Pravilnikom. Suma individualnih kongenera PCB nalaze se u opsegu koncentracija od 0,005–0,090 mg/kg mase uzorka. Ako se porede rezultati koji su dobijeni za zbir individualnih kongenera PCB (IUPAC br. 28, 52, 101, 118, 138,

Tabela 2. Kontaminanti iz okoline u mesu različitih vrsta slatkovodne ribe iz slobodnog izlova (\bar{x} , mg/kg)
Table 2. Environmental contaminants in freshwater fish filets from free catching (\bar{x} , mg/kg)

	Bucov / Asp	Deverika / Bream	Mrena / Barbel	Šaran / Carp	Kečiga / Sturgeon	Štuka / Pike	MDK / MRL
Pesticidi/Pesticides							
HCB	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	< 0,001	0.020
γ -HCH	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0.010
cis-heptahlorepoxid/ cis-heptachlor epoxide	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	< 0,001	0.020
trans-heptahlorepoxid/ trans-heptachlor epoxide	0,003	0,001	0,005	0,003	0,003	< 0,001	
Dieldrin	0,004	0,002	< 0,001	< 0,001	0,004	< 0,001	0.020
pp' DDE	0,089	0,015	0,120	0,012	0,017	0,004	0.100
pp' DDD	0,011	0,008	0,015	0,006	0,009	0,002	
pp' DDT	0,025	0,008	0,017	0,009	0,008	< 0,001	
Σ DDT+DDE+DDD	0,125	0,031	0,153	0,027	0,034	0,006	
PCBs							
28	0,002	0,004	0,002	0,004	0,003	< 0,001	3
52	0,004	0,002	0,003	0,004	0,003	< 0,001	
101	0,008	0,004	0,009	0,007	0,009	< 0,001	
118	0,021	0,008	0,021	0,010	0,012	< 0,001	
153	0,030	0,016	0,029	0,016	0,022	0,002	
138	0,014	0,006	0,014	0,007	0,010	0,002	
180	0,011	0,004	0,006	0,004	0,004	0,001	
Σ PCB	0,090	0,043	0,084	0,051	0,063	0,005	
Teški metali / Heavy metals							
Hg	1,255	0,288	0,218	0,099	0,146	0,484	0.500
Pb	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0.300
Cd	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,015	< 0,005	0.050

< (manje od limita detekcije)/(below detection limit)

153 i 180) sa rezultatima *Jankovica i dr.* (2002) za iste kongenere, sa izuzetkom kongenera 118, u uzorcima rečnih riba izlovljenih pre desetak godina, saznanja do kojih se dolazi ukazuje da stanje zagađenja naših reka postaje godinama sve ozbiljnije. Naime, da bi ustanovili stepen kontaminacije reka Dunava i Save nakon akcidenata u glavnom gradu, kao bioindikator stepena kontaminacije tih vodenih ekosistema autori su koristili izlovljenu ribu iz navedenih reka. U 15 uzoraka ribe izlovljene iz Save dokazani su individualni kongeneri PCB (IUPAC br. 28, 52, 101, 138, 153 i 180) u opsegu koncentracija od 0,024–0,524 mg/kg masti, od-

nosno od 0,001–0,043 mg/kg uzorka. Ispitano je i 23 uzorka ribe iz Dunava, u kojima su dokazani individualni kongeneri PCB u opsegu koncentracija od 0,018–1,464 mg/kg masti, odnosno od 0,001–0,015 mg/kg uzorka. S obzirom da, tokom godina, dolazi do bioakumulacije PCB-a u ribi, autori predlažu da se, u cilju praćenja stanja zagađenja ovih reka nakon akcidenata, sprovede monitoring koncentracija PCB u ribi kao bioindikator zagađenja voda. Sa druge strane, rezultati ispitivanja kontaminacije tkiva ribe ukazuju na njenu higijensku ispravnost i, na osnovu toga, procenjuje se da li ta riba može da se koristi za javnu potrošnju.

