

WPLYW GATUNKU I ŚRODOWISKA ŻYCIA RYB NA ZAWARTOŚĆ OŁOWIU I JEGO OSZACOWANE POBRANIE Z TKANKI MIĘŚNIOWEJ

Agnieszka Staszowska, Piotr Skąlecki, Mariusz Florek, Anna Litwińczuk

Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Streszczenie

Ryby oraz przetwory rybne są ważnym elementem zbilansowanej diety człowieka. Jednak pomimo wysokiej wartości odżywczej mogą być one źródłem metali ciężkich. Celem badań było określenie wpływu gatunku i środowiska życia na zawartość ołowiu w tkance mięśniowej ryb oraz oszacowanie pobrania tego pierwiastka ze 100 g mięsa uwzględniając najniższe dawki wyznaczające (Benchmark Dose Lower Confidence Limit - BMDL) dla dzieci i dorosłych.

Badaniami objęto sześć gatunków ryb żyjących w różnym środowisku: ryby morskie – śledź i dorsz; ryby słodkowodne dzikie – płoć i okoń oraz ryby z akwakultury – pstrąg tęczowy i karp. Zawartość ołowiu oznaczono metodą bezpłomieniowej atomowej spektrometrii absorpcyjnej z wykorzystaniem spektrometru SpectrAA 880Z (Varian). Analizę statystyczną wykonano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji, wykorzystując program StatSoft STATISTICA ver. 6.0.

Wykazano istotny wpływ gatunku i środowiska życia na zawartość ołowiu w tkance mięśniowej ryb. Istotnie ($P \leq 0,05$) najniższe stężenie Pb ($0,0429 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) stwierdzono w przypadku mięśni ryb z akwakultury, natomiast mięśnie ryb morskich i słodkowodnych dziko żyjących zawierały zbliżoną zawartość ołowiu (odpowiednio $0,1419$ i $0,1644 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Najwięcej ołowiu zawierały mięśnie śledzi ($0,2349 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i płoci ($0,2145 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), najmniej pstrągów tęczowych i karpia (około $0,043 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Oszacowano, że dla dzieci bezpieczna porcja mięsa śledzi i płoci (uwzględniając najniższe dawki wyznaczające BMDL_{01}) nie powinna przekraczać odpowiednio 75 g i 82 g.

Słowa kluczowe: ryby morskie, ryby słodkowodne, ryby z akwakultury, ołów, BMDL

Wstęp

Regularna konsumpcja ryb jest zalecanym elementem zbilansowanej diety człowieka. Konsumenci powszechnie uznają ryby jako zdrowy element diety, a w Polsce spożycie ryb kształtuje się na poziomie około 11,8 kg/osobę i wykazuje niewielką tendencję spadkową [17]. Na wielkość spożycia ryb wpływa również obecność w nich metali ciężkich. Określenie ich zawartości w tkankach ryb było przedmiotem badań wielu autorów [1, 10, 11, 19, 20, 24, 27]. Niektórzy badacze [8, 22, 26] podkreślają szkodliwy wpływ metali ciężkich, w tym również ołowiu, na organizm zarówno osób dorosłych, jak i dzieci.

Obawy konsumentów dotyczące zanieczyszczenia mięsa ryb toksycznymi pierwiastkami śladowymi, spowodowały wprowadzenie w Unii Europejskiej najwyższych dopuszczalnych poziomów stężenia metali ciężkich. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1881/2006 poziom ołowiu w rybach nie może przekraczać odpowiednio $0,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ [21].

W 1986 roku FAO/WHO (JECFA - Joint Expert Committee on Food Additives) zaproponowała dla niemowląt i dzieci wartość Tymczasowego Tolerowanego Tygodniowego Pobrania (PTWI) ołowiu ze wszystkich środków spożywczych na poziomie $25 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała. Limit ten zatwierdził Komitet Naukowy ds. Żywności (SCF) Komisji Europejskiej w roku 1992. Jednak w 2010 roku Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) zdecydował o wycofaniu PTWI – uznano bowiem, że nie zapewnia on bezpieczeństwa zdrowotnego żywności. Określono natomiast najniższe dawki wyznaczające (Benchmark Dose Lower Confidence Limit – BMDL). Dawki BMDL, związane z wywoływaniem ściśle określonego działania na organizm człowieka, zostały ustalone oddzielnie dla różnych grup ludności. W przypadku ołowiu, przyjęto dla dzieci – BMDL_{01} (działanie neurotoksyczne) na poziomie $0,50 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała/dzień; dla dorosłych natomiast wyróżniono BMDL_{10} (działanie nefrotoksyczne) wynoszące $0,63 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg}$ mc/dzień oraz BMDL_{01} (zaburzenia sercowo-naczyniowe) równe $1,50 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg}$ mc/dzień [9, 15].

