

AGNIESZKA KALINIAK, MARIUSZ FLOREK, PIOTR SKAŁECKI

PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH MIĘSA, IKRY I WĄTROBY RYB

Streszczenie

Wartość żywieniowa ryb jest zróżnicowana i wynika z ich składu chemicznego, w tym z zawartości kwasów tłuszczowych. Różnice wynikają przede wszystkim z gatunku ryb, ale są także uwarunkowane innymi czynnikami osobniczymi (wielkość i dojrzałość płciowa, cykl reprodukcyjny) i środowiskowymi (system żywienia, sezon, temperatura wody i jej zasolenie, położenie geograficzne akwenu). Skład lipidów zależy od rodzaju tkanki ryb, z której pochodzą (mięśnie, ikra, narządy). Oleje rybne pozyskane z różnych źródeł dostarczają znaczących, lecz zmiennych ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) o właściwościach prozdrowotnych. Efekt konsumpcji ryb i olejów rybnych, wynikający z obecności zarówno kwasów PUFA, jak i jednonienasyconych (MUFA), dotyczy przede wszystkim obniżenia ryzyka choroby wieńcowej. Dodatkowy, prozdrowotny wpływ związany ze spożyciem kwasów PUFA *n-3* wynika z ich istotnej roli w zapobieganiu chorobom sercowo-naczyniowym, stanów zapalnych, agresji, depresji, nadciśnienia, chorób autoimmunologicznych, cukrzycy, zaburzeń czynności nerek, reumatoidalnego zapalenia stawów, niedorozwoju mózgu i oczu u niemowląt, alergii i nowotworów.

Mięśnie i wątroba to główne narządy magazynujące lipidy w organizmie ryb. Nieprzetworzona ikra i kawior są produktami luksusowymi, ale charakteryzującymi się dużą wartością odżywczą z uwagi na zawartość MUFA i PUFA. Wysoki poziom DHA i EPA oraz korzystna proporcja *n-3/n-6* w rybach to główne czynniki zrównoważonej syntezy eikozanoidów w organizmie człowieka. Wspomniane wyżej produkty wciąż postrzegane są w różnych regionach i krajach jako żywność tradycyjna o znaczeniu lokalnym.

Słowa kluczowe: ryby, kwasy tłuszczowe, mięso, ikra, wątroba

Wprowadzenie

Z uwagi na dużą zawartość tłuszczu bogatego w kwasy *n-3* ryby są produktem szczególnie zalecanym do spożycia [18]. W porównaniu z innymi krajami europejski-

Mgr A. Kaliniak, dr hab. inż. M. Florek, dr inż. P. Skalecki, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, Wydz. Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin. Kontakt: mariusz.florek@up.lublin.pl

mi, w Polsce spożycie ryb i przetworów rybnych jest małe [57, 58]. Przeciętnie wynosi około 15 - 16 g/dzień i jest dwa razy mniejsze od zalecanego [54]. Roczne spożycie ryb (po obróbce) i ich przetworów wynosi około 5,8 kg/osobę. Wśród gatunków słodkowodnych krajowej akwakultury najczęściej spożywa się karp i pstrągów (po ok. 0,50 kg/osobę) [37].

Całkowita zawartość tłuszczu, w tym profil kwasów tłuszczowych, zależy od gatunku ryb, a różnice występują także między osobnikami tego samego gatunku. Różnice te wynikają z oddziaływania czynników osobniczych, jak i środowiskowych. Do uwarunkowań osobniczych, poza gatunkiem, należą: wielkość i dojrzałość płciowa, cykl reprodukcyjny, faza rozwoju, topograficzne pochodzenie tkanek (część brzuszna lub grzbietowa) i jej rodzaj. Czynniki środowiskowe to: metoda hodowli, system żywienia, sezon, oddziaływania troficzne i środowisko życia [56]. Ze względu na środowisko ryby różnicuje się na gatunki morskie i słodkowodne. Ryby słodkowodne stanowią bogate źródło żywności dla człowieka, przy czym znaczna ich część to gatunki hodowlane [28]. Jak nadmieniono, zawartość tłuszczu różni się m.in. w zależności od rodzaju tkanki czy narządu [43]. Lipidy magazynowe są przede wszystkim w mięśniach i wątrobie [28]. Wątroba pełni istotną rolę w wielu procesach metabolicznych lipidów, m.in. we wchłanianiu, oksydacji i przekształcaniu kwasów tłuszczowych oraz w dostarczaniu długołańcuchowych wysoko wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (HUFA – *highly unsaturated fatty acids*) do innych tkanek [41]. Oprócz mięśni i wątroby źródłem cennych lipidów jest także ikra ryb [5].

W tkance tłuszczowej ryb zawarte są wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) *n-3*, w tym kwas eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA) oraz kwasy *n-6* – oddziałujące pozytywnie na ludzkie zdrowie [2].

W pracy porównano profil kwasów tłuszczowych mięsa, ikry i wątroby ryb morskich i słodkowodnych, jak również przeanalizowano zalecenia żywieniowe związane ze spożyciem ryb i długołańcuchowych kwasów wielonienasyconych *n-3* (EPA i DHA) w diecie ludzi.

