

SUNKIEJI METALAI ŽUVŲ MĖSOJE IR KAULUOSE

Birutė Staniškienė, Dalia Garalevičienė

Lietuvos veterinarijos akademija, Biologinės chemijos katedra, Tilžės g. 18; LT-47181 Kaunas; tel. 36 21 51;
el.paštas: chemkat@lva.lt

Santrauka. Rūpinantis maisto produktų, kartu ir žuvų, ekologiškumu, reikia nuolat stebėti, naujaisiais tyrimo metodais analizuoti bei vertinti sunkiųjų metalų (toliau – SM) kiekį. Žuvų užterštumo SM lygis priklauso nuo faktorių visumos: vandens telkinio geografinės padėties, gylio, nuotolio nuo magistralinių kelių, ūkinės veiklos intensyvumo, SM koncentracijos vandenyje, jų sankaupos žuvų pašariniuose organizmuose hidrobiontuose, vandens temperatūros, kietumo, pH dydžio. SM kancerogeninis ir mutageninis poveikis priklauso nuo jų koncentracijos, kiekio, tarpusavio santykio, organizmo imuninių savybių. Pasaulinės sveikatos, maisto ir žemės ūkio organizacijos, Jungtinė maisto kodekso komisija siūlo tikrinti septynių elementų – gyvsidabrio (Hg), kadmio (Cd), švino (Pb), arseno (As), vario (Cu), cinko (Zn), geležies (Fe), alavo (Sn) – koncentraciją, o kitų – stibio (Sb), nikelio (Ni), chromo (Cr), aliuminio (Al), fluoro (F), jodo (J) – pageidauja, kad būtų tikrinama.

Darbo tikslas – nustatyti sunkiųjų metalų – Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn (mangano), V (vanadžio), U (urano), Cs (cezio) – koncentraciją žuvų mėsoje ir kauluose. Tyrimas buvo atliktas Vokietijos federaciniame vartotojų sveikatos apsaugos ir veterinarinės medicinos institute ICP masių spektrometru. Tirta 20 žuvų mėginių, paimtų iš skirtingų Lietuvos vandens telkinių. Tyrimo metu nustatyta, kad 63% žuvų mėšos bandiniuose rasta Pb koncentracija atitinka Lietuvos higienos normą, nors vienos žuvies mėsoje rasta 3,125 mg/kg Pb koncentracija, kuri 8 kartus viršija didžiausią leistiną koncentraciją (DLK). Penktadalyje žuvų mėšos bandinių nustatyta Pb ir Cd koncentracija viršija Europos Sąjungoje galiojančias šių sunkiųjų metalų didžiausią leistiną koncentraciją. Kitų sunkiųjų metalų – Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn, V, U, Cs – žuvų mėsoje nustatyta koncentracija neviršija Lietuvos higienos normose nurodytos DLK. Sunkiųjų metalų žuvų kauluose yra daug daugiau nei mėsoje, išskyrus Cr, V, U, Cs, kurių koncentracija žuvų mėsoje ir kauluose yra bemaž vienoda. SM koncentracija žuvų kauluose neviršija leistino kiekio pašarų papilduose, gautuose perdirbant žuvis ar kitus jūros gyvius.

Šio tyrimo metu žuvų mėsoje nustatyta SM koncentracija yra artima arba lygi DLK, o kai kuriuose vienetiniuose bandiniuose viršija Lietuvos higienos normoje nurodytą didžiausią leistiną koncentraciją. Tokie rezultatai įpareigoja nuolat atlikti SM žuvyse monitoringą.

Raktažodžiai: žuvis, tarša, sunkieji metalai, spektroskopija.

THE AMOUNT OF HEAVY METALS IN FISH MEAT AND BONES

Summary. In order to maintain the ecological quality of food products, such as fish, it's necessary to monitor and evaluate the amount of heavy metals (HM) with the means of recent analysis methods. The amount of HM contamination in fish depends on totality of the factors: geographical location of water compound, its depth, distance from highways, the intensity of rural activities in the area, HM concentration in the water, their concentration in hydrobionts, water temperature, hardness, pH. The ability of HM to cause cancer and mutation depends on their concentration, mutual relations, the immunal characteristics of organism. World Health Organisation, Food and Agriculture Organisation, United Commission of Food Codex suggests that seven elements - Hg, Cd, Pb, As, Cu, Zn, Fe, Sn need to be monitored and the following other - Sb, Ni, Cr, Al, F, J – may be monitored.