Celem pracy było określenie wpływu gatunku i środowiska życia ryb na zawartość ołowiu w tkance mięśniowej oraz oszacowanie pobrania tego pierwiastka ze 100 g mięsa, uwzględniając najniższe dawki wyznaczające BMDL dla dzieci i dorosłych.

Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w 2010 roku i objęto nimi 6 gatunków ryb, łącznie 60 osobników, po 10 każdego gatunku. Materiał badawczy stanowiła tkanka mięśniowa dorsza (*Gadus morhua callarias*), śledzia (*Clupea harengus membras*), płoci (*Rutilus rutilus*), okonia (*Perca fluviatilis*), karpia (*Cyprinus carpio*) i pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*). Dorsze ($1580 \text{ g} \pm 232,5 \text{ g}$) i śledzie ($148 \text{ g} \pm 33,0 \text{ g}$) złowiono w Zatoce Gdańskiej (południowo-wschodnia część Morza Bałtyckiego – FAO MFA27) w ramach połowów rybackich. Karpie ($1180 \text{ g} \pm 98,0 \text{ g}$) i pstrągi tęczowe ($408 \text{ g} \pm 47,5 \text{ g}$) pozyskano w gospodarstwach rybackich zlokalizowanych na terenie województwa lubelskiego. Płocie ($122 \text{ g} \pm 26,0 \text{ g}$) i okonie ($78 \text{ g} \pm 10,5 \text{ g}$) złowiono w rzece Bystrzyca zgodnie z Regulaminem Amatorskiego Połowu Ryb PZW. Ryby po pozyskaniu dostarczono do Katedry Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych UP w Lublinie. Po wstępnej obróbce ryb pobrano próbki mięsa z mięśnia wielkiego bocznego części grzbietowej.

Pobrane próbki mięsa ryb poddano mineralizacji na mokro w mieszaninie HNO_3 i HClO_4 zgodnie ze standardami AOAC 986.15 [2], a następnie w celu oznaczenia zawartości ołowiu (w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy) wykorzystano metodę bezpłomieniowej atomowej spektrometrii absorpcyjnej z wykorzystaniem spektrometru SpectrAA 880Z (Varian). Analizę wykonano metodą krzywej wzorcowej, a wyniki zweryfikowano w oparciu o limity wykrywalności i oznaczalności. Granica wykrywalności w przypadku ołowiu wynosiła $0,24 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($0,00024 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Dokładność metody została oceniona za pomocą materiału referencyjnego DORM-3 o certyfikowanej zawartości ołowiu na poziomie $0,395 \pm 0,050 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Oznaczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Analizę statystyczną dokonano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji, wykorzystując program StatSoft STATISTICA ver. 6.0 [25]. Istotność różnic zweryfikowano testem NIR na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$.

Wyniki badań i dyskusja

Przeciętna zawartość ołowiu w mięsie analizowanych gatunków ryb wahała się od 0,0429 do 0,2349 mg · kg⁻¹ świeżej masy (tab. 1). Wykazano, że mięśnie ryb dziko żyjących (zarówno morskich i słodkowodnych) charakteryzowały się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższym stężeniem ołowiu, w porównaniu do mięsa ryb pochodzących z akwakultury. Istotnie najwięcej ołowiu zawierały mięśnie śledzi i płoci (odpowiednio 0,2349 i 0,2145 mg · kg⁻¹ świeżej masy), następnie dorszy i okoni (odpowiednio 0,1171 i 0,1030 mg · kg⁻¹ świeżej masy), najmniej natomiast pstrągów tęczowych i karpia (około 0,043 mg · kg⁻¹ świeżej masy).