Tkanka mięśniowa

Zawartość tłuszczu w mięśniach ryb jest zmienna i zależy m.in. od gatunku, wieku, płci, systemu żywienia i warunków środowiska [11, 21, 28, 49, 53, 60]. Ryby morskie zawierają zwykle więcej tłuszczu w porównaniu z rybami słodkowodnymi [32]. Zawartość lipidów w tkance ryb słodkowodnych, gatunków drapieżnych (okoń, szczupak, sandacz), wynosi 0,1 ÷ 0,3 %, a w tkance ryb karpowatych (karp, amur, tołpyga, karaś) – 5 ÷ 6 %. W zależności od sezonu, udział lipidów w tkance mięśniowej węgorza europejskiego waha się od 5 (wiosna) do blisko 11 % (zima) (tab. 1). W przypadku ryb morskich najczęściej tłuszczu oznaczono w tkance mięśniowej łososia atlantyckiego (12,3 %) i bałtyckiego (13,1 %), a mniej – w tkance dorady (11,2 %) i ostroboka po-

spolitego (11,0 %). Spośród wszystkich przedstawionych gatunków ryb morskich i słodkowodnych najmniej tłuszczu stwierdzono w tkance dorsza (0,08 %) – tab. 1., który, podobnie jak inne ryby chude, gromadzi lipidy w narządach wewnętrznych, np. w wątrobie [22, 34].

Profil kwasów tłuszczowych ryb odzwierciedla skład kwasów tłuszczowych w ich pożywieniu [26]. W mięsie wielu gatunków ryb morskich i słodkowodnych dominują kwasy tłuszczowe wielonienasycone (PUFA) (tab. 1). Ich udział w tłuszczu ryb słodkowodnych waha się od 17,7 % (karp) do 50,6 % (sandacz). Zawartość tej grupy kwasów w tłuszczu węgorza europejskiego zmienia się w zależności od sezonu pozyskania od 12,16 % na wiosnę do 22,08 % w zimie. Duża zawartość PUFA występuje w tłuszczu tołpygi białej (48,9 %) i pstrąga tęczowego (46,3 %). Udział PUFA w tłuszczu tkanki mięśniowej ryb morskich jest większy i wynosi od 23,5 % (gładzica) do 67,4 % (dorsz). W tłuszczu tkanki mięśniowej karpia, drugiego obok pstrąga tęczowego głównego gatunku akwakultury krajowej, dominują kwasy tłuszczowe jednonienasycone (MUFA) (51,1 ÷ 55,3 %) [31]. Największy udział tych kwasów (58,64 %) stwierdzono w tłuszczu tkanki mięśniowej węgorza europejskiego w sezonie zimowym. Ryby słodkowodne zawierają zwykle większe ilości 18-węglowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych aniżeli gatunki morskie [53]. Różnice te wynikają prawdopodobnie z odmiennego pokarmu, tzn. u ryb morskich przeważa zooplankton (bogaty w wielonienasycone kwasy tłuszczowe), a u ryb słodkowodnych wodorosty i inny materiał roślinny [34].

Tłuszcz ryb morskich zawiera dużo kwasów tłuszczowych z rodziny *n-3* [32, 56], których bezpośrednim źródłem jest fitoplankton i wodorosty. W tłuszczu tkanki mięśniowej gatunków morskich udział tych kwasów wynosi od 19,3 % (gładzica) do 62,6 % (dorsz) – tab. 1. Mniej kwasów *n-3* stwierdzono w tkance ryb słodkowodnych – od 6,4 % (karp) do 37,5 % (pstrąg tęczowy). Według Kołakowskiej i wsp. [31] porcja 100 g fileta pstrąga tęczowego (o zawartości 8 g tłuszczu) dostarcza człowiekowi ok. 2 g kwasów *n-3*. Kwasy EPA i DHA obecne w rybach są efektywniej wbudowywane w plazmę lipidów niż podawane w postaci suplementów [61].

Kwasy z rodziny *n-6* występują w tłuszczu ryb morskich na poziomie nie wyższym niż 9 % (łosoś atlantycki), a w tkance ryb słodkowodnych – od 10 do 20 % (tab. 1). W tłuszczu tkanki mięśniowej tołpygi białej, tołpygi pstrej i amura białego udział kwasów *n-3* waha się od 20 do 30 % [52]. W tłuszczu sielawy, płoci, karasia i miętusa kwasy tej grupy stanowią odpowiednio [%]: 19,3, 16,8, 26,9 i 30,2 [31].

