



OBSAH ŤAŽKÝCH KOVOV (Co, Ni, Cr, Pb, Cd) V TKANIVÁCH RÝB Z RIEKY NITRA

Heavy metals (Co, Ni, Cr, Pb, Cd) content in tissues of Nitra river fishes

I. STRÁŇAI, J. ANDREJI

Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra; Slovak Agricultural University, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT

In this study the heavy metal (Co, Ni, Cr, Pb, Cd) content in muscle, liver and kidney of totally 53 fish individuals, belonging to eight species (chub *Leuciscus cephalus*, common carp *Cyprinus carpio*, Prussian carp *Carassius gibelio*, common bream *Abramis brama*, sneep *Chondrostoma nasus*, European perch *Perca fluviatilis*, zander *Sander lucioperca* and Wels catfish *Silurus glanis*) was determined. The samples were collected from the river Nitra at 53th–54th r.km (in the city district Nitra–Krškany) in September 2003.

Samples of fish muscle, liver and kidney were obtained at weight 2–3 g (in the case of European perch three samples of kidney were merged together, due to a small quantity of tissue). Heavy metal contents in the fish tissues were analysed by an atomic absorption spectrophotometer (AAS) using nitric acid HNO_3 (results are presented in milligram per kilogram wet weight basis). For statistical analysis, the anova one-way test, Kruskal–Wallis test and Kolmogorov–Smirnov two-sample test were used with computer program Statgraphics Plus version 5.1.

In the selected tissues following concentrations of monitored metals were detected:

	muscle	liver	kidney	
Co	0.07 – 0.24	0.03 – 0.87	0.08 – 2.16	
Ni	0.06 – 0.19	0.00 – 0.85	0.08 – 0.83	
Cr	0.03 – 0.13	0.07 – 0.51	0.00 – 0.51	
Pb	0.11 – 0.59	0.00 – 1.29	0.00 – 2.15	
Cd	0.03 – 0.30	0.03 – 0.58	0.00 – 6.79	

Monitored metals in the majority of cases are cumulated in kidney and liver, then in muscle, as follows:

Co	kidney > liver > muscle
Ni	kidney > muscle > liver
Cr	liver > kidney > muscle
Pb	kidney > muscle > liver
Cd	kidney > liver > muscle

Significant differences between metals accumulation in tissues of predatory and non-predatory fish species were observed (without cobalt, nickel, lead and cadmium in liver, as well as nickel, chromium, lead and cadmium in kidney). Non-predatory fish species contain significantly more cobalt, nickel, chromium, lead and cadmium in muscle, chromium in liver, as well as cobalt in kidney.

Key words: metals, Co, Ni, Cr, Pb, Cd, accumulation, fish, Nitra river, Slovak Republic

Correspondence: E-mail: Ivan.Stranai@uniag.sk

Jednou z veľmi dôležitých podmienok toxického pôsobenia ťažkých kovov je forma a spôsob, akým sa do živého organizmu dostávajú. Môže ísť o jednoduchšie alebo komplexné ióny, zlúčeniny, prípadne o elementárnu formu kovov. Ich prenos sa môže uskutočňovať v tuhom alebo plynnom skupenstve, v rôznych typoch roztokov, prvky môžu byť sorbované alebo absorbované na rôznych nosičoch, biologicky viazané na rastlinné alebo živočíšne orgány a pod.

Konečným faktorom toxického pôsobenia ťažkého kovu je jeho väzba na rôzne orgány tela s následným vyvolaním chorobných alebo aj iných zmien organizmu. Toto sa deje v dôsledku zložitých biochemických procesov, pričom sa koncentrácia kovov neustálym dopĺňaním dávok zvyšuje, resp. za určitých podmienok sa môže z organizmu vyplavovať. Treba si však uvedomiť, že niektoré kovy alebo prvky, ktoré sa donedávna považovali za toxické v celom rozsahu (napr. chróm, selén), sú v určitých koncentráciách pre vyššie organizmy nevyhnutné.

S rastúcim stupňom znečistenia životného prostredia sa záujem o dôsledky pôsobenia toxických látok na živé systémy všeobecne zvyšuje. V predloženej práci sa z celého komplexu látok zaoberáme piatimi prvkami, ktoré kontaminujú svalstvo, pečeň a obličky rýb z rieky Nitra.

Najvyššie prípustné množstvá v tkanivách rýb podľa Potravinového kódexu z roku 2003 a 2004 sú pre jednotlivé prvky nasledovné: pre kobalt hodnota nie je

definovaná, pre nikel je to 0,5 mg, pre chróm 4,0 mg, pre olovo 0,2 mg a pre kadmium 0,05 mg na kilogram tkaniva.

MATERIÁL A METÓDA

Za účelom zistenia kontaminácie rýb v rieke Nitra sme z nej v septembri 2003 odlovili ryby elektrickým agregátom v mestskej časti Nitra-Krškany, v úseku od kafilérie po čističku odpadových vôd (53.0 – 54.0 r.km). Z odlovených rýb sme odobrali vzorky svaloviny, pečene a obličiek o hmotnosti 2–3 g (v prípade obličiek ostrieža sme zlúčili tri vzorky kvôli malému množstvu tkaniva). Obsah jednotlivých ťažkých kovov sme vo vybraných tkanivách stanovili metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie za použitia HNO₃ (výsledky uvádzame v miligramoch na kilogram čerstvej hmoty). Získané výsledky sme štatisticky spracovali metódou analýzy variancie, Kruskal–Vallisovým a Kolmogorov–Smirnovým testom v programe Statgraphic Plus verzia 5.1.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Celkove sme z rieky Nitra vo vymedzenom úseku odlovili 53 rýb patriacich k ôsmim druhom. Ich bližšiu charakteristiku (vek, dĺžku a hmotnosť tela) udáva tabuľka 1.