The aim of this work was to determine the amount of heavy metals Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn, V, U, Cs in fish meat and bones. The research was done in Federal Institute of Consumer Health Protection and Veterinary Medicine in Germany using ICP-MS. 20 fish samples from different water compounds of Lithuania were analysed. During the research it was found that 63% of fish meat samples were contaminated with concentration of Pb, which lies within the limits of maximum allowed levels of Lithuanian Hygiene Norms, although one sample was contaminated with 3.125 mg/kg Pb, which is 8 times above the norm of MAL. The concentration of Pb and Cd in 20% of fish meat samples is above the allowable ES HV standard. The concentration of other HM - Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn, V, U, Cs in fish meat was not above the allowable levels of Lithuanian Hygiene Norms. The concentration of HM in fish bones is higher than in fish meat, except from Cr, V, U, Cs, where the concentration in bones and meat is similar. The concentration of HM in fish bones is not above the allowable standards for fodder additives, made from fishby products and other sea creatures.

The amounts of HM found in fish meat and bones during this research are close to or equals MAL of Lithuanian Hygiene Norms and in some cases the contamination is above the MAL. Therefore one can conclude that regular monitoring of HM amounts in fish is absolutely necessary.

Keywords: fish, contamination, heavy metals, spectroscopy.

Įvadas. Sunkieji metalai pagal plitimo biosferoje greitį ir didėjančią koncentraciją yra pavojingiausi teršalai, kurie, įvairiais keliais patekę į aplinką, įsijungia į medžiagų apykaitos ratą, tampa toksiški ir sutrikdo

organizmų fiziologines funkcijas. Maisto ir žemės ūkio organizacijos (FAO, PSO), reglamentuodamos maisto produktų komponentus, siūlo tikrinti ir SM koncentraciją.

Pagrindines sunkiųjų metalų toksines savybes galima apibūdinti taip:

Kadmis – biogeninis mikroelementas. Esant didesnei jo koncentracijai, priklauso prie labai toksiškų, turinčių kancerogeninį, mutageninį poveikį, sukelia išeminę širdies ligą, inkstų nepakankamumą, mažakraujystę, kvėpavimo takų ligas, pasireiškia kaulų trapumas (Kim et al., 2004). Į aplinką patenka su iškastinio kuro degimo produktais, fosforo trąšomis, pesticidais, tabako dūmais (Cd koncentracija tabako lapuose gali siekti iki 2 mg/kg), automobilių padangų dulkėmis. Dėl daugumos gerai tirpstančių vandenyje druskų kadmio patenka į gamtinius vandenius. Vandenyje jo koncentracija gali padidėti nuo neišvalytų pramoninių nuotekų, galvanizuotų, plastmasinių vandentiekio vamzdžių. Vandens telkiniuose Cd kaupiasi dumblyje (Marquardt, Schafer, 1999).

Švinas yra vienas iš toksiškiausių SM. Apsinuodijimas švino junginiais kenkia kraujo apytakai, slopina fermentų aktyvumą, sukelia mažakraujystę, psichinius sutrikimus, pažeidžia nervų sistemą, galvos smegenis, padidina galimybę susirgti vėžiu (Marquardt, Schafer, 1999). Didžiausi švino taršos šaltiniai yra vidaus degimo variklių deginamas benzinas, kuriame oktaniniam skaičiui didinti naudojamas tetraetilšvinas, pigmentai (surikas), baltalai, emalė, tepalai, akumulatoriai, atomo energetika, Pb turintys vandentiekio vamzdžiai, konservų skardinių dėžučių siūlės ir kt. (Marquardt, Schafer, 1999). PSO duomenimis, į žmogaus organizmą kasdien patenka 0,07–0,4 mg švino. Apie 90% rezorbuotų jo junginių nusėda kauluose ir vidaus organuose. Švino rezorbcija padidėja, kai maiste trūksta kalcio, magnio, fosforo. Pusė į audinius patekusio Pb pasišalina per 20 dienų, o iš kaulų – per 20 metų (Surec, 2003).

Varis ir nikelis yra potencialiai toksiški elementai, nes skirtumas tarp gyvybiškai būtinos ir toksiškos šių metalų koncentracijos nėra didelis. Esant didesnei nei DLK vario koncentracijai, pažeidžiama centrinė nervų sistema, sutrinka kepenų, virškinimo trakto, kvėpavimo funkcijos, pasireiškia mažakraujystė. Padidėjusi vario koncentracija veikia juslines maisto produktų savybes: apkarsta riebalai, pakinta produktų spalva, sumažėja askorbo ir nesočiųjų riebalų rūgščių kiekis maiste (Marquardt, Schafer, 1999).