Tabela 1. Udział kwasów tłuszczowych w tłuszczu tkanki mięśniowej gatunków ryb morskich i słodkowodnych
 Table 1. Percent content of fatty acids in fat from muscle tissue of marine and freshwater fish species

Gatunek Species	Pochodzenie Origin	Tłuszcz Fat [%]	SFA [%]	MUFA [%]	PUFA [%]	n-6 [%]	n-3 [%]	n-3/n-6	EPA [%]	DHA [%]	Źródło Reference
Ryby słodkowodne											
Freshwater fish											
Pstrąg tęczowy (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) Rainbow trout	Polska; H Turcja; H	3,1-5,4 2,2-6,3	22,1 30,5	31,6 29,3	46,3 39,2	8,8 14,1	37,5 25,1	4,3 1,83	8,0 3,52	17,5 22,7	[50, 57] [23, 28]
Karp (<i>Cyprinus carpio</i>) Carp	Polska; H Chiny; H	5,1 5,35	27,0 35,6	51,1 42,0	21,9 17,7	10,3 11,3	11,6 6,4	1,1 0,6	2,3 0,8	2,1 1,8	[57] [32]
Okoń (<i>Perca fluviatilis</i>) Perch	Polska, D	0,1-0,3	25,5-34,6	38,9-39,6	18,1-29,6	7,5-10,4	10,7-19,2	1,5-1,9	3,25-5,26	4,21-8,51	[49]
Leszcz (<i>Abramis brama</i>) Common bream	Polska, D	1,3	38,40	38,76	22,84	10,61	12,23	1,18	5,85	3,24	[21]
Szczupak (<i>Esox lucius</i>) Pike	Polska, D	0,2	36,28	27,46	36,26	11,41	24,85	2,18	5,71	15,73	[21]
Sandań (<i>Sander lucioperca</i>) Zander	Polska, D Turcja, D	0,3 bd	37,26 25,71	28,11 23,65	34,63 50,64	11,17 14,45	23,46 36,19	2,11 2,50	5,47 6,13	13,64 22,48	[21] [9]
Lin (<i>Tinca tinca</i>) Tench	Turcja, D	bd	24,41	38,0	37,59	14,26	23,33	1,64	6,09	7,56	[9]
Karaś srebrzysty (<i>Cyprinus gibelio</i>) Prussian carp	Turcja, D	bd	24,56	31,45	43,99	14,57	29,42	2,02	7,63	11,03	[9]
Węgorz europejski (<i>Anguilla anguilla</i>) European eel	Tunezja, D	5,24-10,75	27,67-36,93	40,85-58,64	12,16-22,08	3,51-10,79	8,65-11,29	1,04-2,53	3,16-4,86	2,87-3,36	[15]
Karaś pospolity (<i>Carassius carassius</i>) Crustian carp	Chiny, H/D	3,6-6,0	23,3-25,1	35,4-39,6	31,5-37,7	19,7-26,1	11,6-11,8	0,4-0,6	1,5-1,8	5,0-6,7	[32]
Amur biały (<i>Ctenopharyngodon idella</i>) Grass carp	Chiny, H	5,0	23,1	37,0	34,7	20,8	13,9	0,7	1,2	3,3	[32]
Tolpyga biała	Chiny, H	5,4	27,3	18,9	48,9	12,7	36,2	2,9	13,8	15,5	[32]

<i>(Hypophthalmichthys molitrix)</i> Silver carp	Czechy, H	10,2-10,4	20,1-21,3	39,1-39,8	16,4-17,1	3,6-3,7	12,8-13,4	3,5-3,7	3,0	3,9-4,2	[8]
Rohu (<i>Labeo rohita</i>)	Indie, H/D	1,6-4,3	43,23-56,72	15,33-18,22	24,99-41,48	12,36-22,50	12,63-18,98	0,84-1,02	2,55-3,15	5,13-9,90	[46]
Ryby morskie Marine fish											
Łosoś atlantycki (<i>Salmo salar</i>) Atlantic salmon	Norwegia, H/D	6,3-12,3	19,7-23,2	45,6-47,9	26,2-30,4	1,7-9,1	21,2-24,4	2,33-14,35	5,5-6,5	8,4-12,5	[26]
Łosoś bałtycki (<i>Salmo salar</i>) Baltic salmon	Polska, D	13,1	24,3	26,1	49,6	5,9	43,7	7,4	3,8	26,6	[57]
Dorsz (<i> Gadus morhua</i> <i> callarias</i>) Cod	Polska, D	0,08	24,1	8,5	67,4	4,8	62,6	13,0	7,6	50,8	[57]
Sledź (<i>Clupea harengus membras</i>) Herring	Polska, D	3,7	28,6	30,7	40,7	6,3	34,4	5,5	6,2	20,4	[57]
Gładzica (<i>Pleuronectes platessa</i>) European plaice	Polska, D	3,5	28,2	46,8	23,5	4,1	19,3	4,6	7,1	7,0	[27]
Ostrobok pospolity (<i>Trachurus trachurus</i>) Horse mackerel	Turcja, D	11,0	38,22	37,74	24,13	bd	bd	8,6	4,08	14,7	[12]
Labraks (<i>Dicentrarchus labrax</i>) European seabass	Turcja, D	4,1	21,19	35,89	43,25	bd	bd	1,2	4,05	13,9	[12]
Dorada (<i>Sparus aurata</i>) Gilt-head bream	Turcja, D	11,2	27,41	43,42	29,22	bd	bd	0,8	1,80	6,83	[12]
Belona (<i>Belone belone</i>) Garfish	Turcja, D	0,2	40,08	15,97	44,02	bd	bd	10,4	1,97	35,9	[12]

Objaśnienia: / Explanatory notes:

D – dziko żyjące /wild fish; H – hodowlane / farmed fish; SFA – suma kwasów tłuszczowych nasyconych / total of saturated fatty acids; MUFA – suma jednonienasyconych kwasów tłuszczowych / total of monounsaturated fatty acids; PUFA – suma wielonienasyconych kwasów tłuszczowych / total of polyunsaturated fatty acids; suma kwasów tłuszczowych *n-6* – / total of *n-6* fatty acids; suma kwasów tłuszczowych *n-3* / total of *n-3* fatty acids; EPA – kwas eikozapentaenowy C20:5 *n-3*/ eicosapentaenoic acid C20:5 *n-3*; DHA – kwas dokozaheksaenowy C22:6 *n-3* / docosahexaenoic acid C22:6 *n-3*; bd – brak danych / no data available.