Na zawartość metali ciężkich w rybach w znacznym stopniu wpływa gatunek, płeć, wiek, żywienie (specyficzny metabolizm metali) oraz dostępność metali ciężkich w środowisku (stan zanieczyszczenia) [11, 13].

Polak-Juszczak [18] analizując koncentrację metali ciężkich w trzech gatunkach ryb bałtyckich (śledź, dorsz, szprot), w przypadku tkanki mięśniowej śledzia, oznaczyła zawartość ołowiu w zakresie od 6,4 do 44 μg · kg⁻¹, który okazał się zdecydowanie niższy w porównaniu do prezentowanych wyników. Również w przypadku mięsa dorsza uzyskała ona niższą (w zakresie od 4 do 16 μg · kg⁻¹) koncentrację Pb niż prezentowane badania. Stwierdzone przez Polak-Juszczak [18] zakresy zawartości ołowiu w mięsie śledzi i dorszy z Morza Bałtyckiego, zostały potwierdzone przez Szlinder-Richert i wsp. [26], którzy w mięśniach tych gatunków przeciętnie oznaczyli odpowiednio 19,5 i 10,2 μg · kg⁻¹.

Allen-Gil i wsp. [1] oznaczając metale ciężkie w tkance mięśniowej ryb pochodzących z terenów nie zindustrializowanych, wykazali znacznie niższą, w porównaniu do prezentowanych wyników, koncentrację Pb tzn. w zakresie od 0,005 do 0,012 μg · g⁻¹ świeżej masy. Podobnie niską zawartość ołowiu (w zakresie od 0,01

do $0,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$) w mięsie płoci z województwa zachodniopomorskiego stwierdziła Rajkowska i wsp. [20]. Również Protasowicki i wsp. [19] uzyskali niższe wyniki, w porównaniu do prezentowanych, dla tkanki mięśniowej płoci i okoni (odpowiednio $0,05 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ś.m.}$ oraz $0,03 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ś.m.}$).

Podawane przez Łuczyńską i wsp. [13] wyniki, wskazują na wyższą, w porównaniu do prezentowanych badań, zawartość ołowiu w mięsie okoni ($0,143 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), a niższą w mięśniach płoci (w zakresie od $0,06$ do $0,145 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Natomiast Perkowska i wsp. [16] analizując zawartość metali ciężkich w tkance mięśniowej i organach ryb słodkowodnych pochodzących z rzeki Świdwy, oznaczyli zawartość ołowiu w mięsie płoci i okoni w zakresie od $0,22$ do $0,99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, tzn. wyższym w porównaniu do wyników prezentowanych w niniejszej pracy.

Pochodzące z akwakultury – pstrąg tęczowy i karp, charakteryzowały się istotnie ($P \leq 0,05$) najniższą zawartością ołowiu w porównaniu do pozostałych badanych gatunków ryb morskich i śródlądowych.

Szlinder-Richert i wsp. [26] oceniając zawartość substancji toksycznych w rybach dostępnych na polskim rynku, oznaczyli niższą, w porównaniu do prezentowanych wyników badań, zawartość ołowiu zarówno w przypadku karpia ($11,1 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$), jak i pstrąga tęczowego ($14,4 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$). Podobnie Čelechovská i wsp. [5] analizując stężenie metali ciężkich w karpkach pozyskanych na terenie Czech, oznaczyli nieco niższą ($0,037 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$) zawartość ołowiu niż prezentowane badania. Protasowicki i wsp. [19] badając ryby odławiane w dolnym i górnym biegu Odry, wykazali natomiast wyższą ($0,075 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$) zawartość ołowiu w mięsie karpki. Łuszczek-Trojnar i wsp. [14] uzyskali jeszcze wyższą zawartość Pb w mięsie dwuletnich karpki hodowlanych ($0,15 - 0,27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$). Podobnie w badaniach Tóth i wsp. [28] koncentracja ołowiu w przypadku karpki hodowanych w południowo-zachodniej Słowacji wahała się od $0,09$ do $0,48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$ Różnice w cytowanych badaniach dotyczących zawartości ołowiu w mięsie karpki, wynikały zapewne z różnych warunków życia (stawy hodowlane vs. rzeka), bądź też różnego wieku ryb. Wykazano bowiem ujemną korelację dla koncentracji ołowiu w

tkance mięśniowej ryb i ich wieku [6, 7, 12,14]. Zjawisko to związane jest z większą aktywnością i zapotrzebowaniem na tlen i energię osobników młodszych oraz tym, iż u ryb starszych lepiej funkcjonują mechanizmy obronne, dlatego też eliminacja szkodliwych związków jest znacznie szybsza [3, 7].