Tabuľka 1: Charakteristika analyzovaných rýb
Table 1: Characteristics of analyzed fish

¹ Čeľad'	² Druh	³ Počet	⁴ Vek (roky)	⁵ Dĺžka tela (mm)				⁶ Hmotnosť (g)			
				min.	max.	\bar{x}	s	min.	max.	\bar{x}	s
	<i>Leu. ceph.</i>	11	2–6	196	425	303	62,6	79	1360	533	362,3
	<i>Cyp. carp.</i>	4	5	500	580	531	34,2	2880	4320	3608	648,5
Cypr.	<i>Car. gib.</i>	10	2–5	195	320	260	39,3	297	1137	619	270,6
	<i>Abr. br.</i>	10	3–7	290	460	376	66,7	581	2276	1270	619,3
	<i>Chon. nas.</i>	4	4–5	290	360	322	29,3	424	725	561	125,3
Perc.	<i>Per. fluv.</i>	3	5–6	172	200	188	14,4	106	199	152	46,5
	<i>San. lucio.</i>	6	4–6	380	510	424	53,5	618	1778	952	449,3
Silur.	<i>Sil. gl.</i>	5	2–8	470	1150	800	297,9	775	10600	4804	4622,8

¹Family, ²Species, ³Count, ⁴Age (years), ⁵Standard length, ⁶Body weight; min., max. – minimum, maximum; \bar{x} – priemer – average; s – smerodajná odchýlka – standard deviation

Cypr. (*Cyprinidae*) – kaprovité – minnows or carps

Perc. (*Percidae*) – ostriežovitité – perches

Silur. (*Siluridae*) – sumcovité – sheatfishes

Leu. ceph. (*Leuciscus cephalus*) – jalec hlavatý – chub

Cyp. carp. (*Cyprinus carpio*) – kapor pontokaspický – common carp

Car. gib. (*Carassius gibelio*) – karas striebristý – Prussian carp

Abr. br. (*Abramis brama*) – pleskáč vysoký – common bream

Chon. nas. (*Chondrostoma nasus*) – podustva severná – sneep

Per. fluv. (*Perca fluviatilis*) – ostriež zelenkavý – European perch

San. lucio. (*Sander lucioperca*) – zubáč veľkoústý – zander

Sil. gl. (*Silurus glanis*) – sumec západný – Wels catfish

Tabuľka 2: Obsah kobaltu a niklu v tkanivách rýb
Table 2: Cobalt and nickel contents in fish tissues

¹ Druh	⁴ Tkanivo	⁵ Kobalt				⁶ Nikel				
		\bar{x}	s	min.	max.	\bar{x}	s	min.	max.	
⁷ Potravinový kódex SR	m					0,5 mg.kg ⁻¹				
	l	⁸ nedefinuje najvyššie prípustné množstvo				0,5 mg.kg ⁻¹				
	k					0,5 mg.kg ⁻¹				
² nedravé druhy	<i>Leu. ceph.</i>	m	0,15	0,03	0,10	0,18	0,12	0,01	0,09	0,14
		l	0,27	0,21	0,07	0,87	0,17	0,09	0,06	0,35
		k	0,62	0,60	0,11	2,16	0,31	0,20	0,12	0,83
	<i>Cyp. carp.</i>	m	0,11	0,04	0,08	0,16	0,09	0,02	0,07	0,12
		l	0,12	0,04	0,08	0,17	0,08	0,06	0,00	0,13
		k	0,29	0,09	0,16	0,39	0,24	0,05	0,18	0,30
	<i>Car. gib.</i>	m	0,14	0,03	0,11	0,20	0,14	0,02	0,12	0,17
		l	0,16	0,12	0,03	0,41	0,12	0,12	0,00	0,41
		k	0,20	0,09	0,08	0,36	0,27	0,11	0,10	0,51
	<i>Abr. br.</i>	m	0,19	0,04	0,13	0,24	0,11	0,02	0,08	0,14
		l	0,18	0,04	0,09	0,23	0,06	0,07	0,00	0,19
		k	0,26	0,06	0,15	0,34	0,29	0,12	0,08	0,42
	<i>Chon. nas.</i>	m	0,15	0,01	0,14	0,17	0,15	0,03	0,12	0,19
		l	0,27	0,09	0,13	0,34	0,14	0,10	0,06	0,28
		k	0,41	0,21	0,17	0,62	0,19	0,08	0,09	0,29
³ dravé druhy	<i>Per. fluvi.</i>	m	0,11	0,04	0,08	0,15	0,11	0,03	0,08	0,13
		l	0,37	0,26	0,16	0,66	0,42	0,43	0,00	0,85
		k *	0,19	-	-	-	0,46	-	-	-
	<i>Sil. glan.</i>	m	0,09	0,02	0,07	0,11	0,09	0,02	0,07	0,12
		l	0,13	0,06	0,06	0,19	0,09	0,05	0,03	0,14
		k	0,17	0,03	0,13	0,21	0,13	0,04	0,10	0,19
<i>San. lucio.</i>	m	0,12	0,02	0,10	0,15	0,11	0,04	0,06	0,15	
	l	0,16	0,07	0,11	0,26	0,10	0,05	0,00	0,16	
	k	0,17	0,09	0,10	0,31	0,30	0,16	0,15	0,52	
\bar{x} S	m	0,14	0,04	0,07	0,24	0,12	0,03	0,06	0,19	
	l	0,20	0,14	0,03	0,87	0,13	0,14	0,00	0,85	
	k	0,32	0,33	0,08	2,16	0,27	0,14	0,08	0,83	
\bar{x} NPr	P	m : l++		m : k+++		l : k+		m : l+		
	m	0,15	0,04	0,08	0,24	0,12	0,03	0,07	0,00	
	l	0,20	0,14	0,03	0,87	0,11	0,10	0,19	0,41	
\bar{x} Pr	k	0,36	0,36	0,08	2,16	0,27	0,14	0,08	0,83	
	P	m : l+		m : k+++		l : k++		m : l++		
	m	0,10	0,03	0,07	0,15	0,10	0,03	0,06	0,15	
d Npr – Pr	l	0,19	0,15	0,06	0,66	0,16	0,22	0,00	0,85	
	k	0,17	0,06	0,10	0,31	0,23	0,15	0,10	0,52	
	P	m : l+		m : k++		m : k+				
d Npr – Pr	m	0,05				0,02				
	l	0,01				-0,05				
	k	0,19				0,04				
P	m : m+++		k : k++		m : m+					