Właściwa proporcja kwasów $n-3$ do $n-6$ w diecie jest istotna dla homeostazy i prawidłowego rozwoju organizmu człowieka. Nadmiar kwasów $n-6$ oraz niska wartość proporcji $n-3/n-6$ pobudzają patogenezę wielu chorób (stanów zapalnych, autoimmunologicznych, nowotworowych i układu krążenia), podczas gdy duża zawartość kwasów $n-3$ w diecie wstrzymuje ich rozwój [48]. Według Russo [42] proporcja kwasów $n-3/n-6$ bliska 1 jest wystarczająca do zahamowania rozwoju chorób. W przypadku gatunków słodkowodnych najkorzystniejsza proporcja $n-3/n-6$ (4,3) występuje w tłuszczu pstrągów tęczowych, a w krajowych rybach karpowatych (karp, leszcz, lin, karaś) wspomniana proporcja nie przekracza 2 (tab. 1). Również w tłuszczu tołpygi białej, tołpygi pstrej i amura białego proporcja $n-3/n-6$ wynosi od 2 do 3 [52].

Wartość proporcji $n-3/n-6$ w mięsie ryb morskich waha się od 5 (śledź) do 10 (belona), a nawet 13 ÷ 14 (dorsz, łosoś atlantycki) [14, 51, 53]. Wyjątek w tej grupie stanowią tzw. gatunki lagunowe z wód słonawych (labraks, dorada), w tłuszczu których proporcja kwasów $n-3/n-6$ jest zbliżona do ryb słodkowodnych (ok. 1) – tab. 1.

W tłuszczu ryb morskich i słodkowodnych w znaczących ilościach występują kwasy tłuszczowe z grupy $n-3$: eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA) [12, 36, 60]. Związki te pełnią istotną funkcję w organizmie człowieka. Kwas DHA jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania mózgu (stanowi ok. 60 % kory mózgowej) oraz do budowy tzw. neurotransmiterów; stanowi budulec do produkcji serotoniny i dopaminy. Kwas EPA warunkuje z kolei prawidłową syntezę eikozanoidów (prostaglandyn, prostacyklin, leukotrienów i tromboksanów) [62]. Udział kwasu DHA w tłuszczu tkanki mięśniowej ryb morskich wynosi od 8,4 % (łosoś atlantycki) do 50,8 % (dorsz), natomiast ryb słodkowodnych – od 1,8 % (karp) do 22,7 % (pstrąg tęczowy). Udział kwasu EPA w tłuszczu ryb morskich i słodkowodnych kształtuje się od 2,0 % (belona) do 7,6 % (dorsz) oraz od 0,8 % (karp) do 13,8 % (tołpyga biała). Kołakowska i wsp. [31] wykazali w mięsie flądry i szprota zawartość EPA powyżej 9 %, natomiast w rybach słodkowodnych – 4 ÷ 6 %. Różna zawartość EPA i DHA w tkance ryb jest determinowana składem pożywienia. Pokarm ryb morskich bogaty jest w kwasy EPA i DHA, których pierwotnym źródłem w łańcuchu troficznym są wiciowce i okrzemki, a kolejnym ogniwiem zooplankton. Pokarm ryb słodkowodnych (rośliny lub bezkręgowce) obfituje natomiast w kwasy linolowy i linolenowy [55]. Stwierdzono ponadto, że wraz z wiekiem ryb dochodzi do zmniejszania zawartości kwasu DHA oraz wartości proporcji $n-3/n-6$ [47].

Ikra

Produkty otrzymane z ikry ryb (głównie jesiotrowatych) uważane są za cenne źródło kwasów tłuszczowych PUFA [45]. Skład chemiczny ikry, w tym zawartość tłuszczu, zależy od czynników osobniczych i środowiskowych [10, 19, 20, 35, 40, 64]. Ulega on zmianie na różnych etapach rozwoju ikry, co związane jest z przemianami

fizjologicznymi zachodzącymi w niej i potrzebami energetycznymi [5, 7, 39]. W trakcie gametogenezy kwasy tłuszczowe z tłuszczu tkanki tłuszczowej lub mięśniowej ryb uwalniają się do ikry. Głównym źródłem energii metabolicznej do biosyntezy lipoprotein są kwasy nasycone i jednonienasycone, stąd w ikrze dominują wielonienasycone kwasy tłuszczowe [64], będące źródłem energii i PUFA (do rozwoju zarodka) [4].