Nikelis yra biologiškai būtinas mikroelementas, bet padidintas jo kiekis pažeidžia medžiagų apykaitos, kraujo susidarymo procesus, skyd liaukės funkcijas, sukelia centrinės nervų sistemos, inkstų, kepenų, blužnies, širdies raumens pakitimus, regėjimo sutrikimus (Marquardt, Schafer, 1999).

Chromas yra biologiškai būtinas mikroelementas. Cr⁺³ aktyvina insulino veiklą, dalyvauja gliukozės apykaitoje, o Cr⁺⁶ yra kancerogenas, mutagenas, sukeliantis alergiją, kenkiantis širdies, kepenų, inkstų veiklai, sukeliantis odos ligas (Marquardt, Schafer, 1999).

Cinkas yra mikroelementas, reikalingas hormonų sintezei, įeina į fermentų sudėtį. Padidintas Zn kiekis žmogaus organizme sukelia mažakraujystę, plaučių, skrandžio, širdies, kasos, kepenų veiklos sutrikimus, stabdo DNR sintezę, didina kitų SM toksinį poveikį. Ypač jautriai į padidintą šio metalo koncentraciją reaguoja vandens gyvūnija, slopinamas planktono fotosintezės procesas. Zn kiekis maiste gali padidėti esant sąlyčiui su cinkuotais paviršiais (Marquardt, Schafer, 1999).

SM per atmosferą, gamtinius vandenius, dirvožemio eroziją, su nutekamaisiais vandenimis patenka į vandens telkinius ir dalyvauja biogeniniuose procesuose (Abalaster, Lloyd, 1994). Siekiant užtikrinti maisto saugą, Pasaulinė sveikatos, maisto ir žemės ūkio organizacijos, Jungtinė maisto kodekso komisija siūlo tikrinti septynių elementų – Hg, Cd, Pb, As, Cu, Zn, Fe, Sn – koncentraciją maisto žaliavose ir produktuose, o kitų – Sb, Ni, Cr, Al, F, J – pageidauja, kad būtų tikrinama (EC, 2000).

Tyrimo metodai ir sąlygos. Tirta 20 žuvų mėginių paimtų iš įvairių Lietuvos vietovių (1 lentelė). Metalų koncentracija nustatyta firmos „FINNIGAN MAT“ dvigubo fokusavimo ir didelės skiriamosios gebos „ELEMENT“ modelio masių spektrometru ICP–MS su induktyviai prijungta plazma.

Tyrimams buvo imama 0,1–0,2 kg šviežių žuvų, kurios polietileniniuose maišeliuose po 4–6 val. buvo užšaldytos –20° C temperatūroje ir laikomos iki analizės. Tiriamajam mėginiui paruošti žuvis nuvalomos, pašalinamos mechanines priemaišos, atšildomos iki –1° C temperatūros, pašalinamos galvos, pelekai, vidaus organai išimami kartu su ikrais. Žuviena atskiriama nuo nugarkaulio ir šonkaulių (LST 1613:2000). Žuviena ir kaulai analizuojami atskirai.

Žuvies bandinių paruošimas. Iš kiekvieno žuvies mėginio paruošiama mažiausiai du žuvienos ir kaulų laboratoriniai bandiniai. Į plastmasinį mėgintuvėlį pasveriamą 0,3–0,5 g (0,0001 g tikslumu) žuvienos arba kaulų, užpilama 2,5 ml koncentruotos HNO₃, 0,5 val. maišant laikoma kambario temperatūroje. Į ultragarso krosnelės vonelę įpilama 5 ml bidistiliato (dukart distiliuoto vandens) ir 1 ml 35% H₂O₂. Ultragarso krosnelėje bandiniai tirpinami tokiu režimu:

2 min. 85° C temperatūroje, esant 700 W galingumui;
5 min. 145° C temperatūroje, esant 500 W galingumui;
3 min. 210° C temperatūroje, esant 1000 W galingumui;
10 min. 210° C temperatūroje, esant 1000 W galingumui.

Iš plastmasinio mėgintuvėlio bandinio tirpalas kiekybiškai perpilamas į 50 ml talpos matavimo kolbutę, skiedžiamas bidistiliatu iki 50 ml, gerai sumaišomas.