+P<0,05 ++P<0,01 +++P<0,001; *súhrnná vzorka – cumulative sample

¹Species, ²Non-predatory species, ³Predatory species, ⁴Tissue, ⁵Cobalt, ⁶Nickel, ⁷Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic, ⁸maximal acceptable values are not defined

m – sval – muscle; l – pečeň – liver; k – obličky - kidney;

\bar{x} – aritmetický priemer - average; s – smerodajná odchýlka – standard deviation; \bar{x} S – priemer za všetky druhy – average for all species;

\bar{x} NPr – priemer za nedravé druhy - average for non-predatory species; \bar{x} Pr – priemer za dravé druhy - average for predatory species;

d NPr – Pr – rozdiel medzi nedravými a dravými druhmi - difference between non-predatory and predatory species;

P – rozdiel preukazný na hladine $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ alebo $\alpha = 0,001$ - difference significant at level $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ or $\alpha = 0,001$

Ostatné symboly ako v tabuľke 1. Other symbols are identical with those of the table 1.

Kobalt

Vnútorne orgány rýb všeobecne majú tendenciu kumulovať viac kovov (a kobalt nie je výnimkou) ako svalovina. Poradie tkanív podľa stanoveného obsahu kobaltu je nasledovné: obličky > pečeň > sval.

Najvyššie hodnoty kobaltu sme zistili v obličkách, kde pri jednotlivých druhoch dosahovali 0,17 – 0,62 mg.kg⁻¹ pri priemere 0,32 mg.kg⁻¹ (tab. 2). Extrémne hodnoty (1,11 a 2,16 mg.kg⁻¹) vykazovali dve vzorky jalca hlavateho, pričom hodnota 2,16 mg je aj absolútne najvyššia hodnota nameraná vo vzorkách nami odchytených rýb z rieky Nitra. Obsah kobaltu v pečeni kolísal v rozpätí 0,03 – 0,87 mg.kg⁻¹ pri priemere 0,20 mg.kg⁻¹. Zistili sme aj dve extrémne hodnoty – 0,66 mg.kg⁻¹ v pečeni ostrieža zelenkavého a 0,87 mg.kg⁻¹ u jalca hlavateho. V svalovine obsah kobaltu dosahuje len 0,07 – 0,24 mg.kg⁻¹.

Hodnoty získané v tkanivách rýb z rieky Nitra pred tromi rokmi (Andreji a Stráňai, 2001) sú mierne vyššie, pričom v svalovine dosahujú 0,13 – 0,38 mg.kg⁻¹, v pečeni 0,38 – 0,44 mg.kg⁻¹ a v obličkách 0,70 – 1,01 mg.kg⁻¹.

Z porovnania obsahu kobaltu v tkanivách rýb z iných povodí vidieť, že pri kontaminácii rôznych tkanív neplatí tendencia postupného narastania obsahu kobaltu v smere sval < pečeň < obličky. Napríklad pri dravých rybách (šľuka holarktická *Esox lucius*, sumec západný *Silurus glanis*, mieň sladkovodný *Lota lota*), ale aj u plotice červenookej *Rutilus rutilus*, pleskáča malého *Abramis bjoerkna*, jalca hlavateho *Leuciscus cephalus* a jesetera malého *Acipenser ruthenus* z Dunaja Stráňai a Andreji (1999) stanovili viac kobaltu v svalovine. Podobnú tendenciu badať aj u jalca tmavého *Leuciscus idus*, kapra pontokaspického *Cyprinus carpio*, karasa striebristého *Carassius gibelio*, pleskáča malého *Abramis bjoerkna* a pleskáča vysokého *Abramis brama* v stojatých vodách pri vodnej nádrži Kráľová (Stráňai a Andreji, 2002). Obsah kobaltu v tkanivách rýb z povodí iných slovenských riek neprekračuje hodnoty zistené v rieke Nitra. Maximálne hodnoty zistili Stráňai a Andreji (1999) v obličkách šľuky holarttickej *Esox lucius* (0,86 mg.kg⁻¹). Veľa kobaltu (7,90 mg.kg⁻¹) obsahovali aj obličky zubáča veľkoústeho *Sander lucioperca* odchyteného v ramenách Váhu (2002). Ešte vyššie hodnoty uvádzajú Bican a Drbal (1981) v slezine siha marény *Coregonus maraena* (12,0 mg.kg⁻¹) a v obličkách zubáča veľkoústeho *Sander lucioperca* (10,8 mg.kg⁻¹) z riek južných Čiech. Naopak hodnoty pod hranicou zistiteľnosti uvádzajú Gumgum a kol. (1994) a Unlu a kol. (1996) u rýb z rieky Tigris.