Profil kwasów tłuszczowych tłuszczu z ikry ryb jest zbliżony do profilu tłuszczu zawartego w ich tkance mięśniowej [45], natomiast nie zależy od wieku [7]. W tłuszczu ikry ryb słodkowodnych dominują kwasy nasycone (SFA) ($24,8 \div 52,8$ %) i jednonienasycone ($24,3 \div 49,2$ %), w przeciwieństwie do tłuszczu ikry ryb morskich, w której przeważają kwasy wielonienasycone (> 40 %) – tab. 2. W tłuszczu z ikry dorsza atlantyckiego stwierdzono najmniejszy udział SFA (13 %) i PUFA (36 %), a największy – MUFA (ok. 50 %) [40], chociaż inni badacze podają ok. 50-procentowy udział PUFA w tłuszczu ikry tego gatunku [17] – podobną jak w tłuszczu tkanki mięśniowej ryb żyjących w wodach zimnych [59]. Ponadto tłuszcz mięśniowy różnych gatunków ryb z takich akwenów (np. makrele, łososie, sardynki, śledzie i dorsze) zawiera więcej kwasów tłuszczowych $n-3$ [34].

Tłuszcz ikry ryb morskich zawiera od 22,2 % (dorsz atlantycki) do 45,1 % (morszczuk) kwasów $n-3$ (tab. 2). Dane odbiegające od powyższych to 46,9 % tych kwasów w tłuszczu z ikry dorsza [17] i 4,1 % – w ikrze cefala pospolitego [45]. Tłuszcz z ikry ryb słodkowodnych zawiera od 9,6 % (kutum) do 25,5 % (jesiotr biały) kwasów $n-3$ (tab. 2). Wartość proporcji $n-3/n-6$ w tłuszczu z ikry jest na ogół zbliżona do wartości stwierdzanej w tłuszczu tkanki mięśniowej ryb [64]. Jedynie w przypadku morszczuka i kutuma proporcja ta była większa od 20 (tab. 2).

Tłuszcz z ikry ryb słodkowodnych zawiera mniej kwasów EPA ($0,5 \div 5,9$ %) i DHA ($4,4 \div 16,7$ %) w porównaniu z tłuszczem ikry ryb morskich (odpowiednio: $4,7 \div 11,9$ % i $10,3 \div 33,2$ %). Şengör i wsp. [45] w tłuszczu z ikry cefala (z Morza Egejskiego) oznaczyli 0,7 % EPA i 3,4 % DHA, przy udziale PUFA na poziomie 39,3 %. Bekhit i wsp. [7] potwierdzili wysoki udział EPA i DHA w tłuszczu z ikry łososia. Kwasy EPA i DHA (o dużym stopniu czystości) do produkcji suplementów diety mogą być otrzymywane z tłuszczu ikry niektórych gatunków ryb, które do tej pory nie były uważane za typowe i bogate źródło tych kwasów. Należą do nich: dorada (*Sparus aurata*), dorsz (*Gadus morhua*), makrela atlantycka (*Scomber scombrus*) i morszczuk (*Merluccius merluccius*) (tab. 2), a także tasza (*Cyclopterus lumpus*) (odpowiednio: 14,4 i 21,0 %) i molwa (*Molva molva*) (odpowiednio: 9,3 i 14,9 %) [40].

Tabela 2. Udział kwasów tłuszczowych w tłuszczu z ikry wybranych gatunków ryb morskich i słodkowodnych
 Table 2. Percent content of fatty acids in fat from roe obtained from marine and freshwater fish species

Gatunek Species	Pochodzenie Origin	Tłuszcz Fat [%]	SFA [%]	MUFA [%]	PUFA [%]	n-6 [%]	n-3 [%]	n-3/n-6	EPA [%]	DHA [%]	Źródło Reference
Ryby słodkowodne / Freshwater fish											
Jesiotr biały (<i>Acipenser transmontanus</i>) White sturgeon	Włochy, H	10,2-11,5	25,72-26,33	39,42-42,21	31,46-34,86	6,92-9,37	24,54-25,53	2,74-3,58	5,61-5,89	16,11-16,72	[10]
Karp (<i>Cyprinus carpio</i>) / Carp	Indie, bd	24,4*	52,00	27,4	20,6	7,1	13,5	1,9	2,0	6,9	[38]
Karp mrigal (<i>Cirrhinus mrigala</i>) Mrigal carp	Indie, bd	21,9*	52,8	24,3	22,9	6,7	15,4	2,3	0,5	8,9	[38]
Kutum (<i>Rutilus rutilus</i>) Caspian kutum	Iran, D	bd	35,55-42,87	39,43-49,15	11,09-14,79	0,61-0,89	9,59-13,85	10,77-22,70	2,66-5,31	4,43-8,96	[20]
Węgorz japoński (<i>Anguilla japonica</i>) Japanese eel	Japonia, D	bd	24,79	42,99	20,63	6,24	14,40	2,31	3,07	6,72	[35]
	Japonia, H	bd	25,06-25,19	45,64-47,29	20,01-20,19	1,56-4,80	15,40-18,52	3,21-11,72	3,59-4,47	9,16-11,00	[35]
Ryby morskie / Marine fish											
Czawycza (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>) Chinook salmon	Nowa Zelandia, D	10,6	18,33	33,96	42,5	2,95	36,29	12,41	6,86	24,32	[7]
Dorada (<i>Sparus aurata</i>) Gilt-head bream	Hiszpania, D	bd	27,4	24,1	42,5	7,7	31,5	4,09	8,3	19,3	[40]
Dorsz atlantycki (<i>Gadus morhua</i>) Atlantic cod	Hiszpania, D	bd	13,0	49,8	36,1	12,4	22,2	1,79	4,7	10,3	[40]
Makrela atlantycka (<i>Scomber scombrus</i>) Atlantic mackerel	Hiszpania, D	bd	22,4	29,7	41,9	2,6	31,6	12,15	7,5	18,0	[40]
Morszczuk (<i>Merluccius merluccius</i>) European hake	Hiszpania, D	bd	25,2	21,2	48,9	2,2	45,1	20,5	11,2	33,2	[40]
Tunczyk błękitnopłetwy (<i>Thunnus thynnus</i>) Atlantic bluefin tuna	Włochy, H	5,6	33,79	20,30	40,87	3,89	33,02	8,48	11,91	20,35	[19]