ICP–MS kalibravimas. Prietaisais kalibruojamas kiekvieną darbo dieną. Analizuojant žuvų bandinius, nuolat leidžiamos radono dujos. Po dviejų tuščių bandymų matuojami 6–7 etaloniniai tirpalai pradedant nuo mažiausios koncentracijos tirpalo. Matuojamų tirpalų koncentracija tolygiai didinama. Prieš pradedant matuoti kito elemento etaloninį tirpalą, 2 minutes leidžiamas bidistiliatas, vėliau 2 minutes 1% HNO₃ tirpalas. Kalibruojant nustatoma natūralių metalų izotopų koncentracija, išreikšta µg/kg, ir santykinio intensyvumo priklausomybė. Kalibravimo kreivės sudaromos kiekvienam analizuojamo metalo izotopui: ⁶³Cu, ⁶⁵Cu, ⁶⁴Zn, ⁶⁶Zn, ⁶⁸Zn, ¹¹⁰Cd, ¹¹¹Cd, ¹¹²Cd, ¹¹⁴Cd, ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb ir t. t. Kalibravimo duomenų koreliacijos koeficientas – 0,9995 (Onyenekwe et al., 1999).

Žuvų bandinių matavimas ICP–MS prietaisu. Į specialius plastmasinius mėgintuvėlius įpilama po 5 ml

paruošto bandinio. Bandiniai analizuojami automatiškai. Matuojant nuolat leidžiamos radono dujos. Po bandinių partijos sistema plaunama iš pradžių bidistiliatu, vėliau 1% HNO₃ tirpalu. Matavimo rezultatai pateikiami masių spektrais, iš kurių matyti santykinio intensyvumo ir metalų izotopų molekulinį masių priklausomybę, taip pat metalų izotopų santykinį intensyvumą ir žuvų mėsoje

bei kauluose esančių metalų kiekiu $\mu\text{g/l}$ ($1 \cdot 10^{-6}$ g/l). Gautas SM kiekis žuvų mėsoje ir kauluose perskaičiuojamas į sunkiųjų metalų kiekį mg/kg (Onyenekwe et al., 1999).

Tyrimo rezultatai apdorojami „Minitab“ (13 versija) statistine programa (Minitab Inc., 1999).

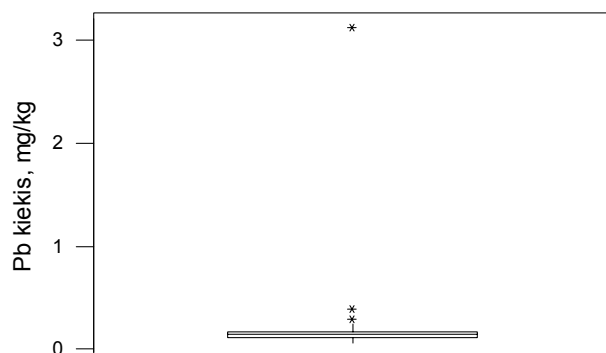
1 lentelė. Žuvies mėginiai

Mėginio Nr.	Lietuvos vietovė	Žuvies rūšis
1.	Elektrėnų tvenkinys	Ešerys
2.	Elektrėnų tvenkinys	Kuoja
3.	Elektrėnų tvenkinys	Plakis
4.	Angininkų ežeras, Alytaus apskritis	Kuoja
5.	Nemunas prie Vėžininkų	Plakis
6.	Nemunas prie Vėžininkų	Puskaršis
7.	Kuršių marios, Nemuno delta	Ešerys
8.	Kuršių marios, Nemuno delta	Kuoja
9.	Nevėžis (delta)	Plakis
10.	Nevėžis (delta)	Kuoja
11.	Nevėžis (delta)	Šapalas
12.	Nemuno jūra, Šilutės apskritis	Stinta
13.	Totoriškių ežeras, Trakai	Kuoja
14.	Babruko ežeras, Trakai	Kuoja
15.	Nemunas prie Alytaus	Kuoja
16.	Dusios ežeras, Lazdijų apskritis	Ešerys
17.	Obelijos ežeras, Lazdijai	Kuoja
18.	Obelijos ežeras, Lazdijai	Lynas
19.	Vilkvės ežeras, Dzūkija	Lydeka
20.	Nevėžis prie Kauno	Kuoja

Tyrimo rezultatai ir aptarimas. SM kiekis maiste ribojamas leistina koncentracija, kuri nustatoma remiantis ne tik PSO rekomendacijomis, bet ir realia šalies situacija, todėl skirtingose šalyse ji yra skirtinga. Pavyzdžiui, Lietuvos higienos normoje HN 54 : 2001 švino DLK žuvų mėsoje yra 0,2–0,4 mg/kg, o Europos Sąjungoje – 0,2 mg/kg (EC, 2000).