Nikel

V tkanivách rýb sa kumuluje v rôznom množstve, pričom hodnoty zistené v rôznych druhov rýb poukazujú na rozdielnú vnímavosť každého druhu na tento kov (tab. 2). Pri spriemerovaní všetkých vzoriek sme v svalovine zistili hodnotu 0,11 mg (0,06 – 0,19 mg), v pečeni 0,12 mg

(0,00 – 0,85 mg) a v obličkách 0,26 mg (0,08 – 0,83 mg) na kilogram tkaniva. Niektoré druhy (karas striebristý, pleskáč vysoký, podustva severná, zubáč veľkoústý) obsahujú viac niklu v svalovine ako v pečeni.

V porovnaní s údajmi z povodí iných riek môžeme považovať obsah niklu v rieke Nitra za nízky. Mierne zvýšený obsah niklu bol stanovený v tkanivách rýb z Dunaja v svalovine 0,11 – 0,41 mg, v pečeni 0,14 – 0,41 mg a v obličkách 0,27 – 0,67 mg.kg⁻¹ (Stráňai a Andreji, 1999). Aj ryby odchytené z Váhu nad Koptovcami mali zvýšený obsah niklu – v svalu 0,24 – 0,26 mg, v pečeni 0,11 – 0,29 mg a v obličkách 0,20 – 0,84 mg.kg⁻¹ (Stráňai, 1998). Hodnoty v tkanivách rýb v rieke Nitra spred troch rokov sú podobné našim hodnotám v svalovine (0,06 – 0,30 mg.kg⁻¹) a pečeni (0,05 – 0,16 mg.kg⁻¹), len v obličkách sú zvýšené (0,23 – 0,73 mg.kg⁻¹) (Andreji a Stráňai, 2001).

Zvýšený obsah niklu zistila Svobodová a kol. (1993) u rýb z Labe v úseku od Ústí nad Labem po Hřensko, a to v svalovine 0,18 – 0,68 mg, v pečeni 0,21 – 1,89 mg a v obličkách 0,21 – 5,70 mg.kg⁻¹.

Aj Nussey a kol. (2000) uvádza vyššie hodnoty niklu pri druhu *Labeo umbratus* z nádrže Witbank (Južná Afrika), a to v svalovine 4,74 – 114,51 mg a v pečeni 4,03 – 83,67 mg na kilogram sušiny. Unlu a kol. (1996) uvádza v svalovine rýb *Liza abu* z rieky Tigris 16,55 mg (1,90 – 106,20 mg.kg⁻¹) a v pečeni 92,43 mg (1,64 – 550,11 mg.kg⁻¹). Vysoké hodnoty niklu stanovil pri dvoch druhoch rýb z rieky Tigris Gumgum a kol. (1994), a to v svalovine 8–95 mg a v pečeni 105–502 mg na kilogram čerstvého tkaniva. Naproti tomu Allen-Gil a kol. (2003) zistil pri troch druhoch rýb pochádzajúcich zo štyroch jazier polostrova Tajmýr (Rusko) nižšie priemerné hodnoty niklu v svalovine (0,012 – 0,105 mg.kg⁻¹) i pečeni (0,03 – 0,152 mg.kg⁻¹) ako sú naše výsledky.

Z hľadiska druhov sme najvyššiu hodnotu niklu zistili v pečeni ostrieža zelenkavého (0,85 mg.kg⁻¹) a v obličkách jalca hlavateho (0,82 mg.kg⁻¹).

Chróom

Zistili sme, že chróm sa ukladá predovšetkým v pečeni, najmenej v svalovine rýb. V jednotlivých tkanivách sme zistili nasledovné množstvá chrómu: v svalovine 0,03 – 0,13 mg, v pečeni 0,07 – 0,51 mg a v obličkách 0,00 – 0,51 mg na kilogram čerstvého tkaniva (tab. 3).

Najviac chrómu sme stanovili v pečeni dvoch jedincov jalca hlavateho (0,50 a 0,51 mg.kg⁻¹). Podobné hodnoty získala aj Svobodová a kol. (1993) u rýb z rieky Labe s tým rozdielom, že maximálne hodnoty (podstatne vyššie než sú naše výsledky) zistila v obličkách plotice červenookej *Rutilus rutilus* (0,909 mg.kg⁻¹) a zubáča veľkoústeho *Sander lucioperca* (3,64 mg.kg⁻¹).

Plotica červenooká sa javí ako druh veľmi vnímavý na chróm. Stráňai a Andreji (2002) zistili u jedincov tohto druhu z odstavených ramien Váhu nasledovné

Tabuľka 3: Obsah chrómu a olova v tkanivách rýb
Table 3: Chromium and lead contents in fish tissues