Zaključak

S obzirom da su maksimalno dozvoljene količine organohlornih pesticida (ukupni DDT), koje su propisane Pravilnikom, prekoračene u uzorcima bučova i mreke, a količine toksičnih elemenata (Hg) u uzorku bučova, ove vrste ribe se ne mogu smatrati prihvatljivim i bezbednim za zdravlje potrošača.

U ishrani ljudi se ne mogu koristiti one vrste riba, kako iz slobodnog izlova, tako i iz akvakulture,

koje, iako imaju visok sadržaj hranljivih sastojaka, imaju visoke koncentracije kontaminanata, kao što su organohlorni pesticidi, polihlorovani bifenili toksični elementi i drugo.

U cilju praćenja stanja zagađenja otvorenih voda, a imajući u vidu akcidentalne situacije iz prošlosti, neophodno je da se sprovede permanentni monitoring kontaminanata iz okoline u ribi kao bioindikator stepena zagađenja tih voda.

Literatura

- Alasalvar C., Taylor K. D. A., Zubcom E., Shahidi F., Alexis M., 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79, 145–150.
- Andreji J., Stránai I., Massányi P., Valent, M., 2006. Accumulation of Some Metals in Muscles of Five Fish Species from Lower Nitra River. *Journal of Environmental Science & Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 41, 2607–2622.
- Arts M. T., Ackman R. G., Holub B. J., 2001. „Essential fatty acids” in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 122–137.
- Baldassarri L. T., Abate V., Alivernini S., Battistelli C. L., Carasi S., Casella M., Iacovella N., Iamiceli A. L., Indelicato A., Scarcella C., La Rocca C., 2007. A study on PCB, PCDD/PCDF industrial contamination in a mixed urban-agricultural area significantly affecting the food chain and the human exposure. Part I: Soil and feed. *Chemosphere*, 67, 1822–1830.
- Bud I., Ladosi D., Reka S.T., Negrea O., 2008. Study concerning chemical composition of fish meat depending on the considered fish species. *Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii*, 41, 201–206.
- Cahu C., Salen P., de Lorgeril M., 2004. Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14, 34–41.
- Calder P. C., 2001. Polysaturated fatty acids, inflammation and immunity. *Lipids*, 36, 1007–1024.
- Ćirković M., Trbović D., Ljubojević D., Djordjević V., 2011. Meat quality of fish farmed in polyculture in carp ponds in Republic of Serbia. *Meat technology* 52, 106–121.
- Cole D. W., Cole R., Gaydos S. J., Gray J., Hyland G., Jacques M. L., Powell-Dunford N., Sawhney C., Au W. W., 2009. Aquaculture: Environmental, toxicological, and health issues. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212, 369–377.
- Dewailly É., Ayotte P., Lucas M., Blanchet C., 2007. Risk and benefits from consuming salmon and trout: A Canadian perspective. *Food and Chemical Toxicology*, 45, 1343–1348.
- Đinović J., Trbović D., Vranić D., Janković S., Spirić D., Radičević T., Spirić A., 2010. Stanje ekosistema, kvalitet i bezbednost mesa šarana (*Cyprinus carpio*) iz akvakulture u toku uzgoja, *Tehnologija mesa*, 51, 124–132.
- Jankovic S., Radicevic T., Spiric A., Nedeljkovic M., 2002. Contamination of Freshwater Fish from Rivers Sava and Danube with Polychlorinated Biphenyls, ENRY 2001, September, 27-30 (2001), published in the Monograph „Environmental Recovery of Yugoslavia”, ed. D. Antic, Inst. of Nucl. Sci. – Vinca, Belgrade, Yugoslavia (2002).
- Karadede H., Ünlü E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41, 1371–1376.
- Lichtenstein A. H., Appel L. J., Brands M., Carnethon M., Daniels S., Franch H. A., Franklin B., Kris-Etherton P., Harris W. S., Howard B., Karanja N., Lefevre M., Rudel L., Sacks F., Van Horn L., Winston M., Wylie-Rosett J., 2006. Diet and lifestyle recommendations revision 2006: A scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, 114, 82–96.
- Mayneris-Perxachs J., Bondia-Pons I., Serra-Majem L., Castellote A. I., 2010. Long-chain n-3 fatty acids and classical cardiovascular disease risk factors among the Catalan population. *Food Chemistry*, 119, 54–61.
- Moreno J. J., Mitjavila M. T., 2003. The degree of unsaturation of dietary fatty acids and the development of atherosclerosis (review). *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 182–195.
- Mozaffarian D., Psaty B. M., Rimm E. B., Lemaitre R. N., Burke G. L., Lyles M. F., Lefkowitz D., Siscovick D. S., 2004. Fish intake and risk of incident atrial fibrillation. *Circulation*, 110, 368–373.
- Mozaffarian D., Ascherio A., Hu F. B., Stampfer M. J., Willett W. C., Siscovick D. S., Rimm E. B., 2005. Interplay between different polysaturated fatty acids and risk coronary heart disease in men. *Circulation*, 111, 157–164.
- Nettleton J. A., Katz R., 2005. n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in type 2 diabetes: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 105, 428–440.
- Službeni list SRJ 5/92, 11/92, 32/2002. Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstanci koje se mogu nalaziti u namirnicama, 5, 6–85.
- Spirić A., Trbović D., Vranić D., Đinović J., Petronijević R., Milijašević M., Janković S., Radičević T., 2009. Uticaj masnih kiselina u hrani na sastav masnih kiselina i količinu holesterola kod kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus Mykiss*). *Tehnologija mesa*, 50, 179–188.
- SPRS ISO 1442/1998. Meso i proizvodi od mesa. Određivanje sadržaja vlage.
- SPRS ISO 1443/1992. Meso i proizvodi od mesa. Određivanje sadržaja ukupne masti.
- SPRS ISO 936/1999. Meso i proizvodi od mesa. Određivanje ukupnog pepela.