Tabela 1

Zawartość ołowiu w tkance mięśniowej ryb w zależności od gatunku i środowiska życia [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy]
 Concentration of lead in muscle tissue of fish depending on species and the living environment [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ wet mass]

Gatunek i środowisko życia ryb / Species and the living environment of fish	Ołów / Lead	
	Średnia/Mean	Odch. stand./Stand. dev.
Dorsz / Cod	0,1171 ^b	0,0859
Śledź / Herling	0,2349 ^c	0,0361
Płoc / Roach	0,2145 ^c	0,1128
Okoń / Perch	0,1030 ^{ab}	0,0878
Karp / Carp	0,0434 ^a	0,0323
Pstrąg tęczowy / Rainbow trout	0,0429 ^a	0,0189
Ryby morskie / Marine fish	0,1419 ^B	0,0916
Ryby słodkowodne dziko żyjące / Wild freshwater fish	0,1644 ^B	0,1148
Ryby słodkowodne hodowlane / Freshwater fish from aquaculture	0,0432 ^A	0,0268

Średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$: a,b,c – pomiędzy gatunkami; A,B – pomiędzy środowiskiem życia ryb
 Means marked different letters differ significantly $P \leq 0.05$: a,b,c – between species; A,B – between living environmental of fish

Badania Drąg-Kozak i wsp. [7] potwierdziły również taką zależność w odniesieniu do jednorocznych i dwuletich pstrągów tęczowych. W przypadku ryb jednorocznych dopuszczalny limit stężenia ołowiu w tkance mięśniowej został przekroczony o $0,16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ś.m., natomiast dwuletich o $0,09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ś.m. Pstrągi tęczowe dziko żyjące oraz pochodzące z hodowli były przedmiotem badań Fallah i

wsp. [10], którzy nie stwierdzili istotnego wpływu środowiska życia na zawartość łożwiu w mięśniach tego gatunku.

Warto podkreślić, że w prezentowanych badaniach, w mięśniach żadnego z ocenianych gatunków nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego limitu zawartości łożwiu, wynoszącego $0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy. Jedynie w jednej próbie z płoci oznaczono koncentrację Pb wynoszącą $0,3437 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ś.m.

Najnowsze badania naukowe wskazują na konieczność zaostrzenia limitów związanych z maksymalną podażą metali ciężkich z dietą. Opracowanie odmiennych limitów dla dorosłych i dla dzieci spowodowane jest znacznie większą wrażliwością dzieci na zanieczyszczenia [29, 30]. W 2010 roku zastąpiono dawki PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) najniższymi dawkami wyznaczającymi – BDML [4, 9,15].

W celu oszacowania zagrożenia związanego z podażą łożwiu w spożywanych rybach obliczono procentowe pokrycie dawki BMDL w porcji 100 g mięsa ocenianych gatunków. W przypadku dziecka przyjęto masę 35 kg, natomiast osoby dorosłej – 70 kg (tab. 2). Dla dziecka, w zależności od gatunku ryby, porcja o masie 100 g pokryje od 24,51% do 134,23% najniższej dawki wyznaczającej BMDL₀₁.

Dzienne limity spożycia łożwiu przez osoby dorosłe są nieco wyższe, dlatego też 100 g ryby w przypadku osoby dorosłej pokrywa od 9,73% do 53,27% w przypadku działania nefrotoksycznego (BMDL₁₀) oraz od 4,09% do 22,37 % w przypadku zaburzeń sercowo–naczyniowych (BMDL₀₁). Tak więc bezpieczna ilość śledzia dla osoby dorosłej nie powinna przekraczać odpowiednio 180 g (BMDL₁₀) i 440 g (BMDL₀₁). W przypadku ryb z akwakultury wielkość porcji w przypadku omawianych dawek BMDL wynosi odpowiednio 1015 g i 2400 g.