¹ Druh	⁴ Tkanivo	⁵ Chróm				⁶ Olovo				
		\bar{x}	s	min.	max.	\bar{x}	s	min.	max.	
⁷ Potravinový kódex SR	m			4,0 mg.kg ⁻¹				0,2 mg.kg ⁻¹		
	l			4,0 mg.kg ⁻¹				0,2 mg.kg ⁻¹		
	k			4,0 mg.kg ⁻¹				0,2 mg.kg ⁻¹		
² nedravé druhy	<i>Leu. ceph.</i>	m	0,07	0,02	0,04	0,10	0,30	0,06	0,18	0,39
		l	0,31	0,13	0,15	0,51	0,12	0,22	0,00	0,71
		k	0,22	0,07	0,12	0,36	0,63	0,46	0,00	1,44
	<i>Cyp. carp.</i>	m	0,05	0,01	0,04	0,06	0,20	0,10	0,11	0,34
		l	0,39	0,08	0,28	0,47	0,12	0,09	0,00	0,21
		k	0,24	0,10	0,14	0,33	0,41	0,04	0,37	0,44
	<i>Car. gib.</i>	m	0,08	0,03	0,04	0,13	0,28	0,06	0,18	0,39
		l	0,28	0,11	0,13	0,42	0,12	0,17	0,00	0,51
		k	0,27	0,15	0,00	0,51	0,87	0,57	0,28	2,15
	<i>Abr. br.</i>	m	0,09	0,03	0,05	0,13	0,29	0,12	0,18	0,59
		l	0,34	0,06	0,20	0,43	0,26	0,37	0,05	1,29
		k	0,17	0,11	0,04	0,31	0,44	0,22	0,10	0,91
	<i>Chon. nas.</i>	m	0,10	0,03	0,06	0,13	0,34	0,04	0,30	0,39
		l	0,26	0,09	0,16	0,34	0,22	0,29	0,00	0,61
		k	0,15	0,13	0,03	0,33	0,41	0,17	0,24	0,63
³ dravé druhy	<i>Per. fluvi.</i>	m	0,05	0,02	0,04	0,08	0,17	0,11	0,11	0,30
		l	0,12	0,05	0,07	0,16	0,02	0,04	0,00	0,07
		k*	0,28	-	-	-	0,92	-	-	-
	<i>Sil. glan.</i>	m	0,04	0,01	0,03	0,05	0,19	0,04	0,15	0,25
		l	0,28	0,03	0,25	0,32	0,31	0,52	0,02	1,23
k		0,11	0,06	0,03	0,18	0,31	0,10	0,15	0,38	
<i>San. lucio.</i>	m	0,07	0,02	0,04	0,10	0,28	0,09	0,20	0,43	
	l	0,24	0,07	0,16	0,31	0,07	0,05	0,00	0,15	
	k	0,16	0,03	0,14	0,21	0,38	0,30	0,20	0,83	
\bar{x} S	m	0,07	0,03	0,03	0,13	0,27	0,09	0,11	0,59	
	l	0,29	0,10	0,07	0,51	0,16	0,26	0,00	1,29	
	k	0,20	0,11	0,00	0,51	0,56	0,40	0,00	2,15	
\bar{x} NPr	P		m : l ⁺⁺⁺ m : k ⁺⁺⁺ l : k ⁺⁺				m : l ⁺⁺⁺ m : k ⁺⁺⁺ l : k ⁺⁺⁺			
	m	0,08	0,03	0,04	0,13	0,29	0,08	0,11	0,59	
	l	0,31	0,10	0,13	0,51	0,17	0,25	0,00	1,29	
\bar{x} Pr	k	0,21	0,12	0,00	0,51	0,60	0,43	0,00	2,15	
	P		m : l ⁺⁺⁺ m : k ⁺⁺⁺ l : k ⁺⁺				m : l ⁺⁺⁺ m : k ⁺⁺⁺ l : k ⁺⁺⁺			
	m	0,05	0,02	0,03	0,10	0,22	0,09	0,11	0,43	
\bar{x} Pr	l	0,23	0,08	0,07	0,32	0,14	0,32	0,00	1,23	
	k	0,14	0,07	0,03	0,28	0,40	0,26	0,15	0,92	
	P		m : l ⁺⁺⁺ m : k ⁺⁺				m : l ⁺⁺⁺ l : k ⁺⁺⁺			
d Npr – Pr	m			0,03				0,07		
	l			0,08				0,03		
	k			0,07				0,20		
	P		m : m ⁺ l : l ⁺⁺				m : m ⁺			

*P<0,05 **P<0,01 ***P<0,001

Všetky symboly ako v tabuľke 2. - All symbols are identical with those of the table 2.

¹Species, ²Non-predatory species, ³Predatory species, ⁴Tissue, ⁵Chromium, ⁶Lead, ⁷Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic

priemerné hodnoty v svalovine 1,4 mg, v pečeni 0,99 mg a v obličkách 2,14 mg.kg⁻¹ čerstvého tkaniva. Ryby z rieky Nitra (Stráňai, 1998b) však mali najvyššiu hodnotu chrómu v obličkách (0,13 – 1,36 mg.kg⁻¹).

Vo väčšine prípadov chróm v tkanivách rýb neprekračuje hodnotu 1,0 mg.kg⁻¹. Je tomu tak aj u rýb odchytených z Váhu nad Koptovcami (Stráňai, 1998a), kde okrem jednej vzorky svaloviny mreny severnej *Barbus barbuis* a jalca tmavého *Leuciscus idus* boli tkanivá kontaminované maximálne do 0,37 mg.kg⁻¹.

Vyššie hodnoty ako naše získal Nussey a kol. (2000) v svalovine (5,57 – 197,12 mg na kilogram sušiny tkaniva) a pečeni (6,27 – 170,75 mg.kg⁻¹ suš.) druhu *Labeo umbratus* z priehrady Witbank (Južná Afrika) a Colombo a kol. (2000) v svalovine troch druhov rýb z ústia rieky Rio de la Plata (0,25 – 0,28 mg na kilogram čerstvého tkaniva). Aj Unlu a kol. (1996) predkladá niekoľkonásobne vyššie priemerné hodnoty v svalovine (22,43 mg.kg⁻¹) i pečeni (58,44 mg.kg⁻¹) druhu *Liza abu* z rieky Tigris.