- Stokholmska konvencija, 2002.** <http://www.pops.int>
- Terry P. D., Terry J. B., Rohan T. E., 2004.** Long-chain (n-3) fatty acid intake and risk of cancers of the breast and prostate recent epidemiological studies, biological mechanisms, and directions for future research. *Journal of Nutrition*, 134, 3412S–3420S.
- Trbović D., Vranić D., Đinović J., Borović B., Spiric D., Babić J., Spirić A., 2009.** Masnokiselinski sastav i sadržaj holesterola u filetima jednogodišnjeg šarana (*Cyprinus carpio*) u fazi uzgoja. *Tehnologija mesa*, 50, 276–286.
- USDHHS-USEPA (US Department of Health and Human Services and US Environmental Protection Agency), 2004.** What you need to know about mercury in fish and shellfish. EPA and FDA advice for: women who might become pregnant-women who are pregnant-nursing mothers-young children. -823-R-04-005. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/admehg3.html> (last access date: April 10, 2006).
- Vallod D., Sarrazin B., 2010.** Water quality characteristics for draining an extensive fish farming pond. *Hydrological sciences journal-journal des sciences hydrologiques*, 55, 394–402.
- Vladau V.V., Bud I., Stefan R., 2008.** Nutritive value of fish meat comparative to some animals meat. *Bulletin UAS-VM Animal Science and Biotechnologies*, 65, 301–305.
- Von Shacky C., 2001.** Clinical trials, not n-6 to n-3 ratios, will resolve whether fatty acids prevent coronary heart disease. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 423–427.
- Weaver K. L., Ivester P., Chilton J. A., Wilson M. D., Pandey P., Chilton F. H., 2008.** The content of favorable and unfavorable polyunsaturated fatty acids found in commonly eaten fish. *Journal of the American Dietetic Association*, 108, 1178–1185.
- Zamaria N., 2004.** Alteration of polysaturated fatty acid status and metabolism in health and disease. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 273–282.
- Zoumis T., Schmidt A., Grigorova L., Calmano, W., 2001.** Contaminants in sediments: remobilization and demobilization. *Science of the Total Environment*, 266, 195–202.