Švino koncentracijos žuvų mėsoje sklaida pateikta 1

pav. Iš analizės duomenų matome, kad maksimalus Pb kiekis – 3,125 mg/kg – beveik 8 kartus viršija DLK (Lietuvoje), rastas žuvyje iš Obelijos ežero. Tai, matyt, išimtinis atvejis, bet pagrindžia būtinumą nuolat tirti SM koncentraciją žuvienoje. Mažiausias Pb kiekis – 0,059 mg/kg – rastas žuvyje iš Nemuno prie Alytaus (1 lentelė, 15 mėginys).



	Pb kiekis, mg/kg
Min.	0,059
25 %	0,112
Md.	0,145
75 %	0,171
Maks.	3,125

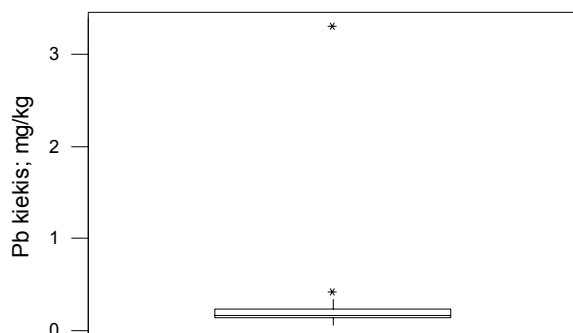
1 pav. Švino kiekio, nustatyto žuvų mėsos bandiniuose, Box-Whisker sklaidos diagrama

Iš analizės duomenų darytina išvada, kad apie 63% žuvų mėsos bandinių Pb neviršija Lietuvoje galiojančios DLK (išskyrus vieną); apie 37% žuvų mėsos bandinių Pb koncentracija yra mažesnė nei didžiausia leistina, tačiau net 20% bandinių švinas viršija Europos Sąjungoje leistiną šio sunkiojo metalo koncentraciją (EC, 2000).

Kitų mokslininkų paskelbtuose duomenyse žuvų mėsoje rasta Pb koncentracija artima mūsų nustatytai ir įvairuoja nuo 0,02 iki 0,1 mg/kg, nors yra rasta ir 0,96

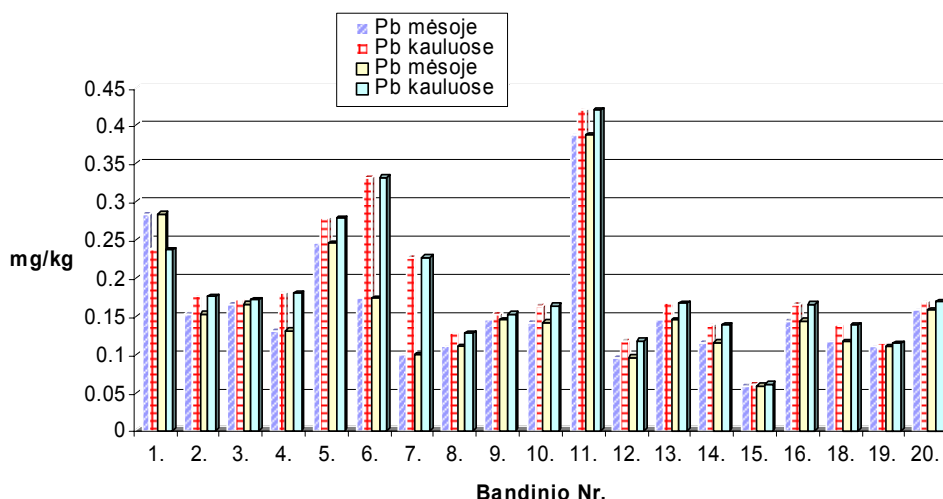
mg/kg (Gerulaitis, Valiušienė, 1994).

Pb koncentracijos žuvų kauluose sklaida pateikta 2 pav. Maksimalus švino kiekis kauluose yra 3,30 mg/kg. Šio metalo koncentracija žuvų kauluose yra didesnė nei mėsoje, bet neviršija leistinių priemaišų kiekio pašarų papilduose, gautuose perdirbant žuvis ar kitus jūros gyvius (Adomaitytė, 2001). Koncentracijos mėsoje ir kauluose skirtumas įvairuoja nuo 0,005 mg/kg iki 0,159 mg/kg (3 pav.).