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1. * – zawartość w suchej masie /content in dry matter.

Wątroba

Większość ryb gromadzi kwasy tłuszczowe w lipidach tkanki mięśniowej. Występują również gatunki (szczególnie chude – dorsz, rekin), które kumulują te związki w jamie ciała i narządach wewnętrznych, np. w wątrobie. Zawartość tłuszczu w wątrobie ryb przekracza niejednokrotnie 50 % ś.m. W przypadku ryb morskich około 2/3 tej ilości stanowią kwasy tłuszczowe. Wykazano, że osobniki, których dieta jest uboga w egzogenne kwasy tłuszczowe, magazynują znaczne ilości lipidów w wątrobie [13, 22, 28]. Dominującą grupę kwasów tłuszczowych w tłuszczu z wątroby ryb stanowią kwasy wielonienasycone (tab. 3). Jedynie w lipidach z wątroby dorsza atlantyckiego, sardyneli [22], tunka wschodniego [30] i rohu [46] przeważały kwasy nasycone i jednonienasycone. Stwierdzono bowiem, że te grupy z reguły występują w większej ilości w tłuszczu z organów ryb żyjących w akwenach położonych w ciepłym lub umiarkowanym klimacie. Z kolei tłuszcz z wątroby ryb zasiedlających wody zimne zawiera przede wszystkim długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe i stanowi bogate źródło kwasów $n-3$ [6]. Więcej kwasów $n-3$ niż $n-6$ zawiera tłuszcz z wątroby gatunków ryb morskich oraz okonia i pstrąga, wymienionych w tab. 3. Jedynie tłuszcz z wątroby ryb słodkowodnych pochodzących z regionów ciepłych, tzn. z sum afrykańskiego i sum azjatyckiego zawiera więcej kwasów $n-6$.

Proporcja kwasów $n-3/n-6$ w tłuszczu wątroby ryb morskich waha się od 1,7 (labraks) do 9,4 (morszczuk europejski), a wśród gatunków słodkowodnych – od 0,1 (sum afrykański) do 3,4 (okoń) [3]. W zależności od płci pstrąga śródziemnomorskiego proporcja $n-3/n-6$ w tłuszczu wątroby wynosiła 1,97 (samice) i 2,89 (samce) [3].

Tłuszcz z wątroby gatunków ryb morskich i słodkowodnych (tab. 3) zawiera więcej kwasu DHA niż EPA, przy czym w wątrobie tych pierwszych stanowi od 10,7 % (dorsz atlantycki) do 20,7 % (sardela europejska), a nawet 25 % (sargus – *Diplodus sargus*) [11]. W tłuszczu wątroby ryb słodkowodnych udział DHA był bardziej zróżnicowany i wynosił od 1,2 % (sum afrykański) do 24,9 % (pstrąg tęczowy) (tab. 3). Zawartość kwasu EPA w tłuszczu z wątroby ryb morskich wahała się od 1,7 % (tunek wschodni) do 10,0 % (sardela europejska) oraz od 0,3 % (sum afrykański) do 3,9 % (okoń) – w przypadku gatunków słodkowodnych.

Zalecenia dotyczące spożycia ryb i kwasów $n-3$ LC-PUFA

Spożywanie tłustych ryb morskich lub suplementów diety zawierających długołańcuchowe kwasy wielonienasycone (LC-PUFA) $n-3$ wpływa na obniżenie ryzyka chorób serca (poprzez obniżenie w plazmie stężenia triacylogliceroli, agregacji płytek i ciśnienia krwi) [16], jak również innych chorób degeneracyjnych u osób starszych [18]. Takie efekty obserwowano przy spożyciu co najmniej 1 g kwasów LC-PUFA na dobę. W związku z tym w ramach podstawowej profilaktyki wiele instytucji na świecie

opracowało zalecenia dotyczące spożycia ryb i LC-PUFA *n-3*, a w tab. 4. podano spożycie rekomendowane przez EFSA i FAO/WHO.