Olovo

Olovo patrí medzi hygienicky významné prvky a jeho obsah predovšetkým vo svalovine je úzko viazaný na jeho najvyššie prípustné množstvo vzhľadom k tomu, že ide o požívatinu. Podľa v súčasnosti platných smerníc [8, 9] jeho hodnota v svalovine rýb nemá presiahnuť hodnotu 0,2 mg na kilogram čerstvej hmoty. Najmenej olova kumulujú ryby v pečeni, najviac v obličkách.

Tkanivá odlovených rýb možno považovať za kontaminované, nakoľko až 73 % vzoriek svaloviny presahuje platný hygienický limit. Priemerné obsahy olova za testované druhy rýb sú nasledovné: svalovina 0,17 – 0,34 mg, pečeň 0,02 – 0,31 mg a obličky 0,31 – 0,92 mg na kilogram čerstvého tkaniva (tab. 3). Absolútne najvyššiu hodnotu olova (2,14 mg.kg⁻¹) sme zistili v jednej vzorke obličiek karasa striebrištieho.

Kálal s Pružinom (1998) zistili u rýb z Jevanského potoka najnižšie hodnoty olova v pečeni, Svobodová a kol. (1993) u rýb odchytených z Labe v oblasti Čelákovíc zase v svalovine. Stráňai (1998a) u piatich zo šiestich druhov rýb z Váhu pri Koptovciach zistil najmenej kontaminovanú svalovinu, pričom najvyššiu hodnotu olova (až 2,54 mg.kg⁻¹) zaznamenal v jednej vzorke pečene mreny severnej. Vysokú hladinu olova (až 6,84 mg.kg⁻¹) zistil vo vzorke karasa striebrištieho pochádzajúceho z rieky Nitra pri Bošanoch (r. km 101,5), čo je v porovnaní s inými lokalitami podstatne vyššia hodnota (Stráňai, 1998b).

Allen-Gil a kol. (2003) udáva v svalovine a pečeni takmer identické priemerné hodnoty olova u rýb z polostrova Tajmýr (v svalovine 0,002 – 0,030 mg, v pečeni 0,0 – 0,30 mg.kg⁻¹). Podobne takmer rovnaké hodnoty olova v svalovine a pečeni (1,18 – 20,45 mg a

1,15 – 19,98 mg.kg⁻¹suš.) nameral aj Nussey a kol. (2000) u rýb *Labeo umbratus* z nádrže Witbank. Gumgum a kol. (1994) a Unlu a kol. (1996) uvádzajú u rýb z rieky Tigris hodnoty pod hranicou zistiteľnosti.

Kadmium

Kadmium podobne ako olovo zaraďujeme medzi hygienicky veľmi významné prvky, čo je zrejme už aj z jeho veľmi nízkej limitnej hodnoty v svalovine a to 0,05 mg na kilogram čerstvého tkaniva [8, 9]. Ryby odlovené z rieky Nitra mali najnižšie hodnoty kadmia v svalovine (0,05 – 0,16 mg.kg⁻¹), najvyššie v obličkách (0,48 – 3,06 mg.kg⁻¹).

Pri obsahu kadmia v svalovine sú medzidruhové rozdiely (tab. 4), keď najviac kadmia obsahovala svalovina kapra pontokaspického a karasa striebrištieho (0,16 a 0,14 mg.kg⁻¹), najmenej svalovina sumca západného (0,05 mg.kg⁻¹, čo je na hranici normy). Z celkového počtu analyzovaných vzoriek len šesť (11,5 %) nepresiahlo hygienický limit. Kálal s Pružinom (1988) zistili medzidruhové rozdiely, keď v svalovine šľuky *Esox lucius* z Jevanského potoka stanovili najmenej kadmia (0,008 mg.kg⁻¹) v porovnaní ostatnými druhmi.

Naopak Stráňai a Andreji (1999) zistili v svalovine rýb z Dunaja veľmi vyrovnané hodnoty v rámci dravých a nedravých druhov rýb – keď svalovina nedravých druhov obsahovala 0,022 mg (podustva severná *Chondrostoma nasus*) až 0,041 mg (jeseter malý *Acipenser ruthenus*) a svalovina dravých druhov od 0,025 mg (zubáč veľkousty *Sander lucioperca*) do 0,042 mg kadmia na kilogram tkaniva (šľuka holarktická *Esox lucius*). Avšak v stojatých vodách odstavených ramien Váhu mala najvyššie hodnoty kadmia svalovina nedravých rýb – kapra pontokaspického (0,10 mg.kg⁻¹) a karasa striebrištieho (0,11 mg.kg⁻¹) (Stráňai a Andreji, 2002). Veľmi vyrovnané hodnoty kadmia (v priemere 0,003 mg.kg⁻¹) stanovila aj Svobodová a kol. (1993) v svalovine desiatich druhov rýb z Labe v úseku od Ústi nad Labem po Hřensko.

Nižšie priemerné hodnoty kadmia ako naše v svalovine (0,0 – 0,005 mg.kg⁻¹) a vyššie v pečeni (0,122 – 7,6 mg.kg⁻¹) uvádza Allen-Gil a kol. (2003) u rýb pochádzajúcich z jazier polostrova Tajmýr. Hodnoty pod hranicou zistiteľnosti uvádza Unlu a kol. (1996) u rýb z Tigrisu.