	Pb kiekis, mg/kg
Min.	0,061
25 %	0,138
Md.	0,168
75 %	0,235
Maks.	3,301

2 pav. Švino kiekio, nustatyto žuvų kaulų bandiniuose, Box-Whisker sklaidos diagrama

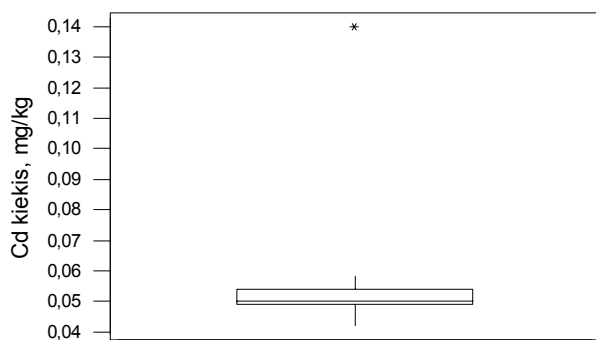


3 pav. Pb koncentracijos žuvų mėsoje ir kauluose

Maksimali Cd koncentracija – 0,14 mg/kg (4 pav.) neviršija LR HN 54: 2001 didžiausios leistinos normos (0,2 mg/kg), bet beveik 3 kartus viršija ES galiojančią DLK (0,05 mg/kg), rasta žuvies mėsoje iš Elektrėnų tvenkinio, į kurį leidžiamas šaldomasis šiluminės elektrinės vanduo. Kituose žuvų mėsos mėginiuose nustatyta Cd koncentracija įvairuoja nuo 0,042 iki 0,054 mg/kg (4 pav.), tačiau 8 mėginiuose šio metalo koncentracija nežymiai viršijo ES šalyse galiojančią DLK (EC, 2000).

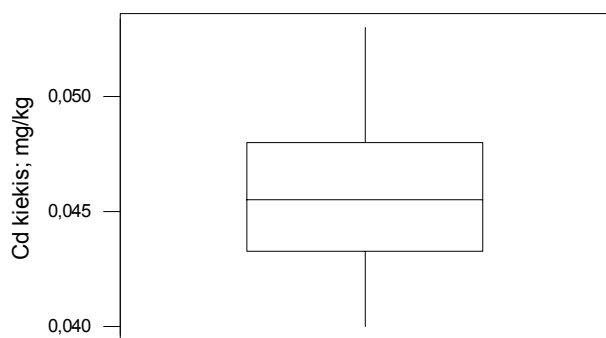
Dauguma mokslininkų, atlikusių panašius tyrimus (Bosnić, Puntarić, 2003), žuvų mėsoje randa mažesnę Cd kiekį – nuo 0,03 iki 0,06 mg/kg.

Cd koncentracijos sklaida žuvų kauluose pateikta 5 pav. Šio metalo kiekis kauluose įvairuoja panašia koncentracija kaip ir mėsoje – $0,04 \pm 0,053$ mg/kg. Kadmio kiekis žuvų kauluose, išskyrus 3 mėginį, yra nežymiai mažesnis nei žuvų mėsoje (6 pav.).



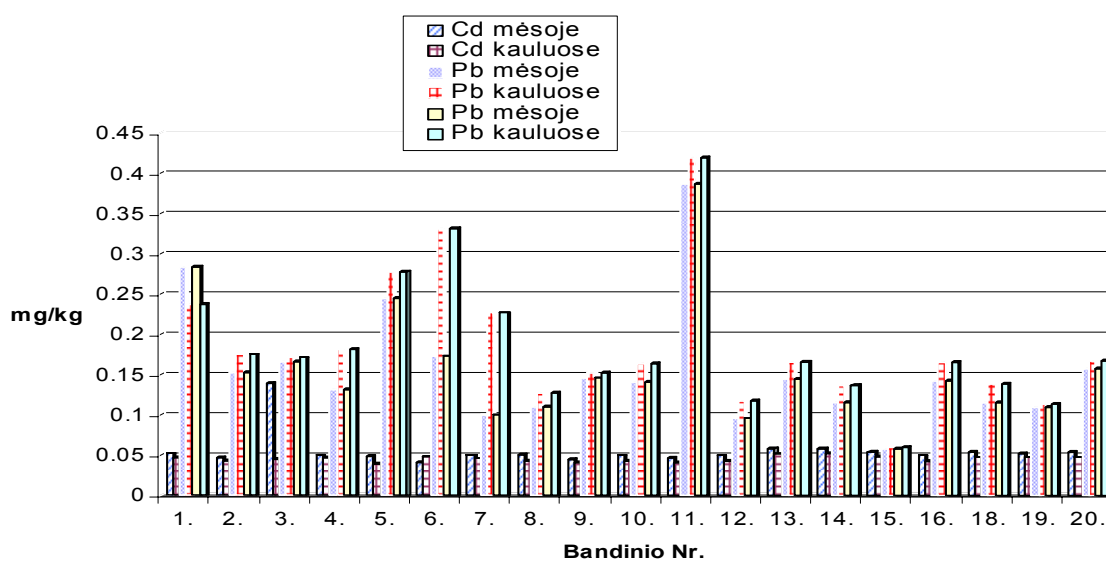
	Cd kiekis, mg/kg
Min.	0,042
25 %	0,049
Md.	0,05
75 %	0,054
Maks.	0,14