Mimo, że stwierdzona w badaniach własnych zawartość łożwiu w mięsie niektórych gatunków ryb była stosunkowo wysoka, ich mięso nie stanowi zagrożenia dla konsumentów. Według opinii Komitetu Naukowego ds. Żywności Komisji Europejskiej [23] do najważniejszych pokarmowych źródeł łożwiu w diecie człowieka należą: warzywa i owoce, zboża oraz napoje.

Tabela 2

Pobranie ołowiu przy spożyciu 100 g tkanki mięśniowej ocenianych gatunków ryb

Intake of lead with consumption of 100 g of muscle tissue of evaluated fish species

Gatunek/ Species	Średnia dawka ołowiu w porcji o masie 100 g [$\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$] / Mean dose of lead in 100 g of meat [$\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$]	BMDL ₀₁ dla dzieci [$\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała/dzień] / BMDL ₀₁ for children [$\mu\text{g}/\text{kg}$ of body weight/day]	BMDL ₀₁ dla dziecka o masie 35 kg [$\mu\text{g}/\text{dziecko o}/\text{dzień}$] / BMDL ₀₁ for child of body weight 35 kg [$\mu\text{g}/\text{child}/\text{day}$]	Pobranie ołowiu z porcji ryby o masie 100 g przez dziecko o masie 35 kg (%BMDL ₀₁) / Intake of lead from a portion of 100 g of fish by child of body weight 35 kg (%BMDL ₀₁)	BMDL ₁₀ dla osoby dorosłej [$\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała/dzień] / BMDL ₁₀ for adult [$\mu\text{g}/\text{kg}$ of body weight/day]	BMDL ₁₀ dla osoby dorosłej o masie 70 kg [$\mu\text{g}/\text{osobę}/\text{dzień}$] / BMDL ₁₀ for adult of body weight 70 kg [$\mu\text{g}/\text{adult}/\text{day}$]	Pobranie ołowiu z porcji o masie 100 g przez osobę dorosłą o masie 70 kg (%BMDL ₁₀) / Intake of lead with a portion of 100 g of fish by adult of body weight 70 kg (%BMDL ₁₀)	BMDL ₀₁ dla osoby dorosłej [$\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała/dzień] / BMDL ₀₁ for adult [$\mu\text{g}/\text{kg}$ of body weight/day]	BMDL ₀₁ dla osoby dorosłej o masie 70 kg [$\mu\text{g}/\text{osobę}/\text{dzień}$] / BMDL ₀₁ for adult of body weight 70 kg [$\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$]	Pobranie ołowiu z porcji o masie 100 gram przez osobę dorosłą o masie 70 kg (%BMDL ₀₁) / Intake of lead with a portion of 100 g of fish by adult of body weight 70 kg (%BMDL ₀₁)
Dorsz / Cod	11,71			66,91			26,55			11,15
Śledź / Herring	23,49			134,23			53,27			22,37
Płoc / Roach	21,45			122,57			48,64			20,43
Okoń / Perch	10,30	0,50	17,50	58,86	0,63	44,10	23,36	1,50	105,00	9,81
Karp / Carp	4,34			24,80			9,84			4,13
Pstrąg tęczowy / Rainbow trout	4,29			24,51			9,73			4,09

Wnioski

1. Stwierdzono istotny wpływ gatunku i środowiska życia na zawartość ołowiu w tkance mięśniowej ryb.
2. Najwięcej ołowiu zawierały mięśnie śledzi i płoci, najmniej pstrągów tęczowych i karpia.
3. Istotnie najniższe stężenie ołowiu stwierdzono w mięśniach ryb z akwakultury (0,0432 mg · kg⁻¹ ś.m.). Mięśnie ryb morskich i słodkowodnych dziko żyjących zawierały natomiast zbliżoną zawartość ołowiu (odpowiednio 0,1419 i 0,1644 mg · kg⁻¹ ś.m.).
4. Na podstawie uzyskanych wyników można oszacować, że dla dzieci bezpieczna porcja (uwzględniając najniższe dawki wyznaczające BMDL₀₁) mięsa śledzi i płoci nie powinna przekraczać odpowiednio 75 g i 82 g, dorsza 150 g, okonia 170 g, a karpia i pstrąga tęczowego ponad 400 g.