Z hľadiska akumulácie kadmia v jednotlivých tkanivách môžeme konštatovať, že obličky sú vnímavejšie na tento kov než svalovina. Podľa Kálala a Pružinu (1998) sa v nich kumuluje v priemere až desaťnásobne viac kadmia ako v svalovine. K podobnému zisteniu dospel aj Wachs (1982) pri štyroch druhoch rýb z bavorského úseku Dunaja. Podľa našich výsledkov je tento rozdiel ešte väčší, keď priemerné hodnoty v obličkách sú až devätnásťkrát vyššie ako v svalovine.

Tabuľka 4: Obsah kadmia v tkanivách rýb
Table 4: Cadmium contents in fish tissues

¹ Druh	⁴ Tka-nivo	Kadmium (⁵)				
		\bar{x}	s	min.	max.	
⁶ Potravinový kódex SR	m	0,05 mg.kg ⁻¹				
	l	0,05 mg.kg ⁻¹				
	k	0,05 mg.kg ⁻¹				
² nedravé druhy	<i>Leu. ceph.</i>	m	0,07	0,02	0,05	0,10
		l	0,13	0,08	0,06	0,29
		k	2,21	2,38	0,00	6,79
	<i>Cyp. carp.</i>	m	0,16	0,04	0,12	0,19
		l	0,25	0,15	0,16	0,48
		k	0,59	0,07	0,50	0,66
	<i>Car. gib.</i>	m	0,14	0,06	0,10	0,30
		l	0,13	0,15	0,03	0,50
		k	3,06	1,63	1,60	5,97
<i>Abr. br.</i>	m	0,08	0,03	0,05	0,13	
	l	0,09	0,06	0,04	0,23	
	k	0,48	0,31	0,24	1,04	
<i>Chon. nas.</i>	m	0,08	0,01	0,06	0,10	
	l	0,21	0,14	0,05	0,34	
	k	1,06	0,98	0,25	2,29	
³ dravé druhy	<i>Per. fluv.</i>	m	0,12	0,03	0,08	0,14
		l	0,45	0,15	0,28	0,58
		k*	2,58	-	-	-
	<i>Sil. glan.</i>	m	0,05	0,02	0,03	0,08
		l	0,14	0,18	0,03	0,46
		k	0,95	0,64	0,20	1,97
	<i>San. lucio.</i>	m	0,05	0,01	0,03	0,07
		l	0,05	0,02	0,03	0,08
		k	2,43	1,66	0,21	4,15
\bar{x} S	m	0,09	0,05	0,03	0,30	
	l	0,15	0,14	0,03	0,58	
	k	1,70	1,70	0,00	6,79	
P	m : l+		m : k+++		l : k+++	
\bar{x} NPr	m	0,10	0,05	0,05	0,30	
	l	0,14	0,12	0,03	0,50	
	k	1,70	1,83	0,00	6,79	
P	m : k+++		l : k+++			
\bar{x} Pr	m	0,07	0,03	0,03	0,14	
	l	0,17	0,20	0,03	0,58	
	k	1,70	1,32	0,20	4,15	
P	m : k+++		l : k++			
d Npr – Pr	m	0,03				
	l	-0,03				
	k	0,00				
P	m : m++					

+P<0,05 ++P<0,01 +++P<0,001

Všetky symboly ako v tabuľke 2. All symbols are identical with those of the table 2.

¹Species, ²Non-predatory species, ³Pedatory species, ⁴Tissue, ⁵Cadmium,

⁶Codex Alimentarius valid in the Slovak Republic

Absolútne najvyššiu hodnotu kadmia (6,79 mg.kg⁻¹), ktorá vysoko prevyšuje údaje z iných povodií, sme zistili v jednej vzorke obličiek jalca hlavatého. Svobodová a kol. (1993a, 1993b) stanovili v obličkách pleskáča malého *Abramis bjoerkna* z rieky Labe maximálnu hodnotu 4,41 mg a v obličkách jalca hlavatého z rieky Jizery 3,82 mg kadmia na kilogram tkaniva. Na porovnanie obličky jalca hlavatého z dolného toku rieky Nitra mali maximálnu hodnotu 2,49 mg (Stráňai, 1998b) a obličky mreny severnej z Dunaja 4,27 mg kadmia na kilogram tkaniva (Stráňai a Andreji, 1999).

ZÁVER

Zo získaných výsledkov vyplýva, že sledované ťažké kovy sa kumulujú hlavne vo vnútorných orgánoch (predovšetkým v obličkách), menej v svalovine, a to v nasledovnom poradí:

Co obličky > pečeň > svalovina
 Ni obličky > svalovina > pečeň
 Cr pečeň > obličky > svalovina
 Pb obličky > svalovina > pečeň
 Cd obličky > pečeň > svalovina

Akumulácia kobaltu, niklu, chrómu, olova a kadmia v svalovine je preukazne až vysoko preukazne vyššia u nedravých druhov rýb. Pri akumulácii ťažkých kovov vo vnútorných orgánoch sa preukazné rozdiely v prospech nedravých druhov zistili iba pri kobalte v obličkách a chróme v pečeni. Vyššie hodnoty sledovaných ťažkých kovov v jednotlivých tkanivách dravých rýb sa zistili len pri akumulácii niklu a kadmia v pečeni, avšak rozdiely nedosiahli hranicu štatistickej preukaznosti.

Svalovina analyzovaných rýb vykazuje pri olove a kadmii vyššie hodnoty, ako povoľuje Potravinový kódex. Z tohto dôvodu sa konzumácia týchto rýb neodporúča.