Safety and quality of meat of some freshwater fish in Serbia

Trbović Dejana, Janković Saša, Čirković Miroslav, Nikolić Dragica, Matekalo-Sverak Vesna, Đorđević Vesna, Spirić Aurelija

Summary: It has been proven scientifically that eating fish is very beneficial to human health. From the consumer stand point, in addition to the nutritional quality, meat hygiene is also of great importance. Numerous literature data indicate to the presence of anthropogenic pollutants, of generally recognized name POPs compounds (persistent organic pollutants), which are toxic, not subject to degradation and, through air, water and migratory species, are transported to great distances, where their bioaccumulation and biomagnifications occur in terrestrial and aquatic organisms. Exposure of the population to persistent organic pollutants is the largest by way of food, over 90%, and products of animal origin, especially fish, which gives the highest contribution to this exposure. In order to evaluate the quality as well as the contamination of meat of certain fish species from free catching by certain POPs compounds and toxic elements and, in this way, to give certain contribution to the assessment of risk and benefit from consumption of fish, objective of our study was to analyze proximate composition of fish meat from free catching as well as the degree of contamination by organochlorine pesticides (OCIP), polychlorinated biphenyls (PCBs) and toxic metals.

In fish fillets of different species from free catching (asp, bream, barbel, carp, sturgeon and pike) proximate composition was determined (proteins, water, lipids and ash) as well as residues of organochlorine pesticides (lindane, i.e. γ -HCH, α + β -HCH, aldrin, dieldrin, heptachlorine, cis- and trans-heptachlor epoxide, p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD, endrin, hexachlorobenzene, i.e. HCB and α + γ -hlordan), congeners of polychlorinated biphenyls, IUPAC numbers 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 and of heavy metals – mercury, lead and cadmium.

Based on the obtained results, it was established that there were no significant differences between certain fish species in regard to protein content, which ranged from 16,72 \pm 0,51% (carp) to 18,72 \pm 0,52% (barbel). More significant differences were registered in the water content; the values obtained ranged from 72,30 \pm 0,11% (barbel) to 79,03 \pm 0,09% (pike). The highest percentage of lipids was determined in barbel (7,98 \pm 0,12%) and the lowest in pike (1,64 \pm 0,04%). The determined ash values were in the range from 0,63 \pm 0,03%, in pike to 1,31 \pm 0,03%, in barbel.

In all analyzed fish samples, with the exception of barbel and asp, the OCIP residues were determined below MRLs (maximum residue limit), as regulated by the Rulebook. In barbel and asp significant amounts of DDT residues were determined (mean values, \bar{x} – 0,153 and 0,125 mg/kg fresh weight, respectively), which exceed the established MRLs. Maximum residue limits for polychlorinated biphenyls were not exceeded. Of investigated toxic metals (Hg, Pb and Cd), mercury was detected in all samples, lead in none of the samples and cadmium only in sturgeon, in the amount of \bar{x} – 0,015 mg/kg of sample fresh weight. The amount of mercury registered in asp (\bar{x} – 1,255 mg/kg) was above the MRL (0,5 mg/kg). In all other species, detected amounts of mercury were below MRL, as follows: \bar{x} – 0,484 mg/kg in pike, \bar{x} – 0,288 mg/kg in bream, \bar{x} – 0,218 mg/kg in barbel, \bar{x} – 0,146 mg/kg in sturgeon and \bar{x} – 0,099 mg/kg in carp.

Key words: freshwater fish, proximate composition, organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls, toxic metals.

Rad primljen: 19.09.2011.

Rad prihvaćen: 30.09.2011.