

EUGENIUSZ R. GRELA, RYSZARD K. PISARSKI,
EDYTA KOWALCZUK-VASILEV, AGATA RUDNICKA

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH, MINERALNYCH I PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH W MIĘSIE WYBRANYCH GATUNKÓW RYB W ZALEŻNOŚCI OD TERMINU ODŁOWU

Streszczenie

Badaniami objęto 4 gatunki ryb słodkowodnych: szczupak (*Esox lucius L.*), sandacz (*Sander lucioperca L.*), karp (*Cyprinus carpio L.*) i leszcz (*Aramis brama L.*), odławianych po 6 sztuk w odstępach miesięcznym, od września do listopada 2007 roku. Oceniono cechy morfometryczne ryb oraz zawartość składników odżywczych, mineralnych i profil kwasów tłuszczowych w ich mięsie. Zawartość składników odżywczych w mięsie ryb zależna była od pory połowu – ich udział malał w kolejnych miesiącach. Największy udział nasyconych kwasów tłuszczowych oznaczono w tłuszczu mięsa leszczy oraz szczupaków. Najmniej kwasów wielonienasyconych zawierało mięso karpia, natomiast najwięcej szczupaków i sandaczy. Również najbardziej korzystnym, z punktu widzenia żywieniowego, stosunkiem kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 do n-6 charakteryzowało się mięso szczupaków i sandaczy. Największy udział kwasu EPA stwierdzono w lipidach leszczy i szczupaków, zaś najwięcej DHA zawierał tłuszcz szczupaków i sandaczy. Zawartość metali ciężkich była mniejsza od dopuszczonych norm prawnych, przy czym nie stwierdzono istotnych różnic determinowanych okresem odłowu ryb.

Słowa kluczowe: ryby, składniki odżywcze, kwasy tłuszczowe, metale ciężkie

Wprowadzenie

Ryby mogą stanowić doskonałe źródło pełnowartościowego białka, witamin i składników mineralnych (wapń, fosfor, jod, selen, fluor i mangan), a przede wszystkim wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 [5, 7, 8, 11]. Roczne spożycie ryb w Polsce jest niewielkie i wynosi 6,7 kg na 1 mieszkańca (w tym 0,5 kg słodkowodnych) [5], podczas gdy w innych krajach Unii Europejskiej wynosi 26 kg. Zawartość składników odżywczych w rybach zależy od wielu czynników, takich jak: gatunek, wiek czy stan fizjologiczny, ale także warunków panujących w środowisku bytowania:

Prof. dr hab. E.R. Grela, prof. dr hab. R. Pisarski, mgr inż. E. Kowalczyk-Vasilev, mgr inż. A. Rudnicka, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydz. Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13 20-950 Lublin

zasobności zbiornika wodnego w pokarm, pasz stosowanych do dokarmiania, zasolenia i temperatury wody, pory roku czy czasu odłowu [1, 9, 11]. W tkankach ryb mogą też być obecne metale ciężkie, takie jak ołów, kadm i rtęć, co ograniczać może przydatność ryb do spożycia, ale jednocześnie ryby stanowią dobrą wskazówkę skażenia środowiska ich bytowania [3, 6, 18, 21].

W związku z obniżoną aktywnością żerowania ryb w miesiącach jesiennych (wrzesień - listopad) interesujące jest dokonanie analizy składu chemicznego mięsa ryb ze szczególnym uwzględnieniem zawartości składników mineralnych i profilu kwasów tłuszczowych.

Celem pracy było określenie zawartości podstawowych składników odżywczych, a także składu kwasów tłuszczowych oraz metali ciężkich wybranych gatunków ryb słodkowodnych w zależności od jesiennego terminu odłowu.