Rekomendowany zakres pobrania sumy kwasów EPA i DHA powinien zawierać się między 250 a 500 mg na dobę, co odpowiada spożyciu co najmniej dwóch porcji tłustych ryb w tygodniu [63]. Aby zapewnić 500 mg EPA + DPA /dobę, należy spożyć w tygodniu dwie porcje ryb (140 g każda), w tym jedną z tłustych ryb. Dostarczają one ok. 450 mg kwasów *n-3* LC-PUFA na dobę [63]. Aby spełnić ww. zalecenia w tygodniu należy konsumować co najmniej dwie porcje (90 g każda) tłustych ryb, takich jak łosoś lub śledź. Dwie porcje (90 g każda) chudej ryby dziennie dostarczają ok. 284 mg EPA + DHA na dobę [18]. Zatem w przypadku porcji wynoszącej 90 g ryby, najlepiej spożywać je co najmniej trzy razy w tygodniu (ryby tłuste powinny stanowić połowę porcji) [63].

Według Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) [16] spożycie 250 mg EPA + DHA na dobę jest wystarczające do uzyskania efektu zdrowotnego w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego. Takie pobranie z diety przez kobiety w ciąży i w okresie laktacji należy uzupełnić o 100 - 200 mg DHA, aby zrekompensować straty związane z oksydacją kwasu DHA w organizmie matki i odkładanie w tkance tłuszczowej płodu lub dziecka. W okresie żywienia uzupełniającego starszych niemowląt spożycie DHA od 50 do 100 mg na dobę determinuje prawidłowe funkcjonowanie wzroku. Dla dzieci w wieku od 7 do 24 miesięcy wystarczające spożycie na dobę wynosi 100 mg DHA. Zalecenia żywieniowe dla dzieci i młodzieży w wieku od 2 do 18 lat powinny być takie, jak dla osób dorosłych, tzn. 1 - 2 porcje tłustych ryb w tygodniu lub ok. 250 mg EPA i DHA na dobę [16].

Wnioski ekspertów FAO/WHO dotyczących roli tłuszczu i kwasów tłuszczowych w żywieniu ludzi są zbieżne z zaleceniami EFSA. Rekomendowane dzienne spożycie dla dorosłych powinno wynosić 250 mg EPA + DHA, natomiast kobiety ciężarne i karmiące wymagają 300 mg na dobę, w tym 200 mg powinno stanowić DHA [18]. Górny poziom spożycia EPA i DHA wg ekspertów FAO/WHO nie powinien przekraczać 2 g na dobę z uwagi na to, że większa suplementacja kwasów *n-3* LC-PUFA może zwiększyć peroksydację lipidów i zredukować produkcję cytokin. Dalsze badania mogą przyczynić się do podwyższenia tego poziomu, jak również włączyć do zaleceń kwas *n-6* dokozapentaenowy (DPA) [18].

Zwraca się również uwagę na istniejący możliwy lub prawdopodobny związek pomiędzy spożyciem ryb i kwasów EPA + DHA a ograniczeniem ryzyka niektórych chorób nowotworowych (tab. 5), jakkolwiek wyniki przeprowadzonych badań i metaanaliz nie są jednoznaczne [18].

Tabela 3. Udział kwasów tłuszczowych w tłuszczu z wątroby wybranych gatunków ryb morskich i słodkowodnych
 Table 3. Percent content of fatty acids in fat from liver of selected marine and freshwater fish species

Gatunek Species	Pochodzenie Origin	Tłuszcz Fat [%]	SFA [%]	MUFA [%]	PUFA [%]	n-6 [%]	n-3 [%]	n-3/n-6	EPA [%]	DHA [%]	Źródło Reference
Gatunki słodkowodne											
Freshwater species											
Okoiń (<i>Perca fluviatilis</i>) Perch	Polska, D/H	bd	30,63-31,37	27,89-38,12	31,25-40,74	6,69-11,85	22,64-28,49	2,40-3,38	3,50-3,95	16,40-21,28	[25]
Sum afrykański (<i>Clarias gariepinus</i>) / African catfish	Malezja, H	6,9-9,8	32,92-34,03	46,04-47,31	bd	16,24-18,55	2,41-2,48	0,13-0,15	0,25-0,27	1,17-1,18	[1]
Azjatycki sum czerwonogoniasty (<i>Hemibagrus nemurus</i>) / Asian redtail catfish	Malezja, H	4,1-12,4	39,01-41,33	39,52-40,72	bd	12,62-14,24	6,02-6,52	0,42-0,52	0,76-0,97	3,72-4,17	[1]
Pstrąg tęczowy (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) / Rainbow trout	Turecja, H	11,2-22,3	24,5-27,1	15,2-31,3	43,0-54,2	10,6-14,9	28,1-40,9	1,94-3,86	2,45-3,63	24,9-34,67	[13, 23, 28]
Rohu (<i>Labeo rohita</i>)	Indie, D/H	bd	54,41-64,42	15,77-23,33	12,2-29,8	6,17-16,06	6,03-13,74	0,86-0,98	0,53-1,56	2,96-10,16	[46]
Gatunki morskie											
Marine species											
Labraks <i>Dicentrarchus labrax</i> / European seabass	Tunezja, D/H	3,2-3,7	26,75-32,03	26,00-29,18	38,77-47,24	11,17-17,2	27,6-30,04	1,75-2,47	5,52-8,54	18,91-19,72	[33]
Sardynela (<i>Sardinella lemuru</i>) / Bali sardinella	Malezja, D	5,8	50,57	26,86	22,67	6,94	15,73	2,27	2,76	12,97	[29]
Tunek wschodni (<i>Euthynnus affinis</i>) / Mackerel tuna	Malezja, D	3,7	55,2	20,82	23,98	8,10	15,88	1,96	1,70	14,18	[30]
Morszczuk europejski (<i>Merluccius merluccius</i>) / European hake	Hiszpania, D	36,6	23,9	32,2	37,6	3,6	33,7	9,4	9,8	19,1	[22]
Sardęla europejska (<i>Engraulis encrasicolus</i>) / European anchovy	Hiszpania, D	10,8	24,1	14,2	47,9	9,3	38,5	4,2	10,0	20,7	[22]
Dorsz atlantycki (<i>Gadus morhua</i>) / Atlantic cod	Hiszpania, D	65,9	17,2	43,3	28,8	3,6	25,1	7,0	8,9	10,7	[22]