Literatura

- [1] Allen-Gil S.M., Martynov V.G.: Heavy metal burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. *Sci. Total Environ*, 1995, **161**, 653-659.
- [2] AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC 986.15. Multielement method. 17th ed. Arlington. Virginia USA. 2000.
- [3] Canpolat Ö., Calta M.: Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta* umbla (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons. *Fresen Environ Bull*, 2003, **12(9)**, 961-966.
- [4] Castro-González M.I., Méndez-Armenta M.: Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environ Toxicol Phar*, 2008, **26**, 263-271.
- [5] Čelechovská O., Svobodová Z., Žlábek V., Macharáčková B.: Distribution of metals I tissues of the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Vet. Brno*, 2007, **76**, 93-100.
- [6] Dobicki W., Polechoński R.: Relationship between growth age and heavy metal bioaccumulation by tissues of four species inhabiting Wojnowskie Lakes. *Acta Sci Pol-Piscaria*, 2003, **2**, 27-44.
- [7] Drag-Kozak E., Łuszczek-Trojnar E., Poppek W.: Koncentracja metali ciężkich w tkankach i organach pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) w zależności od wieku i sezonu. *Ochr Śr Zasobów Nat.*, 2011, **40**, 161-169.
- [8] Du Z-Y., Zhang J., Wang Ch., Li L., Man Q., Lundebye A-K., Froyland L.: Risk-benefit evaluation of fish from Chinese markets: Nutrients and contaminants in 24 fish species from five big cities and related assessment for human health. *Sci Total Environ*, 2012, **416**, 187-199.
- [9] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal*, 2010, **8(4)**.

- [10] Fallah A.A., Saei-Dehkordi S.S., Nematollahi A., Jafari T.: Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique. *Microchem J*, 2011, **98**, 275-279.
- [11] Henry F., Amara R., Courcot L., Lacouture D., Bertho M.-L.: Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. *Environ Int*, 2004, **30**, 675-683.
- [12] Luczyńska J., Jaworski J., Markiewicz K.: Wybrane metale w tkance mięśniowej ryb z Jeziora Łańskiego. *Kom. Ryb.*, 2000, **3**, 22-24.
- [13] Luczyńska J., Markiewicz K., Jaworski J.: Interspecific differences in the contents of macro- and microelements in the muscle of six fish species from lakes of the Olsztyn lake district (north-east of Poland). *Pol J Food Nutr*, 2006, **15/56**, **1**, 29-35.
- [14] Łuszczek-Trojnar E., Drag-Kozak E., Popek W.: Bioakumulacja metali ciężkich w wybranych tkankach karpia (*Cyprinus carpio L.*) pochodzącego ze stawów hodowlanych zasilanych wodą Rzeki Rudawy. *Ochr Śr Zasobów Nat.*, 2011, **47**, 112-120.
- [15] Mania M., Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Rebeniak M., Biernat U.: Nowe fakty o ołowiu w środkach spożywczych. *Przem. Spoż.*, 2011, **68**, 96-100.
- [16] Perkowska A., Protasowicki M.: Cadmium and lead in fishes and in selected elements of the Świdwie Lake ecosystem. *Acta Ichthyol Piscat*, 2000, **30** (2), 71-84.
- [17] Pieńkowska B., Hryszko K.: Rynek ryb. Stan i perspektywy. Analizy rynkowe. Wydawnictwa IERiGŻ-PIB, 2013, **19**, 25-27.
- [18] Polak-Juszczak L.: Temporal trends in the bioaccumulation of trace metals in herring, sprat and cod from the southern Baltic Sea in the 1994 – 2003 period. *Chemosphere*, 2009, **76**, 1334-1339.
- [19] Protasowicki M., Ciereszko W., Perkowska A., Ciemiak A., Bochenek I., Brucka-Jastrzębska E.: Metale ciężkie i chlorowane węglowodory w niektórych gatunkach ryb z rzeki Odry. *Rocz. Ochr. Środ.*, 2007, **9**, 95-105.
- [20] Rajkowska M., Wechterowicz Z., Lidwin-Kaźmierkiewicz M., Pokorska K., Protasowicki M.: Accumulation of selected metals in roach (*Rutilus rutilus L.*) from West Pomeranian Lakes. *Ecol Chem Eng*, 2008, **15**, 119-123.
- [21] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. *Dz.U. L* 364 z 20.12.2006, str. 5.
- [22] Saei-Dehkordi S.S., Fallah A.A.: Determination of copper, lead, cadmium and zinc in commercially valuable fish species from the Persian Gulf using derivative potentiometric stripping analysis. *Microchem J*, 2011, **98**, 156-162.
- [23] Sprawozdania Komitetu Naukowego ds. Żywności, seria 32, opinia Komitetu Naukowego ds. Żywności na temat: „Potencjalne zagrożenia dla zdrowia ludzkiego wynikające z obecności ołowiu w żywności i napojach”, str. 7–8, http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_32.pdf.
- [24] Staniskiene B., Matusevicius P., Alvidas U.: Distribution of heavy metals in muscles of fish: Concentrations and change tendencies. *Environ Res Eng. Manag*, 2009, **2**, **48**, 35-41.
- [25] STATSOFT Inc., STATISTICA, data analysis software system, ver. 6., 2003, www.statsoft.com.
- [26] Szlinder-Richert J., Usyduś Z., Malesa-Ciećwierz M., Polak-Juszczak L., Ruczyńska W.: Marine and farmed fish on the Polish market: Comparison of the nutritive value and human exposure to PCDD/Fs and other contaminants. *Chemosphere*, 2011, **85**, 1725-1733.
- [27] Tepe Y., Türkmen M., Türkmen A.: Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environ Monit Assess*, 2008, **146**, 277-284.
- [28] Tóth T., Andreji J., Tóth J., Slávik M., Árvay J., Stanovič R.: Cadmium, lead and mercury contents in fishes – case study, *J Microbiol Biotechnol Food Sci*, 2012, **1**, 837-847
- [29] Wang X.L., Sato T., Xing B.S., Tao S.: Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Sci Total Environ*, 2005, **350**, 28-37.