Material i metody badań

Material do badań stanowiły wybrane 4 gatunki ryb słodkowodnych, po 6 sztuk z każdego odłowu. Ryby były odławiane w odstępach miesięcznych – we wrześniu, październiku i listopadzie 2007 roku; były w dobrej kondycji biologicznej. Staw, z którego pobrano material do badań znajduje się na terenie województwa lubelskiego w gminie Spiczyn. Pozyskane ryby to gatunki drapieżne: szczupak (*Esox lucius L.*) i sandacz (*Sander lucioperca L.*) oraz wszystkożerne: karp (*Cyprinus carpio L.*) i leszcz (*Aramis brama L.*). Wszystkie odławiane sztuki były mierzone i ważone. Material do analiz stanowiła tkanka mięśniowa ryb po uprzednim oddzieleniu głowy, płetw, łusek oraz narządów wewnętrznych i ości. W próbkach tkanki mięśniowej oznaczano zawartość składników odżywczych zgodnie z zaleceniami AOAC [2], a także profil kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej (aparat CP3800 Varian). Warunki rozdziału: kolumna CP WAX 52CB DF 0,25 mm, 60 m długości, gaz nośny – hel, przepływ 1,4 ml/min, temp. kolumny 120 °C ze stopniowym wzrostem 2 °C/min do 210 °C, czas oznaczenia 127 min, temp. dozownika i detektora – 160 °C, gazy wspomagające – wodór i powietrze. Zawartość wybranych pierwiastków, zaliczanych do metali ciężkich (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb) oznaczano metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA) po uprzedniej mineralizacji w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego. Wszystkie analizy wykonano w dwóch powtórzeniach. Uzyskane wyniki poddano podwójnej analizie wariacji dla danych ortogonalnych. Istotność różnic między średnimi wartościami analizowanych cech wyznaczono testem t-Studenta.

Wyniki i dyskusja

Długość i masa ciała badanych ryb (tab. 1) były zbliżone do wartości podawanych przez innych autorów [13, 14, 15, 16]. Termin odłowu nie wpłynął statystycznie istotnie na cechy morfometryczne ryb. Jedynie masa ciała leszczy nieznacznie zwiększyła

się wraz z opóźnianiem terminu odłowu. Średnia wydajność rzeźna wszystkich badanych gatunków ryb była zbliżona i wynosiła odpowiednio w przypadku karpia, leszcza, szczupaka i sandacza 71,2, 73,2, 76,8 oraz 73,3%.

Tabela 1

Cechy morfometryczne badanych ryb w zależności od terminu odłowu.
Morphometric features of examined fish depending on the fishing period.

Gatunek ryb Species	Termin odłowu Fishing time	Długość ryby Total fish length [cm]	Masa całej ryby Fish body weight [kg]	Masa tuszki Carcass weight [kg]
Karp / Carp	IX	55	2,75	1,95
	X	56	2,82	2,04
	XI	54	2,78	1,94
	\bar{x}	55 ^A	2,78 ^A	1,98 ^A
Leszcz / Bream	IX	43	0,53	0,38
	X	45	0,56	0,41
	XI	47	0,58	0,45
	\bar{x}	45 ^B	0,56 ^C	0,41 ^B
Szczupak / Pike	IX	49	0,82	0,61
	X	50	0,86	0,68
	XI	53	0,77	0,61
	\bar{x}	50,7 ^A	0,82 ^B	0,63 ^C
Sandacz / Zander	IX	53	0,74	0,55
	X	51	0,68	0,49
	XI	50	0,59	0,43
	\bar{x}	51,3 ^A	0,67 ^C	0,49 ^B

Objaśnienie: / Explanatory note:

A,B,C – wartości w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$ / values in one column and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Zawartość składników odżywczych zależała głównie od gatunku ryb. Zawartość suchej masy i związków mineralnych, oznaczonych jako popiół surowy, w tkance mięśniowej ryb była zbliżona, z nieznaczną tendencją wzrostową w mięsie karpia i leszcza (tab. 2). Istotne różnice międzygatunkowe ($p \leq 0,05$) stwierdzono pod względem poziomu białka ogólnego oraz zawartości tłuszczu surowego. Udział tłuszczu w mięsie drapieżników był znacznie mniejszy niż w tkance ryb odżywiających się także pokarmem roślinnym. Podobne wyniki dotyczące zawartości tłuszczu w rybach słodkowodnych podają Łuczyńska i wsp. [13]. W tkankach badanych ryb można zauważyć tendencję do

zmniejszania udziału białka ogólnego, tłuszczu i związków mineralnych w miarę opóźnienia terminu odłowu, ale różnice nie zostały potwierdzone statystycznie.

Tabela 2

Zawartość podstawowych składników odżywczych w tkance mięśniowej badanych gatunków ryb [%].
Content of basic nutrients in muscle tissue of examined fish species [%].

Gatunek ryb Species	Termin odłowu Fshing period	Sucha masa Dry matter	Popiół surowy Crude ash	Białko ogólne Total protein	Tłuszcz surowy Raw fat
Karp Carp	IX	22,21	1,22	17,95	2,93
	X	21,84	1,19	17,83	2,42
	XI	21,24	1,16	17,69	1,88
	\bar{x}	21,76	1,19	17,82 ^A	2,41 ^A
Leszcz Bream	IX	21,69	1,62	18,65	1,29
	X	20,82	1,10	18,32	1,27
	XI	20,64	1,11	18,13	1,21
	\bar{x}	21,05	1,28	18,37 ^A	1,26 ^B
Szczupak Pike	IX	20,98	1,24	19,38	0,24
	X	20,77	1,18	19,09	0,19
	XI	19,42	1,17	18,88	0,22
	\bar{x}	20,39	1,20	19,12 ^B	0,22 ^C
Sandacz Zander	IX	20,48	1,19	18,82	0,36
	X	20,14	1,08	18,43	0,33
	XI	20,66	1,10	19,11	0,34
	\bar{x}	20,43	1,12	18,79 ^B	0,34 ^C

Objaśnienie jak pod tab. 1. / Explanatory Notes as for Tab. 1

Profil kwasów tłuszczowych lipidów badanych ryb w znacznym stopniu determinowany był gatunkiem, a w niewielkim – terminem odłowu. Udział nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) zawierał się w granicach od 29,96 % (karp) do 38,4 % (leszcz) (tab. 3). Wśród SFA w mięsie wszystkich gatunków przeważał kwas palmitynowy (C 16:0). W tłuszczu karpia przeważającą grupę stanowią kwasy jednonienasycone (MUFA), stanowiące aż 48,6 % wszystkich kwasów, podczas gdy najmniejszy (21,5 %) był udział kwasów wielonienasyconych (PUFA). Podobnymi proporcjami kwasów tłuszczowych charakteryzowało się mięso leszczy, podczas gdy w tłuszczu ryb drapieżnych przeważały kwasy PUFA (36,3 % – szczupak i 34,6 % – sandacz). Znacznie korzystniejszy w przypadku ryb drapieżnych okazał się stosunek sumy kwasów tłuszczowych n-3 do n-6. W diecie człowieka PUFA powinny stanowić 1/3 dziennego

Tabela 3

Skład kwasów tłuszczowych tkanki mięśniowej badanych gatunków ryb [% sumy FA].
Composition of fatty acids in muscle tissue of examined fish species [% of total aggregate FA].

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Gatunek / Species																							
	Karp / Carp						Leszcz / Bream						Szczipak / Pike						Sandacz / Zander					
	Termin odłowu / Fishing Period																							
	IX	X	XI	\bar{x}	IX	X	XI	\bar{x}	IX	X	XI	\bar{x}	IX	X	XI	\bar{x}	IX	X	XI	\bar{x}				
C 12.0	0,12	0,10	0,05	0,09	0,18	0,13	0,15	0,15	0,07	0,11	-	0,09	0,17	0,15	0,05	0,12								
C 14.0	2,13	2,17	0,97	1,76 ^{AB}	3,02	2,63	2,61	2,75 ^A	1,76	1,45	1,41	1,54 ^B	2,71	1,93	2,00	2,21 ^{AB}								
C 15.0	0,61	0,61	0,25	0,49 ^A	0,81	1,58	1,53	1,31 ^B	1,37	0,98	0,76	1,04 ^{AB}	1,75	1,44	1,51	1,57 ^B								
C 16.0	18,91	17,13	22,21	19,42	17,18	27,19	27,24	23,87	22,13	20,71	27,23	23,36	21,66	23,07	23,13	22,62								
C 16.1 c-7	0,18	0,28	0,14	0,20	0,21	0,27	0,27	0,25	0,29	0,28	0,32	0,30	0,33	0,32	0,34	0,33								
C 16.1 c-9	8,64	9,38	7,56	8,53 ^{AB}	12,68	7,65	7,65	9,33 ^A	5,51	5,43	3,63	4,86 ^B	6,42	5,56	5,46	5,81 ^{AB}								
C 17.0	0,89	0,83	0,27	0,66 ^A	1,03	1,48	1,48	1,33 ^B	1,05	0,86	0,78	0,90 ^{AB}	1,31	1,01	1,02	1,11 ^A								
C 18.0	8,05	6,45	7,52	7,34	6,14	9,90	9,90	8,65	8,14	9,32	10,45	9,30	9,07	9,44	9,66	9,39								
C 18.1 c-9	23,71	31,03	43,15	32,63 ^A	24,46	19,12	19,12	20,90 ^{AB}	14,17	17,43	20,59	17,40 ^B	14,97	16,57	16,49	16,01 ^B								
C 18.1 c-11	6,94	6,08	3,11	5,38 ^{AB}	8,18	7,02	7,02	7,41 ^A	4,45	3,77	3,49	3,90 ^B	5,10	5,03	5,39	5,17 ^{AB}								
C 18.2 n-6	12,80	12,65	7,60	11,02 ^A	5,12	6,20	6,20	5,84 ^B	4,98	7,09	5,53	5,87 ^B	4,19	6,46	6,86	5,84 ^B								
C 18.3 n-3	1,72	1,69	0,74	1,38	2,11	1,43	1,43	1,66	2,41	1,78	1,11	1,77	1,55	1,61	1,25	1,47								

cd. Tab. 3.

C 20.0	0,38	0,1	0,14	0,21	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,26	-	-	0,09	0,37	0,22	0,12	0,24
C 20.1n-11	1,49	1,91	2,05	1,82 ^A	0,51	0,53	0,53	0,53	0,52 ^B	0,70	0,63	0,55	0,63 ^B	0,68	0,56	-	-	0,41 ^B
C 20.1n-9	-	-	0,07	0,02	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,71	0,32	0,12	0,38	0,67	0,44	-	-	0,37
C 20.2 n-6	0,93	0,85	0,34	0,71 ^A	0,95	1,02	1,02	1,00 ^A	0,61	0,57	0,53	0,57 ^{AB}	0,45	0,38	-	-	-	0,28 ^B
C 20.3 n-6	0,50	0,62	0,32	0,48 ^A	0,20	0,34	0,34	0,29 ^A	0,38	0,41	-	0,26 ^A	0,18	-	-	-	-	0,06 ^B
C 20.4 n-6	3,20	2,70	1,66	2,52 ^A	2,88	3,69	3,69	3,42 ^{AB}	4,88	4,79	3,48	4,38 ^B	4,61	4,61	4,50	4,50	4,50	4,57 ^B
C 20.5 n-3	4,06	3,09	0,69	2,61	8,36	4,59	4,60	5,85	7,56	4,50	5,06	5,71	5,93	5,10	5,39	5,47	5,47	5,47
C 22.4 n-6	-	-	0,25	0,08	0,19	-	-	0,06	0,97	-	-	-	0,32	0,81	0,24	0,21	0,42	0,42
C 22.5 n-3	1,73	0,81	0,26	0,93	1,72	1,36	1,36	1,48	2,16	2,79	-	1,65	2,79	2,61	3,22	2,87	2,87	2,87
C 22.6 n-3	3,01	1,52	0,65	1,73 ^A	3,37	3,18	3,17	3,24 ^A	15,44	16,78	14,96	15,73 ^B	14,28	13,25	13,40	13,40	13,40	13,64 ^B
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Σ SFA	31,09	27,39	31,41	29,96	28,70	43,25	43,25	38,40	34,78	33,43	40,63	36,28	37,04	37,26	37,49	37,26	37,26	37,26
Σ MUFA	40,96	48,68	56,08	48,57 ^A	46,40	34,94	34,94	38,76 ^{AB}	25,83	27,86	28,70	27,46 ^B	28,17	28,48	27,68	28,11 ^B	28,11 ^B	28,11 ^B
Σ PUFA	27,95	23,93	12,51	21,46 ^A	24,90	21,81	21,81	22,84 ^A	39,39	38,71	30,67	36,26 ^B	34,79	34,26	34,83	34,63 ^B	34,63 ^B	34,63 ^B
Σ n-3	10,52	7,11	2,34	6,66 ^A	15,56	10,56	10,56	12,23 ^B	27,57	25,85	21,13	24,85 ^C	24,55	22,57	23,26	23,46 ^C	23,46 ^C	23,46 ^C
Σ n-6	17,43	16,82	10,17	14,81	9,34	11,25	11,25	10,61	11,82	12,86	9,54	11,41	10,24	11,69	11,57	11,17	11,17	11,17
n-3/n-6	0,60	0,42	0,23	0,42 ^A	1,67	0,94	0,94	1,18 ^B	2,33	2,01	2,21	2,18 ^C	2,40	1,93	2,01	2,11 ^C	2,11 ^C	2,11 ^C

Objaśnienie: / Explanatory note: A,B,C – wartości w tym samym wierszu oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / values in one row and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0,05$.

zapotrzebowania na tłuszcz, przy stosunku n-3 do n-6 jak 1 : 3 - 5 [10, 17]. W badanych rybach wynosi on 0,42 : 1; 1,18 : 1; 2,18 : 1 oraz 2,11 : 1, odpowiednio w przypadku karpia, leszcza, szczupaka i sandacza. Wyniki te potwierdzają doniesienia innych autorów [8, 13], ale Kołakowska i wsp. [12] podają inne proporcje (karp 1 : 0,1, a sandacz – 1 : 9,1).

W lipidach karpia i leszcza dominujący był kwas oleinowy (odpowiednio 32,63 i 20,9 %), zaś w tłuszczu szczupaka i sandacza największy udział miały kwas oleinowy (17,4 %), i dokozaheksaenowy (DHA) – 15,73 %. W tłuszczu tkanki mięśniowej sandacza te dwa kwasy stanowiły odpowiednio 16,01 i 13,64 %. Najmniejszy udział EPA i DHA, cennych ze względu na działanie prozdrowotne, zawierał karp, co znajduje potwierdzenie w pracach innych autorów [1, 8, 19]. Zawartość tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych, m.in. w mięsie karpia, może być dobrym wskaźnikiem zasobności środowiska w pokarm, jak i ewentualnego dokarmiania ryb [1, 22].

Tabela 4

Zawartość wybranych pierwiastków w tkance mięśniowej ryb [mg/kg].

Content of selected elements in muscle tissue of fish [mg/kg].

Gatunek ryb Species	Termin odłowu Fishing Period	Zn	Cd	Pb	Cu	Fe
Karp / Carp	IX	8,35	0,001	0,057	1,02	3,84
	X	7,89	0,001	0,048	1,07	3,68
	XI	7,48	0,001	0,044	1,08	3,87
	\bar{x}	7,91 ^A	0,001	0,05 ^A	1,06 ^A	3,80 ^A
Leszcz / Bream	IX	7,41	0,001	0,02	0,79	3,79
	X	7,59	0,001	0,02	0,83	3,96
	XI	7,54	0,001	0,02	0,75	4,07
	\bar{x}	7,51 ^A	0,001	0,02 ^B	0,79 ^B	3,94 ^A
Szczupak / Pike	IX	7,16	0,001	0,03	1,17	4,83
	X	7,48	0,001	0,02	1,15	5,18
	XI	7,39	0,001	0,03	1,16	5,02
	\bar{x}	7,34 ^A	0,001	0,03 ^A	1,16 ^A	5,01 ^B
Sandacz Zander	IX	3,91	0,001	0,02	1,16	1,61
	X	4,26	0,000	0,06	1,09	1,84
	XI	3,92	0,001	0,04	1,26	1,48
	\bar{x}	4,03 ^B	0,001	0,04 ^A	1,17 ^A	1,64 ^C

Objaśnienie jak pod tab. 1. / Explanatory note as in Tab. 1

Ryby cechują się wysoką wartością odżywczą i dietetyczną, ale ich przydatność konsumpcyjna może zostać pomniejszona wskutek zanieczyszczenia środowiska [3, 6, 18, 21]. We wszystkich badanych rybach poziom analizowanych metali ciężkich (tab. 4) nie przekroczył dopuszczalnych norm [20]. Termin odłowu nie wpłynął na bioakumulację pierwiastków mineralnych w mięsie. Ich koncentracja w mięsie poszczególnych gatunków ryb mieściła się w zakresach podawanych przez innych autorów [4, 5, 14].

Poziom kadmu utrzymywał się na stałym poziomie (0,001 mg/kg) przy dopuszczalnej normie 0,05 mg/kg [20], zaś pod względem zawartości żelaza, cynku, miedzi i ołowiu odnotowano statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) różnice międzygatunkowe. Największe różnice wystąpiły w przypadku zawartości żelaza w mięsie ryb (od 1,64 mg/kg – sandacz do 5,01 mg/kg – szczupak). Sandacz zawierał także najmniej cynku (4,03 mg/kg), a najwięcej miedzi, natomiast w leszczu stwierdzono najmniej ołowiu i miedzi. Wyniki te różnią się nieznacznie od wyników uzyskanych przez Brucką-Jastrzębską i wsp. [4] oraz Grelę i wsp. [9]. Na zawartość ołowiu i kadmu nie wpływał sposób żerowania, co potwierdzają badania Łuczyńskiej i Bruckiej-Jastrzębskiej [14, 15].

Ze względu na wzrost świadomości konsumentów, zwiększa się zainteresowanie spożywaną żywnością, jej składem i pochodzeniem. Ryby, zwłaszcza morskie, ze względu na bogactwo składników odżywczych (PUFA, białko o wysokiej wartości odżywczej, witaminy i składniki mineralne) zalecane są w diecie każdego człowieka, a w szczególności w diecie osób zagrożonych chorobami serca i układu krążenia. Duże zróżnicowanie międzygatunkowe, a także dostępność i cena ryb słodkowodnych stają się ich atutem w konkurencji z rybami morskimi. Spośród ryb wód śródlądowych zdecydowanie korzystniejszym, z punktu widzenia żywienia człowieka, składem (mniejsza zawartość tłuszczu, znacznie wyższa zawartość PUFA) charakteryzują się ryby drapieżne, tj. szczupak i sandacz.

Wnioski

1. Zawartość składników odżywczych w rybach zależy od gatunku, przy czym obserwuje się tendencję do zmniejszania się ich zawartości w mięsie ryb wszystkożernych w miarę opóźniania terminu odłowu.
2. Największy udział nasyconych kwasów tłuszczowych stwierdzono w tłuszczu leszczy oraz szczupaków. Najmniej kwasów wielonienasyconych zawierał karp, najwięcej natomiast szczupak i sandacz.
3. Najbardziej korzystnym, pod względem dietetycznym, stosunkiem kwasów tłuszczowych n-3 do n-6 charakteryzuje się mięso szczupaków i sandaczy. Największy udział EPA stwierdzono w lipidach leszczy, szczupaków i sandaczy, zaś najwięcej DHA w tłuszczu mięsa szczupaków i sandaczy.

4. Zawartość metali ciężkich w tkankach badanych gatunków ryb była mniejsza od dopuszczonych norm prawnych i nie zależała istotnie od terminu odłowu.

Literatura

- [1] Ahlgren G., Blomqvist P., Boberg M., Gustafsson L.B.: Fatty acid content of the dorsal muscle – an indicator of fat quality in freshwater fish. *J. Fish Biol.*, 1994, **45**, 131-157.
- [2] AOAC: Official methods of analysis of the association of official chemists. 16th Edition. Arlington, Virginia, USA, 2000.
- [3] Barak NA, Mason CF.: Mercury, cadmium and lead concentrations in five species of freshwater fish from eastern. England. *Sci. Total Environ.*, 1990, **92**, 257-63.
- [4] Brucka-Jastrzebska E., Kawczuga D., Rajkowska M., Protasowicki M.: Levels of microelements (Cu, Zn, Fe) and macroelements (Mg, Ca) in freshwater fish. *J. Elementol.*, 2009, **14 (3)**, 437-447.
- [5] Brucka-Jastrzebska E., Protasowicki M.: Elimination dynamic of cadmium, administered by a single intraperitoneal injection in common carp *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichth. Pisc.*, 2004, **34**, 167-180.
- [6] Carpena E., Gumiero B., Fedrizzini G., Serra R.: Trace elements (Zn, Cu, Cd) in fish from rearing ponds of Emilia-Romagna region (Italy). *Sci. Total Environ.*, 1994, **141**, 139-46.
- [7] Gajewska-Meszaros S., Meszaros J.: Ryby morskie i owoce morza: luksus czy konieczność. *Terapia i Leki*, 2001, **2**, 26-31.
- [8] Grela E.R., Dudek R.: Składniki odżywcze i profil kwasów tłuszczowych mięsa wybranych gatunków ryb morskich i słodkowodnych. *Żyw. Człow. Met.*, 2007, **34 (1)**, 561-566.
- [9] Grela E.R., Dudek R., Kowalczyk E.: Mineral content in fish meat from pond, lake or sea. *Polish J. Environ. Stud.*, 2007, **16**, 69-72.
- [10] Kolanowski W., Świdorski F.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy n-3 (n-3 PUFA). Korzystne działanie zdrowotne, zalecenie spożycia, wzbogacanie żywności. *Żyw. Człow. Met.*, 1997, **2**, 49-63.
- [11] Kołakowska A., Kołakowski E.: Szczególne właściwości żywieniowe ryb. *Przem. Spoż.*, 2000, **54**, 56-58.
- [12] Kołakowska A., Szczygielski M., Bienkiewicz G., Zienkiewicz L.: Some fish species as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Acta Ichth. Pisc.*, 2000, **30 (2)**, 59-70.
- [13] Łuczyńska J., Borejszo Z., Łuczyński M.: The composition and fatty acids in muscles of six freshwater fish species from the Mazurian Great Lakes (northeastern Poland). *Arch. Pol. Fish.*, 2008, **16 (2)**, 167-178.
- [14] Łuczyńska J., Brucka-Jastrzebska E.: The relationship between the content of lead and cadmium in muscle tissue and the size of fish from lakes in the Olsztyn lake District of northeastern Poland. *Arch. Pol. Fish.*, 2005, **13 (2)**, 147-155.
- [15] Łuczyńska J., Brucka-Jastrzebska E.: Determination of heavy metals in the muscles of some fish species from lakes of the north-eastern Poland. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2006, **15 (2)**, 141-146.
- [16] Łuczyńska J., Tońska E., Łuczyński M.: Essentials mineral components in the muscles of six freshwater fish from the Mazurian Great Lakes (northeastern Poland). *Arch. Pol. Fish.*, 2009, **17**, 171-178.
- [17] Marciniak-Łukasiak K., Krygier K.: Charakterystyka kwasów omega-3 i ich zastosowanie w żywności funkcjonalnej. *Przem. Spoż.*, 2004, **12 (57)**, 32-36.
- [18] Rashed M.N.: Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environ. Inter.*, 2001, **27**, 27-33.

- [19] Rosoarahona J., Barnathan R.E., Bianchini J.P., Gaydou E.M.: Annual evolution of fatty acid profile from muscle lipids of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in Madagascar inland waters. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, 7339-7344.
- [20] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 13.01.2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności. *Dz. U.* 2003. Nr 37, poz. 326 z późn. zm.
- [21] Svobodová Z., Čelechovská O., Kolář J., Randák T., Žlábek V.: Assessment of metal contamination in the upper reaches of the Tichá Orlice River. *Czech J. Anim. Sci.*, 2004, **49**, 458-464.
- [22] Szarek-Gwiazda E., Amirowicz A., Gwiazda R.: Trace element concentrations in fish and bottom sediments of a eutrophic dam reservoir. *Int. J. Oceanogr. Hydrob.*, 2006, **35** (4), 331-352.

CONTENT OF NUTRIENTS AND MINERALS, AND FATTY ACID PROFILE IN SOME FISH FLESH DEPENDING ON FISHING PERIOD

S u m m a r y

Four species of freshwater fish were included into the research project, namely: pike (*Esox lucius* L.), zander (*Sander lucioperca* L.), carp (*Cyprinus carpio* L.), and bream (*Aramis brama* L.). Six fish of each species were fished every month from September to November 2007. Morphometric features of fish were assessed as was the content of nutrients and mineral components. Furthermore, a profile of fatty acids was analysed. The content of nutrients in fish depended on the fishing period and its level diminished during the consecutive months of fishing. The highest amount of saturated fatty acids was determined in the fat of bream and pike flesh. The flesh of carp had the lowest level of polyunsaturated fatty acids, whereas the flesh of pike and zander – the highest. From the nutritional point of view, the flesh of pike and zander was characterized by the most beneficial n-3 to n-6 fatty acids ratio. The highest level of EPA was found in the lipids derived from bream and pike, and the fat from pike and zander flesh had the highest level of DHA. The content of heavy metals did not exceed the permissible levels as pointed in relevant standards, and no significant differences depending on the fishing period were found.

Key words: fish, nutrients, fatty acids, heavy metals ☒