4 pav. Kadmio kiekio, nustatyto žuvų mėsos bandiniuose, Box-Whisker sklaidos diagrama



	Cd kiekis, mg/kg
Min.	0,04
25 %	0,0432
Md.	0,0455
75 %	0,048
Maks.	0,053

5 pav. Kadmio kiekio, nustatyto žuvų kaulų bandiniuose, Box-Whisker sklaidos diagrama



6 pav. Pb koncentracijos žuvų mėsosje ir kauluose

Cu kiekis žuvų mėsoje įvairuoja nuo mažiausios 0,125 mg/kg (1 lentelė, 7 mėginys) iki beveik 5 kartus didesnės maksimalios 0,564 mg/kg (1 lentelė, 4 mėginys)

koncentracijos (2 lentelė). Vario žuvų kauluose yra 2–6 kartus daugiau nei mėsoje (3 lentelė).

2 lentelė. SM kiekio, nustatyto žuvų mėsos bandiniuose, Box-Whisker sklaida

	Cu	Zn	Fe	Ni	Cr	Mn	V
Min.	0,125	10,03	0,211	0,12	0,526	0,01	0,058
25 %	0,131	10,47	0,74	0,13	0,766	0,025	0,0615
Md.	0,289	14,84	2,059	0,15	0,932	0,07	0,069
75 %	0,417	20,99	6,108	0,18	1,03	0,215	0,0815
Maks.	0,564	22,0	7,947	10,66	1,426	0,64	0,289

3 lentelė. SM kiekio, nustatyto žuvų kaulų bandiniuose, Box-Whisker sklaida

	Cu	Zn	Fe	Ni	Cr	Mn	V
Min.	0,061	46,4	61,2	0,23	0,083	1,18	0,001
25 %	0,216	91,5	148,1	0,37	0,277	2,86	0,02
Md.	0,376	122,3	174,0	0,71	0,544	7,06	0,042
75 %	0,65	174,3	204,6	1,98	0,819	9,78	0,064
Maks.	1,234	530,9	397,5	20,11	8,524	16,01	0,229

Zn koncentracija žuvų mėsoje įvairuoja nuo 10 iki 22 mg/kg (2 lentelė), o kauluose šio sunkiojo metalo yra žymiai daugiau, Md.=122,3 mg/kg (3 lentelė). Maksimalus cinko kiekis žuvų kauluose yra 530,9 mg/kg (3 lentelė).

Fe žuvų mėsoje yra mažai, 4–10 kartų mažiau už DLK (2 lentelė). Šio metalo koncentracija kauluose 6, 7 kartus, o 5 ir 6 mėginiuose (1 lentelė) 10, 13 kartų viršija DLK (3 lentelė).

Ni kiekis žuvų mėsoje neviršija DLK ir yra nuo 0,12 iki 0,2 mg/kg, išskyrus 1 mėginį (1 lentelė), kuriame rasta 10,66 mg/kg šio metalo koncentracija (2 lentelė). Žuvų kauluose nikelio yra 5–8 kartus daugiau nei mėsoje, o žuvų iš Nemuno deltos kauluose (1 lentelė, 7 mėginys) – daugiau net 100 kartų (3 lentelė).

Cr koncentracija tiek žuvų mėsoje, tiek kauluose yra maždaug vienoda ir vidutiniškai siekia 0,5÷1,42 mg/kg (2, 3 lentelės), išskyrus 5 mėginį (1 lentelė), kuriame nustatyta maksimali – 8,524 mg/kg – šio metalo koncentracija (3 lentelė).

Mn koncentracija žuvų mėsos bandiniuose yra maža ir siekia nuo 0,01 mg/kg iki 0,07 mg/kg, išskyrus 4 ir 5 mėginius (1 lentelė), kuriuose nustatyta 0,3 mg/kg ir didžiausia – 0,6 mg/kg koncentracija (2 lentelė). Žuvų kauluose šio sunkiojo metalo yra daug daugiau (3 lentelė).

V maksimali koncentracija žuvų mėsoje yra 0,289 mg/kg (2 lentelė). Kituose bandiniuose ji įvairuoja nuo 0,058 iki 0,081 mg/kg. Žuvų kauluose nustatyta V koncentracija yra beveik tokia pati kaip ir mėsoje (3 lentelė).

Žuvų bandiniuose buvo nustatyta ²³⁸U ir ¹³³Cs koncentracija, kuri siekia: U – 0,02 mg/kg žuvų mėsoje ir kauluose, Cs – 0,01 mg/kg žuvų mėsoje ir kauluose.

Išvados.

1. 63% žuvų mėsos bandinių Pb koncentracija atitinka Lietuvos higienos normoje nurodytą DLK, nors vienos žuvies mėsoje rasta 3,125 mg/kg švino koncentracija, kuri 8 kartus viršija normą.

2. Penktadalyje žuvų mėsos bandinių nustatyta Pb ir Cd koncentracija viršija Europos Sąjungoje galiojančią DLK.

3. Žuvų mėsoje Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn, V, U, Cs neviršija Lietuvos higienos normose nurodytos šių sunkiųjų metalų didžiausios leistinos koncentracijos.

4. Žuvų mėsoje nustatyta SM koncentracija yra beveik tokia pati arba lygi DLK, o kai kuriuose vieniniuose mėginiuose viršija Lietuvos higienos normoje nurodytą. Tokie rezultatai įpareigoja nuolat kontroliuoti sunkiųjų metalų kiekį žuvyse.

5. SM koncentracija žuvų kauluose yra daug didesnė nei mėsoje, išskyrus Cr, V, U, Cs, kurių koncentracija mėsoje ir kauluose beveik tokia pati. SM koncentracija neviršija leistino kiekio pašarų papilduose, gautuose perdirbant žuvis ar kitus jūros gyvius.

Literatūra

- Adomaitytė I. Pašarų ir pašarų priedų gamybos, laikymo, gabenimo, panaudojimo, prekybos jais ir jų kokybės kontrolės normatyvinių aktų rinkinys. LR ŽŪM, 2001.
- Alabaster J. S., Lloyd R. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. London – Boston, 1994. P. 25–300.
- Bosnir J., Puntaric D. Toxic metals in fresh water fish from the Zagreb area as indicators of environmental pollution. Coll Antropol. 2003. P. 9–31.
- Gerulaitis A., Valiušienė V. Sunkiųjų metalai žuvyse bei jų poveikis Nemuno žemupio ir Kuršių marių ichtiofaunai. LMA konferencijos „Nemuno baseino vandens užterštumas ir jo biologinis poveikis ekosistemai“ medžiaga. Vilnius, 1994. P. 73–81.
- Drulia P., Drebeckas ir kt. Sunkiųjų metalų koncentracijos maisto produktuose, žaliavose, pašaruose ir vandenyje tyrimai. Konferencijos „Aktualūs medžiagų apykaitos klausimai“ medžiaga. Vilnius, 1999. 287 p.
- European Commission. Amending Commission Regulation (EC) N° 194/97 of 31 January 1997 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants Foodstuffs. Brussels, 2000, P. 2–28.
- Kim S. G., Jee I. H., Kang J. C. Cadmium accumulation and elimination in tissues of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* after sub – chronic cadmium exposure. Environ Pollut. 2004. P.117–127.
- Marquardt H., Schafer S. G. Toxikologie. B. J. Wissenschaftsverlag, 1994. S. 504–549.
- Minitab Statistical Software. Minitab Inc., 1999. P. 120.

10. Onyenekwe P. C., Staniskiene B., Palavinskas R., Boess C. Concentracion of heavy metals in fish from Berlin, Lithuanian and Nigerian inland waters. *Toxicology Letters*. Oslo, 1999. P. 57–58.

11. Sinha AK, Dasgupta P. et al. Bio – accumulation of heavy metals in different organs of some of the common edible fishes of Kharkai River, Jamshed pur. *Indian J Environ Health*. 2002. P. 44–46, 102–109.

12. Surec B. Accumulation of heavy metals by intestinal helminths in fish: an overview and perspective. *Parasitology*. 2003. P. 53–60.