- [30] Zhao S., Feng Ch., Quan W., Chen X., Niu J., Shen Z.: Role of living environments in the accumulation characteristics of heavy metals in fishes and crabs in the Yangtze River Estuary, China. *Mar Pollut Bull*, 2012, **64**, 1163-1171.

INFLUENCE OF SPECIES AND LIVING ENVIRONMENT OF FISH ON CONCENTRATION OF LEAD AND ITS ESTIMATED INTAKE FROM MUSCLE TISSUE

S u m m a r y

Fish and fish products are an important part of a balanced human diet. Despite the fact that fish have an excellent nutritional value, they can be a source of heavy metals. The aim of this study was to determine the influence of species and living environment of fish on concentration of lead in muscle tissue as well as based on the benchmark dose lower confidence limit (BMDL) for children and adults, the intake of lead with portion of 100 g of meat was estimated.

The study included the following six species of fish living in different environments: marine fish – herring and cod, wild freshwater fish – roach and perch, and an aquaculture fish - rainbow trout and carp. The content of lead was determined by flameless atomic absorption spectrometry using a spectrometer SpectrAA 880Z (Varian). Statistical analysis was performed using one-way analysis of variance, using the software StatSoft STATISTICA ver. 6.0.

The significant ($P < 0.05$) influence of species and the living environment on lead concentration in muscle tissue was stated. Significantly the lowest concentration of lead ($0.0429 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) was determined in muscles of fish from aquaculture. However, muscles of marine and wild fresh water fish had similar Pb concentration (respectively, 0.1419 and $0.1644 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). The highest content of lead was determined in muscles of herring ($0.2349 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and roach ($0.2145 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), the lowest amount in rainbow trout and carp muscles (about $0.043 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). It was estimated that the safe portion of herring and roach meat (according to BMDL_{01}) do not exceed, respectively 75 g and 82 g.

Key words: marine fish, freshwater fish, aquaculture fish, lead, BMDL

**PRACA OCZEKUJE NA DRUK W CZASOPISMIEM NAUKOWYM
ŻYWNOŚĆ NAUKA TECHNOLOGIA JAKOŚĆ**