Príspevok je súčasťou riešenia projektu VEGA 1/9080/02 Ministerstva školstva Slovenskej republiky s názvom: „Rizikové faktory prostredia ovplyvňujúce zdravie zvierat a človeka“.

LITERATÚRA

- ALLEN-GIL, S. M. – FORD, J. – LASORSA, B. K. - et al. 2003. Heavy metal contamination in the Taimyr Peninsula, Siberian Arctic. In: *Sci. Total Environ.* vol. 301, 2003, p. 119–138.
- ANDREJI, J. – STRÁŇAI, I. 2001. Ryby ako indikátor zaťaženia vodného ekosystému. In: Možnosti a perspektívy zvyšovania produkcie v chove hydiny a malých hospodárskych zvierat (zbor. z 2. ved. konf. s medzinár. účasťou). Nitra : VES SPU, 2001, s. 66–69. ISBN 80-7137-952-2
- BICAN, J. – DRBAL, K. 1981. Ťažké kovy ve tkáních ryb. In: Sbor. Vys. šk. zeměd., Provoz.-ekon. Fak., České Budějovice : Jihočeská univerzita, 1981, s. 307–314,

- COLOMBO, J. C. – BILOS, C. – LENICOV, M. R. a kol. 2000. Detritivorous fish contamination in the Rio de la Plata estuary. A critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds. In: *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, vol. 57, 2000, p. 1139-1150.
- GUMGUM, B. – UNLU, E. – TEZ, Z. – GULSUN, Z. 1994. Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris river in Turkey. In: *Chemosphere*, vol. 29, 1994, p. 111-116.
- KÁLAL, L. – PRUŽINA, J. 1988. Příspěvek k obsahu vybraných rizikových kovů v tkáních ryb. In: *Sbor. vys. šk. zeměd., Fak. agron. – Řada B*, roč. 49, 1988, s. 51-65.
- NUSSEY, G. – VAN VUREN, J. H. J. – DU PREEZ, H. H. 2000. Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in the tissues of the moggel *Labeo umbratus* (Cyprinidae) from Witbank Dam, Mpumalanga. In: *Water S. Afr.*, vol. 26, 2000, no. 2, p. 269-284.
- Potravinový kódex SR (2003): Výnos MP SR a MZ SR z 13. februára 2003 č. 414/2003-100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca cudzorodé látky v potravinách. In: *Vestník MP SR*, 2003, roč. 35, čiastka 8.
- Potravinový kódex SR (2004): Výnos MP SR a MZ SR z 15. marca 2004 č. 608/3/2004-100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca cudzorodé látky v potravinách. In: *Vestník MP SR*, 2004, roč. 36, čiastka 10, 1. časť
- STRÁŇAI, I. 1998a. Kontaminácia tkanív rýb z rieky Váh niektorými ťažkými kovmi. In: *Sborník referátů z III. české ichtyologické konference*. Vodňany : VÚRH, 1998, s. 54-60. ISBN 80-85887-20-7
- STRÁŇAI, I. 1998b. Obsah olova, kadmia, chrómu a arzenu v tkanivách rýb rieky Nitra. In: *Polnohospodárstvo*, roč. 44, 1998, č. 7, s. 552-563.
- STRÁŇAI, I. – ANDREJI, J. 1999. Vybrané ťažké kovy v tkanivách rýb. In: *Možnosti a perspektívy zvyšovania produkcie v chove hydiny a malých hospodárskych zvierat* (zbor. ref. z medzinár. ved. konf.). Nitra : VES SPU, 1999, s. 172-175. ISBN 80-7137-623-X
- STRÁŇAI, I. – ANDREJI, J. 2002. Kontaminácia tkanív rýb ľavobrežných vnútrozemských voľných vôd v oblasti vodného diela Kráľová. In: *Rizikové faktory potravinového reťazca* (zbor. prác z medzinár. ved. konf.). Nitra : VES SPU, 2002, s. 126-129. ISBN 80-8069-076-6
- SVOBODOVÁ, Z. – VYKUSOVÁ, B. – MÁCHOVÁ, J. a kol. 1993. Monitoring cizorodých látok v rybách z rieky Jizery v lokalitě Ostradovice. In: *Buletin. Vodňany : Výzk. úst. ryb. hydrobiol.* 1993, č. 1, s. 28-42.
- SVOBODOVÁ, Z. – VYKUSOVÁ, B. – MÁCHOVÁ, J. a kol. 1993. Monitoring cizorodých látok v rybách z rieky Labe v lokalitě Čelákovice. In: *Buletin. Vodňany : Výzk. úst. ryb. hydrobiol.*, 1993, č. 2, s. 47-61.
- SVOBODOVÁ, Z. – VYKUSOVÁ, B. – MÁCHOVÁ, J. a kol. 1993. Monitoring cizorodých látok v rybách rieky Labe v úseku od Ústí nad Labem po Hřensko. In: *Buletin Vodňany : Výzk. úst. ryb. hydrobiol.*, 1993, č. 3, s. 79-100.
- UNLU, E. – AKBA, O. – SEVIM, S. – GUMGUM, B. 1996. Heavy metal levels in mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (*Mugilidae*) from the Tigris river, Turkey. In: *Fresenius Environ. Bul.*, vol. 5, 1996, no. 1/2, p. 107-112.
- Wachs, B. 1982. Schwermetallgehalt von Fischen aus der Donau. In: *Z. Wasser-Abwasserforsch.*, vol. 15, 1982, no. 2, p. 43-49.

Adresa autorov: doc. Ing. Ivan Stráňai, CSc., Ing. Jaroslav Andreji, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Katedra hydinarstva a malých hospodárskych zvierat, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra