

JOANNA ŁUCZYŃSKA, ELŻBIETA TOŃSKA, ZBIGNIEW BOREJSZO

**ZAWARTOŚĆ MAKRO- I MIKROELEMENTÓW ORAZ KWASÓW
TŁUSZCZOWYCH W MIĘŚNIACH ŁOSOSIA (*SALMO SALAR* L.),
PSTRĄGA TĘCZOWEGO (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALB.)
I KARPIA (*CYPRINUS CARPIO* L.)**

Streszczenie

Celem badań było określenie różnic międzygatunkowych pod względem zawartości: Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, Na i K oraz kwasów tłuszczowych w mięśniach ryb: pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss* Walb.), karp (*Cyprinus carpio* L.) i łosoś (*Salmo salar* L.), zakupionych w sklepach na terenie Olsztyna. Na i K oznaczono metodą fotometrii płomieniowej. Pozostałe pierwiastki analizowano metodą AAS. Kwasy tłuszczowe oznaczono techniką chromatografii gazowej. Karp cechował się największą zawartością Mn, Fe i Ca ($p \leq 0,01$). Stwierdzono, że karp stanowił również bogate źródło Zn, przy czym istotne różnice ($p \leq 0,01$) wystąpiły jedynie w porównaniu z łososem. W przypadku pozostałych oznaczanych pierwiastków nie wykazano istotnych różnic ($p > 0,05$) międzygatunkowych. W lipidach mięśni pstrąga tęczowego oznaczono największą zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (26,79 %) ($p \leq 0,05$). Najwięcej kwasów monoenowych zawierały lipidy tkanki mięśniowej karpia (51,45 %) ($p \leq 0,01$). Wśród nasyconych kwasów tłuszczowych dominował kwas palmitynowy (C16:0), zaś monoenowe kwasy tłuszczowe były reprezentowane przez kwas oleinowy (C18:1). Różnice zawartości n-6 polienowych kwasów tłuszczowych stwierdzono jedynie pomiędzy mięśniami karpia i łososi ($p \leq 0,05$). Wśród kwasów n-6 polienowych dominował kwas linolowy (C18:2). Bogatym źródłem kwasów n-3 polienowych (19,99 % i 23,18 %) i kwasu EPA (6,04 % i 5,17 %) był łosoś i pstrąg tęczowy ($p \leq 0,01$), a pstrągi zawierały istotnie więcej DHA (14,50 %) ($p \leq 0,01$).

Słowa kluczowe: karp, pstrąg tęczowy, łosoś, składniki mineralne, kwasy tłuszczowe

Wprowadzenie

Ryby, zwłaszcza morskie, są źródłem nie tylko niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych i pełnowartościowego białka, ale również składników mineralnych [8, 15]. W 2008 r. spożycie ryb, przetworów rybnych i owoców morza wynosiło w Polsce tylko 13,01 kg/osobę. Konsumpcja ryb morskich i słodkowodnych w przeli-

czeniu na żywą masę kształtowała się na poziomie 9,38 i 3,37 kg/osobę [25]. Według tych autorów spożycie łososi, karpia i pstrągów wynosiło odpowiednio: 0,36, 0,46 i 0,34 kg/osobę. Lirski [17] podaje, że zarówno karp, jak i pstrąg tęczowy odgrywają podstawowe znaczenie w polskiej akwakulturze. Ilościowy skład makro- i mikroelementów, podobnie jak udział lipidów oraz kwasów tłuszczowych zawartych w mięśniach ryb, wiąże się z ich właściwościami gatunkowymi, wielkością w obrębie gatunku, jak również z czynnikami biologicznymi (płeć i wiek) i środowiskowymi [1, 5, 11, 12, 16, 18, 26].

Celem badań było określenie wpływu gatunku na zawartość makro- i mikroelementów oraz skład kwasów tłuszczowych lipidów tkanki mięśniowej wybranych ryb hodowlanych zakupionych w sklepach dużych sieci handlowych na terenie Olsztyna.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły trzy gatunki ryb: pstrąg (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) (5 sztuk), karp (*Cyprinus carpio* L.) (5 sztuk) i łosoś (*Salmo salar* L.) (5 sztuk). Ryby zakupiono w 2003 r. w sklepach na terenie Olsztyna i po przewiezieniu do laboratorium zważono, a następnie wypatroszono. Z części grzbietowej każdej sztuki, znajdującej się powyżej linii bocznej, pobierano tkankę mięśniową, którą następnie rozdrabniano i mieszano celem ujednoczenia próbki. Tak przygotowaną próbkę przechowywano w szczelnych torebkach z tworzywa sztucznego w temp. -25 °C.

W celu oznaczenia składników mineralnych, wysuszone próbki mięśni zwęglano na płytkach elektrycznych, a następnie poddawano spopieleniu w piecu elektrycznym w temp. 450 °C do uzyskania białego popiołu. Uzyskany popiół rozpuszczano w 5M HNO₃ (Suprapur-Merck) i przenoszono ilościowo do kolb pomiarowych o pojemności 25 cm³. Mg, Ca, Zn, Mn, Cu i Fe oznaczano metodą płomieniowej spektrofotometrii absorpcji atomowej (płomień powietrze-acetylen), stosując spektrometr UNICAM Solar 939. Poszczególne pierwiastki oznaczano przy wykorzystaniu następujących długości fali: 285,2 nm, 422,7 nm, 213,9 nm, 279,5 nm, 324,8 nm i 248,3 nm. Oznaczając wapń, w celu wyeliminowania oddziaływania fosforu, do wszystkich próbek oraz wzorców dodawano roztwór chlorku lantanu w ilości, która zapewniałaby 0,5 % stężenia La⁺³ w badanych roztworach [29]. Na i K oznaczano metodą fotometrii płomieniowej przy długości fali 589,0 nm i 766,5 nm, wykorzystując do tego celu fotometr płomieniowy (Pye Unicam 2900-Anglia). Wiarygodność metod analitycznych sprawdzano, przeprowadzając równoległe analizę materiału referencyjnego BCR CRM 422 – tkanka mięśniowa dorsza *Gadus morhua* (L.) (próbka liofilizowana) o certyfikowanej zawartości Mn (0,543 ± 0,028 mg/kg), Cu (1,05 ± 0,07 mg/kg), Zn (19,6 ± 0,5 mg/kg) i Fe (5,46 ± 0,30 mg/kg) [23]. Zawartość oznaczona w materiale referencyjnym wynosiła odpowiednio: mangan – 0,560 ± 0,034 mg/kg (n = 4), miedź – 1,078 ± 0,143 mg/kg (n = 4), cynk – 20,649 ± 1,384 mg/kg (n = 4) i żelazo – 5,236 ±

0,249 mg/kg ($n = 4$). Wyniki zawartości Mn, Cu, Zn i Fe wyrażano w mg/kg świeżej masy, natomiast wyniki zawartości Ca, Mg, Na i K wyrażano w mg/100 g świeżej masy.

Tłuszcz wyodrębniano metodą Schmidta-Bondzyńskiego-Ratzlaffa [3]. Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowywano według zmodyfikowanej metody Peiskera (metanol : chloroform : stężony kwas siarkowy; w stosunku objętościowym 100 : 100 : 1 v/v) [30]. Rozdział i oznaczanie kwasów tłuszczowych prowadzono w chromatografii gazowej HP6890 z wykorzystaniem detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID), kolumny kapilarnej o długości 30 m (średnica wewnętrzna 0,32 mm, faza ciekła supelcowax 10, grubość filmu 0,25 μm) i dozownika (split 50 : 1). Temp. detektora 250 °C, dozownika 225 °C, zaś kolumny 180 °C. Gazem nośnym był hel (przepływ 1,0 ml/min). Identyfikację kwasów tłuszczowych wykonywano porównując czas retencji wzorców (mieszanina 37 kwasów) i pików w badanej próbce.

Obliczenia statystyczne wykonano z zastosowaniem programu Statistica PL (6.0). W celu stwierdzenia występowania istotnych różnic przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA (test Duncana) na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ i $\alpha = 0,05$. W przypadku gdy test jednorodności wariancji (Bartletta) okazał się istotny, hipotezę zerową o jednorodności wariancji odrzucano. W celu dalszego porównania średnich w grupie poddawano je transformacji ($\log x$) i gdy nie było podstaw do odrzucenia założeń testu Bartletta, analizę statystyczną przeprowadzono dla wartości średnich logarytmowanych.

Wyniki i dyskusja

Stwierdzono, że zawartość manganu w mięśniach kształtowała się na poziomie 0,072 mg/kg (pstrąg), 0,081 mg/kg (łosoś) i 0,150 mg/kg (karp), a miedzi 0,271 mg/kg (pstrąg), 0,363 mg/kg (łosoś) 0,411 mg/kg (karp) (tab. 1). W przypadku miedzi wielkości nie różniły się istotnie między sobą ($p > 0,05$), natomiast stwierdzono występowanie istotnych różnic ($p \leq 0,01$) pomiędzy zawartością manganu w mięśniach karpia a koncentracją tego pierwiastka w tkance mięśniowej pozostałych gatunków ryb. Według Kunachowicz i wsp. [14] ryby te można uszeregować pod względem zawartości miedzi i manganu odpowiednio: karp > łosoś > pstrąg oraz karp > łosoś \approx pstrąg. Według Řehulka [24] pstrąg tęczowy cechował się większą zawartością miedzi (0,360 mg/kg) w porównaniu z wielkościami tego pierwiastka w rybach tego samego gatunku objętych badaniami niniejszej pracy. Pirestani i wsp. [21] nie stwierdzili występowania różnic międzygatunkowych pod względem zawartości manganu, ale zaobserwowali, że chociaż karp zawierał więcej Cu, to różnice te były istotne jedynie w stosunku do *Liza aurata* i *Clupeonella cultiventris capia*. Čelechovská i wsp. [6] oznaczyli zdecydowanie mniej miedzi (0,237 mg/kg) w mięśniach karpia pochodzących z 10 stawów (Czechy).

Tabela 1

Zawartość mikro- i makroelementów (min. - max.) w mięśniach wybranych gatunków ryb.
Content of micro and macro-elements (min. - max.) in muscles of selected fish species.

Gatunek Species	Masa ciała] Body weight [g]	Mn	Cu	Zn	Fe
		[mg/kg świeżej masy] / [mg/kg wet weight]			
Łosoś Salmon	852 - 1300	0,057 - 0,118 0,081 ± 0,025 B	0,315 - 0,417 0,363 ± 0,044 a	2,80 - 4,02 3,35 ± 0,58 B	1,20 - 1,67 1,46 ± 0,21 B
Pstrąg Rainbow trout	480 - 610	0,057 - 0,084 0,072 ± 0,011 B	0,200 - 0,338 0,271 ± 0,050 a	3,34 - 4,99 4,27 ± 0,68 AB	1,38 - 1,81 1,55 ± 0,16 B
Karp Carp	970 - 1250	0,108 - 0,221 0,150 ± 0,047 A	0,269 - 0,685 0,411 ± 0,180 a	3,40 - 6,15 5,15 ± 1,16 A	1,59 - 2,95 2,31 ± 0,52 A
Gatunek Species	Masa ciała] Body weight [g]	Ca	Mg	Na	K
		[mg/100 g świeżej masy] / [mg/100 g wet weight]			
Łosoś Salmon	852 - 1300	7,6 - 10,3 9,0 ± 1,2 cB	22,1 - 24,5 23,6 ± 0,9 a	30,0 - 54,6 42,0 ± 11,5 a	324,4 - 427,0 382,0 ± 37,7 a
Pstrąg Rainbow trout	480 - 610	10,0 - 16,5 13,7 ± 2,3 bB	21,9 - 26,4 23,7 ± 1,7 a	29,9 - 43,7 37,0 ± 5,6 a	354,4 - 468,6 410,2 ± 40,5 a
Karp Carp	970 - 1250	17,2 - 45,3 31,7 ± 12,7 aA	19,4 - 24,9 22,1 ± 2,1 a	15,2 - 41,6 31,0 ± 10,2 a	363,4 - 410,2 377,9 ± 18,8 a

Objaśnienia: / Explanatory notes:

A, B, C – statystycznie istotne różnice przy $p \leq 0,01$ / statistically significant differences at $p \leq 0,01$;
a, b, c – statystycznie istotne różnice przy $p \leq 0,05$ / statistically significant differences at $p \leq 0,05$.
Wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) /
The values in the columns denoted by the same letters do not differ statistically significantly ($p > 0,05$).

Zawartość żelaza w mięśniach badanych ryb mieściła się w granicach 1,46 (łosoś) - 2,31 mg/kg (karp), a cynku 3,35 (łosoś) - 5,15 mg/kg (karp) (tab. 1). Najbogatsze źródło tych mikroelementów stanowiły karpie ($p \leq 0,01$), przy czym w przypadku cynku, różnice pomiędzy zawartością tego pierwiastka w mięśniach karpia i pstrąga nie były statystycznie istotne ($p > 0,05$). Mniejszą zawartość żelaza (0,85 mg/kg) w mięśniach karpia stwierdzili Erdoğrul i Erbilir [7]. Inni autorzy podają, że karpie kumulują większe ilości żelaza [20, 21]. Pierestani i wsp. [21] stwierdzili również znaczne różnice międzygatunkowe, a spośród badanych przez tych autorów ryb to właśnie mięśnie karpia charakteryzowały się największą zawartością tego pierwiastka. Zawartość cynku (5,3 mg/kg) w tkance mięśniowej karpia oznaczona przez Čelechovská i wsp. [6] była na zbliżonym poziomie, a w mięśniach pstrąga ze zbiornika Slezská Harta (Czechy) była mniejsza [24] od stwierdzonej w rybach objętych badaniami niniejszej pracy.

Karpie cechowały się również zdecydowanie większą zawartością wapnia (31,7 mg/100 g) w tkance mięśniowej (tab. 1). W mięśniach karpia było go ponad 2 razy więcej niż w tkance pstrąga i ponad 3,5 razy więcej niż w łososiu. Wykazano również występowanie statystycznie istotnych różnic ($p \leq 0,05$) pomiędzy łososiami i pstrągami. Stężenie magnezu w tkance mięśniowej badanych ryb było zbliżone i mieściło się w granicach od 22,1 mg/100 g (karp) do 23,7 mg/100 g (pstrąg) (tab. 1). Koncentracja sodu kształtowała się w przedziale od 31,0 mg/100 g (karp) do 42,0 mg/100 g (łosos), a średnia zawartość potasu wynosiła od 377,9 mg/100 g (karp) do 410,2 mg/100 g (pstrąg) (tab. 1, rys. 4). Zarówno w przypadku zawartości magnezu, jak również sodu i potasu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy mięśniami badanych ryb ($p > 0,05$). Pirestani i wsp. [21] dowiedli różnic międzygatunkowych pod względem zawartości Ca, Mg, Na i K. Stwierdzili, że mięśnie karpia pochodzących z Morza Kaspijskiego cechowały się istotnie większą zawartością wapnia i sodu w porównaniu z innymi gatunkami ryb. Przygoda i wsp. [22] nie stwierdzili różnicy zawartości magnezu (25 mg/100 g) pomiędzy badanymi gatunkami ryb (z wyjątkiem łososia bałtyckiego). Zawartość sodu i potasu w tkance mięśniowej pstrąga i łososia według tych autorów wynosiła 46 i 44 mg/100 g oraz 345 i 322 mg/100 g.

Najmniejszą zawartość tłuszczu oznaczono w tkance mięśniowej karpia pobranej z części grzbietowej (2,81 %), większą zawartością tłuszczu charakteryzowały się próbki pstrągów (4,39 %), zaś największą cechowała się tkanka mięśniowa łososia (11,57 %) (tab. 2). Lipidy tkanki mięśniowej pstrągów zawierały najwięcej nasyconych kwasów tłuszczowych (26,79 %) ($p \leq 0,05$). W mięśniach karpia kwasy te występowały w ilości 25,44 % (tab. 2). Mięso łososia zawierało średnio 22,39 % nasyconych kwasów tłuszczowych. Wśród nasyconych kwasów tłuszczowych dominował kwas palmitynowy (C16:0), którego było 18,68 % (karp), 17,58 % (pstrąg) i 13,43 % (łosos). Pod względem zawartości kwasu C16:0 w lipidach tkanki mięśniowej części grzbietowej ryb, można je uszeregować w następujący sposób: karp \approx pstrąg $>$ losos ($p \leq 0,01$) i karp $>$ pstrąg $>$ losos ($p \leq 0,05$). Odwrotnie kształtował się udział nasyconych kwasów tłuszczowych w tkance pstrąga (24,14 %) i łososia (28,66 %) badanych przez Przygodę i wsp. [22]. Wyższy udział tej grupy kwasów w tkance mięśniowej pstrąga (31,06 %) w porównaniu z karpem (24,73 %) potwierdziły badania Kołakowskiej i wsp. [13], przy czym materiał do badań stanowiły całe filety ze skórą. Haliloğlu i wsp. [10] również odnotowali, że lipidy mięśni pobranych z części grzbietowej pstrąga cechowały się większą zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych od pozostałych gatunków ryb (palia *Salvelinus alpinus*, pstrąg potokowy *Salmo trutta fario*). Grella i Dudek [9] nie stwierdzili istotnych różnic pomiędzy zawartością C16:0 w mięśniach tuszki karpia i łososia, natomiast stwierdzili występowanie takich różnic w przypadku sumy nasyconych kwasów tłuszczowych ($p \leq 0,05$).

Najwięcej kwasów monoenowych zawierały lipidy tkanki mięśniowej karpia (51,45 %) ($p \leq 0,01$) (tab. 2). Znacznie mniej tych kwasów zawierała tkanka łososia (44,59 %) i pstrąga (35,08 %). Monoenowe kwasy tłuszczowe były reprezentowane przez kwas oleinowy (C18:1), którego największy udział oznaczono w mięsie karpia (37,04 %) ($p \leq 0,01$). Zawartość tego kwasu w tkance mięśniowej pstrąga (20,94 %) i łososia (23,04 %) nie różniła się statystycznie istotnie ($p > 0,05$). Do podobnych wniosków doszli Haliloğlu i wsp. [10]. Procentowy udział C18:1 w mięsie pstrąga i łososia odnotowany przez Przygodę i wsp. [22] był większy od stwierdzonego w niniejszej pracy. Podobnie karpie badane przez Kołakowską i wsp. [13] zawierały w mięsie większe ilości tego kwasu. Bieniarz i wsp. [4] podają, że na zawartość monoenowych kwasów tłuszczowych wpływają warunki chowu, w tym pasze. Ligaszewski i wsp. [16] zaobserwowali, że procentowy udział tych kwasów w mięsie karpia zależy od temperatury wody w akwenu. Według Bienkiewicza i wsp. [5], to właśnie mięso karpia zawierało większe ilości monoenowych kwasów tłuszczowych (68,62 %) aniżeli inne gatunki ryb słodkowodnych, w tym hodowlanych. Spostrzeżenia tych autorów są zgodne z wynikami badań niniejszej pracy. Mniejsze ilości tych kwasów oznaczyli w mięsie karpia Özogul i wsp. [19] oraz Grela i Dudek [9]. Ci sami autorzy stwierdzili, że mięso karpia cechowało się istotnie wyższym udziałem monoenowych kwasów tłuszczowych aniżeli łososia ($p \leq 0,05$), co potwierdziło wyniki badań niniejszej pracy. Podobną prawidłowość w odniesieniu do pstrągów stwierdzili Kołakowska i wsp. [13].

Najwięcej n-6 polienowych kwasów tłuszczowych znajdowało się w tkance mięśniowej karpia (12,81 %) (tab. 2). W mięsie pstrągów i łososi stwierdzono ich nieco mniej (12,16 % i 9,77 %). Bogatym źródłem kwasów n-3 polienowych był pstrąg (23,18 %) ($p \leq 0,05$). Nieco mniejszą zawartość kwasów z grupy n-3 zaobserwowano w tkance mięśniowej łososia (19,99 %). Tkanka mięśniowa karpia charakteryzowała się najmniejszą zawartością omawianych kwasów (9,08 %). Według Ligaszewskiego i wsp. [16] udział n-6 i n-3 polienowych kwasów tłuszczowych w tkance karpia zależy od wzrostu jego udziału w profilu wyższych kwasów tłuszczowych zooplanktonu. Steffens i Wirth [27] stwierdzili, że udział kwasów z grupy n-3 i n-6 był związany z paszą, którą karmione były karpie. Znaczne różnice międzygatunkowe dotyczące udziału tych grup kwasów ($p \leq 0,05$) zaobserwowali Grela i Dudek [9]. Tkanka mięśniowa karpia badanych przez Kołakowską i wsp. [13] zawierała niewielkie ilości kwasów z grupy n-3 PUFA (1,96 %) w stosunku do pstrągów (24,02 %). W grupie kwasów n-6 polienowych dominował kwas linolowy (C18:2), a w grupie n-3 polienowych głównym przedstawicielem był kwas eikozapentaenowy (C20:5 EPA) oraz dokozaheksaenowy (C22:6 DHA). W tkance mięśniowej karpia, pstrąga i łososia kwas linolowy występował w ilościach: 9,11; 8,89 i 6,23 % (tab. 2). Jednoznaczne różnice między udziałem n-6 polienowych kwasów i kwasu C18:2 w badanych gatunkach ryb

Tabela 2

Profil kwasów tłuszczowych lipidów tkanki mięśniowej wybranych gatunków ryb [% sumy kwasów tłuszczowych].

Profile of fatty acids in lipids in muscle tissue of selected fish species [% of total of fatty acids].

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Łosoś Salmon	Pstrąg Rainbow trout	Karp Carp
Tłuszcz [%] / Fat [%]	11,57 ± 1,26	4,39 ± 0,79	2,81 ± 1,37
Nasycone / Saturated			
14:0	4,92 ± 0,55	4,21 ± 0,36	1,49 ± 0,24
15:0	0,42 ± 0,03	0,44 ± 0,07	0,32 ± 0,18
16:0	13,43 ± 0,62 cB	17,58 ± 1,06 bA	18,68 ± 1,02 aA
17:0	0,68 ± 0,17	0,56 ± 0,11	0,30 ± 0,23
18:0	2,75 ± 0,18	3,78 ± 0,37	4,50 ± 0,76
20:0	0,20 ± 0,05	0,22 ± 0,13	0,15 ± 0,04
Razem / Total	22,39 ± 1,18 cB	26,79 ± 1,91 aA	25,44 ± 1,14 bA
Monoenowe / Monoenoic			
14:1	0,25 ± 0,03	0,26 ± 0,06	0,21 ± 0,15
16:1	6,45 ± 1,27	6,64 ± 1,32	9,40 ± 1,88
17:1	0,29 ± 0,09	0,26 ± 0,11	0,47 ± 0,28
18:1	23,04 ± 4,55 bB	20,94 ± 0,74 bB	37,07 ± 6,40 aA
20:1 (n-7)	0,32 ± 0,02	0,25 ± 0,05	0,15 ± 0,07
20:1 (n-9)	6,37 ± 0,71	3,11 ± 1,16	2,92 ± 0,80
20:1 (n-11)	0,60 ± 0,14	0,46 ± 0,12	0,47 ± 0,11
22:1 (n-9)	0,81 ± 0,10	0,47 ± 0,16	0,15 ± 0,05
22:1 (n-11)	6,45 ± 1,38	2,69 ± 1,52	0,61 ± 0,31
Razem / Total	44,59 ± 3,12 B	35,08 ± 1,57 C	51,45 ± 5,85 A
n-6 polienowe / n-6 polienoic			
18:2	6,23 ± 1,13	8,89 ± 4,54	9,11 ± 2,16
18:3	0,14 ± 0,01	0,22 ± 0,08	0,28 ± 0,13
20:3	0,22 ± 0,04	0,34 ± 0,04	0,57 ± 0,15
20:4	0,47 ± 0,07	0,86 ± 0,35	2,00 ± 1,49
22:5	2,71 ± 0,38	1,84 ± 0,59	0,86 ± 0,50
Razem / Total	9,77 ± 0,80 bA	12,16 ± 3,72 abA	12,81 ± 2,94 aA
n-3 polienowe / n-3 polienoic			
18:3	2,01 ± 0,44	1,86 ± 0,29	2,21 ± 1,22
20:3	0,24 ± 0,04	0,21 ± 0,04	0,17 ± 0,08
20:4	1,58 ± 0,23	1,15 ± 0,16	0,38 ± 0,26
20:5 EPA	6,04 ± 1,16 A	5,17 ± 1,03 A	2,06 ± 1,28 B
22:5	0,21 ± 0,04	0,30 ± 0,14	0,38 ± 0,34
22:6 DHA	9,93 ± 0,82 B	14,50 ± 2,35 A	3,93 ± 1,34 C
Razem / Total	19,99 ± 1,88 bA	23,18 ± 3,29 aA	9,08 ± 3,30 cB
Polienowe / Polienoic			
18:4	1,98 ± 0,45	1,53 ± 0,15	0,79 ± 0,36
20:2	1,28 ± 0,07	1,26 ± 0,14	0,44 ± 0,16
Razem / Total	3,26 ± 0,39	2,79 ± 0,28	1,22 ± 0,35
n-3/n-6	2,05	1,91	0,71

Oznaczenia jak pod tab. 1 / Explanatory notes as in Tab. 1.

dotyczyły jedynie karpia i łososia ($p \leq 0,05$) (tab. 2). Tkanka mięśniowa łososia i pstrąga okazała się bogatym źródłem EPA (6,04 % i 5,17 %) ($p \leq 0,01$); mięśnie karpia zawierały go odpowiednio 2,06 %. Największą zawartość kwasu DHA stwierdzono w mięśniach pstrąga (14,50 %) ($p \leq 0,01$). W tkance mięśniowej łososia i karpia kwas ten występował w ilościach 9,93 i 3,93 %. Grela i Dudek [9] potwierdzili, że w grupie n-6 kwasów tłuszczowych dominował kwas linolowy, zaś w grupie n-3 odpowiednio DHA i EPA. Do podobnych wniosków doszli inni autorzy [2, 10, 13]. Według Haliloğlu i wsp. [10] pstrągi okazały się lepszym źródłem DHA (19,17 %) i EPA (3,07 %) aniżeli pozostałe gatunki ryb, chociaż w przypadku EPA różnice te nie zawsze były statystycznie istotne. Śladowe ilości DHA i EPA w tkance karpia oznaczyli Kołakowska i wsp. [13], natomiast w mięsie pstrąga kwasy te występowały w ilościach 4,40 % i 15,54 %. Badania Bienkiewicza i wsp. [5] również dowiodły, że kwasy te w mięsie karpia znajdowały się w śladowych ilościach. Kwas EPA w badanym mięsie pstrąga i łososia występował na zbliżonym poziomie. Potwierdziły to dane przedstawione przez innych autorów [22]. Stosunek kwasów n-3/n-6 w badanych rybach wynosił odpowiednio: 0,71 (karp), 1,91 (pstrąg) i 2,05 (łosoś) (tab. 2). Według Kołakowskiej i wsp. [13] stosunek n-3/n-6 w mięśniach pstrąga i karpia wynosił odpowiednio 4,90 i 0,10. Grela i Dudek [9] zaobserwowali, że stosunek ten w mięsie karpia i łososia był na poziomie 0,54 i 4,39.

Według Usydus i wsp. [28] oleje rybne ze względu na swój korzystny skład kwasów tłuszczowych mogą być wykorzystywane w określonych dawkach jako dodatki do pasz dla zwierząt gospodarskich, a tym samym korzystnie wpływać na wartość odżywczą produktów pochodzenia zwierzęcego. Oleje rybne jako źródło specyficznych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza z grupy n-3 mogą również wzbogacać dietę człowieka. Ryby będące przedmiotem niniejszych badań okazały się, obok łososia, jako przedstawiciela ryb morskich, również bogatym źródłem n-3 i n-6 polienowych kwasów tłuszczowych, co potwierdziło badanie Bienkiewicza i wsp. [5].

Wnioski

1. W mięśniach badanych ryb stwierdzono występowanie różnic międzygatunkowych zawartości manganu, cynku, żelaza i wapnia. Różnice te również występowały w obrębie danego gatunku.
2. Zaobserwowano duże zróżnicowanie zawartości tłuszczu oraz kwasów tłuszczowych zarówno w obrębie gatunku, jak i między gatunkami.
3. Najwyższą zawartość n-3 polienowych kwasów tłuszczowych i kwasu DHA zaobserwowano w lipidach mięśni pstrąga. Ryby te obok łososia okazały się również bogatym źródłem kwasu EPA.

4. Mniejszym udziałem n-6 polienowych kwasów tłuszczowych w lipidach tkanki mięśniowej charakteryzowały się łososie, natomiast w przypadku karpia i pstrąga wartości te były na zbliżonym poziomie.

Literatura

- [1] Bajc Z., Gačnik K.Š., Jenčič V., Doganoc D.Z.: The contents of Cu, Zn, Fe and Mn in Slovenian freshwater fish. *Slov. Vet. Res.*, 2005, **1/2 (42)**, 15-21.
- [2] Balas J., Pawlicka M., Jacórzynski B., Filipek A., Domina P., Mielniczuk E., Daniewski M.: Zawartość tłuszczu i skład kwasów tłuszczowych w wybranych rybach morskich. *Rocz. PZH*, 2001, **4 (52)**, 277-284.
- [3] Berg H., Nilsson S.: Determination of fat content in meat and meat products with NMR or SFE. *Proc. Euro-Food Chem IX, Interlaken Switzerland, 24-26 september 1997*, 1, pp. 59-64.
- [4] Bieniarz K., Borowiec F., Okoniewski Z.: Zawartość tłuszczu, kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mięśniach karpia (*Cyprinus carpio* L.) chowanych w różnych warunkach pokarmowych. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 2001, **12**, 129-135.
- [5] Bienkiewicz G., Domiszewski Z., Kuszyński T.: Ryby słodkowodne jako źródło niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych NNKT. *Mag. Przem. Ryb.*, 2008, **3 (63)**, 58-59.
- [6] Celechovská O., Svobodová Z., Žlábek V., Macharáčková B.: Distribution of metals in tissues of the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Vet. Brno*, 2007, **76**, 93-100.
- [7] Erdoğan Ö., Erbilir F.: Heavy metals and trace elements in various fish samples from Sir Dam Lake, Kahramanmaraş, Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 2007, **130**, 373-379.
- [8] Głogowski J., Ciereszko A.: Dlaczego powinniśmy zwiększyć spożycie ryb, a zwłaszcza pstrąga tęczowego? *Mag. Przem. Rybn.*, 2001, **2**, 95-102.
- [9] Grela E.R., Dudek R.: Składniki odżywcze i profil kwasów tłuszczowych mięsa wybranych gatunków ryb morskich i słodkowodnych. *Żyw. Człow. Metab.*, 2007, **34 (1/2)**, 561-565.
- [10] Haliloğlu H.I., Aras N.M., Yetim H.: Comparison of muscle fatty acids of three trout species (*Salvelinus alpinus*, *Salmo trutta fario*, *Oncorhynchus mykiss*) raised under the same conditions. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 2002, **26**, 1097-1102.
- [11] Jeong B.-Y., Moon S.-K., Jeong W.-G., Ohshima T.: Lipid classes and fatty acid compositions of wild and cultured sweet smelt *Plecoglossus altivelis* muscles and eggs in Korea. *Fisheries Sci.*, 2000, **66**, 716-724.
- [12] Kmínková M., Winterom R., Kučera J.: Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *Czech. J. Food Sci.*, 2001, **19 (5)**, 177-181.
- [13] Kołakowska A., Szczygielski M., Bienkiewicz G., Zienkiewicz L.: Some of fish species as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 2000, **30 (2)**, 59-70.
- [14] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Ryby i przetwory rybne. W: Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych. *Prace IŻŻ*, Warszawa 1998, ss. 241-279.
- [15] Lebedzińska A.: Łososie wędzone cennym źródłem składników odżywczych. *Mag. Przem. Ryb.*, 2006, **2 (50)**, 33-36.
- [16] Ligaszewski M., Węglarz K., Pilarczyk A., Łysak A., Bereza M.: Relation between the profile of major fractions of unsaturated fatty acids in common carp meat (*Cyprinus carpio* L.) in the second year of life and their profile in zooplankton. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **3A (57)**, 77-81.
- [17] Lirski A.: Trendy w polskiej akwakulturze. *Mag. Przem. Ryb.*, 2007, **4 (58)**, 58-59.
- [18] Łuczyńska J., Borejszo Z., Łuczyński M.J.: The composition of fatty acids in muscles of six freshwater fish species from the Mazurian Great Lakes (northeastern Poland). *Arch. Pol. Fish.*, 2008, **2 (16)**, 167-178.

- [19] Özogul Y., Özogul F., Alagoz S.: Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chem.*, 2007, **103**, 217-223.
- [20] Öztürk M., Özözen G., Minareci O., Minareci E.: Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 2009, **2** (6), 73-80.
- [21] Pirestani S., Sahari A., Barzegar M., Seyfabadi S.J.: Chemical compositions and minerals of some commercially important fish species from the South Caspian Sea. *Inter. Food Res. J.*, 2009, **16**, 39-44.
- [22] Przygoda B., Szulc M., Kunachowicz H., Iwanow K., Balas J.: Badania porównawcze wartości odżywczych łososi, troci i pstrągów tęczowych z łowisk bałtyckich z wartością odżywczą łososi z hodowli norweskich. *Żyw. Człow. Metab.*, 2003, **3-4** (30), 967-972.
- [23] Quevauviller P.H., Imbert J.L., Wagstaffe P.J., Kramer G.N., Griepink B.: Commission of the European Communities BCR Information – Reference materials. In: ECSC EEC-EAEC Report EUR 14557 EN, Brussels-Luxembourg 1993, pp. 1-64.
- [24] Rehulka J.: Content of inorganic and organic pollutants in the fish from the Slezská Harta reservoir. *Czech J. Anim. Sci.*, 2002, **1** (47), 30-44.
- [25] Seremak-Bulge J., Kuzebski E., Pieńkowska B., Rakowski M., Szostak S., Hryszko K.: Rynek ryb. Stan i perspektywy. W: *Analizy rynkowe*. Wyd. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2008.
- [26] Stanek M., Janicki B., Kupcewicz B.: Content of selected heavy metals in the organs of fish from Żnin Duże Lake. *Folia boil. (Kraków)*, 2005, **53** (Suppl.), 115-119.
- [27] Steffens W., Wirth M.: Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*). *Aquacult Int.*, 2007, **15**, 313-319.
- [28] Usydus Z., Polak-Juszczak L., Dobrzański Z., Malesa-Ciećwierz M.: Study on the nutritive value of raw fish oils. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **4C** (57), 593-596.
- [29] Whiteside P.J., Miner B.: *Pye Unicam Atomic Absorption Data Book*. Pye Unicam Ltd. Cambridge 1984.
- [30] Żegarska Z., Jaworski J., Borejszo Z.: Ocena zmodyfikowanej metody Peiskera otrzymania estrów metyloowych kwasów tłuszczowych. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.*, 1991, **24**, 25-33.

CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS, AND FATTY ACIDS IN MUSCLES OF SALMON (*SALMO SALAR* L.), RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALB.), AND CARP (*CYPRINUS CARPIO* L.)

S u m m a r y

The objective of the study was to determine the inter-specific differences in the contents of Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, Na, and K, as well as in fatty acids in muscles of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walb.), carp (*Cyprinus carpio* L.), and salmon (*Salmo salar* L.) purchased at a market in the city of Olsztyn (Poland). Na and K were determined using an emission flame photometry. The other elements were analyzed using an AAS method. Fatty acids were determined using gas chromatography. The carp fish was characterized by the highest content of Mn, Fe, and Ca ($p \leq 0.01$). Also, it was found that the carp was a rich source of Zn, and the significant differences were found only if compared to the salmon ($p \leq 0.01$). As for the other elements determined, no significant interspecific differences ($p > 0.05$) were found. In the lipids contained in the muscles of rainbow trout examined, the highest content of saturated fatty acids (26.79 %) ($p \leq 0.05$) was determined. The highest amount of monoenoic acids was reported in

the lipids in the muscle tissue of carp (51.45 %) ($p \leq 0.01$). Among the saturated fatty acids, the palmitic acid was a predominant fatty acid (C16:0) whereas the monoenoic fatty acids were represented by the oleic acid (C18:1). The differences in the content of n-6 polyenoic fatty acids were found only between the carp and the salmon ($p \leq 0.05$). The linoleic acid (C18:2) prevailed among the n-6 polyenoic fatty acids. The salmon and rainbow trout ($p \leq 0.01$) were a rich source of n-3 polyenoic fatty acids (19.99 % and 23.18 %) and EPA (6.04 % and 5.17 %) ($p \leq 0.01$) whereas the trout had significantly more DHA (14.50 %) ($p \leq 0.01$).

Key words: carp, rainbow trout, salmon, mineral elements, fatty acids ☒