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

Tabela 4. Zalecane spożycie kwasów EPA i DHA lub ryb
 Table 4. Recommended level of EPA and DHA, or fish intake

Instytucja rekomendująca Recommending institution	Składnik Component	Dorośli (mężczyźni/kobiety) Adults (men/women)	Kobiety w ciąży i karmiące Pregnant and breastfeeding women	Dzieci Children	Źródło Reference
EFSA	EPA i/lub DHA	AI = 250 mg EPA + DHA /dobę	RI = 250 mg DHA + EPA /dobę / per 24 h dodatkowo 100-200 mg DHA/dobę / additionally per 24 h	do 6 m-cy AI = 50-100 mg DHA/dobę 7-24 m-cy AI = 100 mg DHA/dobę 2-18 lat AI = 250 mg EPA + DHA /dobę	[16]
	Ryby / Fish	1-2 porcje tłustych ryb w tygodniu			
FAO/WHO	EPA i/lub DHA	AMDR = 250 mg EPA + DHA/dobę	L-AMDR = 300 mg EPA + DHA/dobę / per 24 h w tym /including 200 mg DHA	6-24 m-cy AI = 10-12 mg DHA/kg 2-4 lata AI = 100-150 mg EPA + DHA/dobę 4-6 lat AI = 150-200 mg EPA + DHA/dobę 6-10 lat AI = 200-250(300) mg EPA + DHA / dobę	[18]
	Ryby/fish	1-2 porcje tłustych ryb w tygodniu			

Objaśnienia / Explanatory notes:

AI – wystarczające spożycie / sufficient intake; RI – zalecane spożycie / recommended intake; AMDR – dopuszczalny zakres zawartości makroskładników / acceptable content range of macronutrients; L-AMDR – dolny dopuszczalny zakres zawartości makroskładników / lower acceptable content range of macronutrients.

Tabela 5. Spożycie ryb i kwasów EPA + DHA a obniżenie ryzyka występowania nowotworów

Table 5. Intake of fish and EPA + DHA against decreased risk of neoplasms to occur

Wyszczególnienie Specification	Nowotwór / Neoplasm of			Ilość związana z obniżeniem ryzyka nowotworów Quantity linked with reduced risk of neoplasm
	okreźnicy colorectal	prostaty prostate	piersi breast	
Ryby / Fish	P ↓	N	N	2 - 3 porcje w tygodniu 2-3 portions per week
EPA + DHA	P ↓	N	M ↓	500 mg/dobę per 24 h

Objaśnienia / Explanatory:

Siła dowodów / Strength of evidence: P – prawdopodobne / probable; M – możliwe / possible; N – niewystarczające / insufficient; ↓ -obniżenie ryzyka / decreasing risk.

Źródło: / Source: [18]

Potwierdzono dodatnią korelację pomiędzy spożyciem ryb a poziomem *n-3* LC-PUFA we krwi [24]. Konsumpcja ryb nie odzwierciedla jednak spożytej ilości tych kwasów. Ryby zawierają także inne składniki chroniące organizm człowieka przed nowotworami, jak np. witaminę D i selen. Jeżeli więc obserwuje się obniżenie ryzyka niektórych chorób związanego ze spożyciem ryb, należy wykluczyć działanie innych składników odżywczych obecnych w rybach. Z raportu ekspertów FAO/WHO wynika, że ryzyko nowotworu okrężnicy maleje wraz ze wzrostem konsumpcji ryb (efekt prawdopodobny), jak również spożyciem kwasów *n-3* LC-PUFA (efekt możliwy). W krajach azjatyckich i śródziemnomorskich obniżone ryzyko rozwoju raka piersi wiąże się z dużym spożyciem ryb lub kwasów *n-3* LC-PUFA w typowej diecie. W krajach Europy Północnej (Dania, Szwecja) nie potwierdza się takiej zależności, a nawet obserwuje się wzrost zachorowań na ten nowotwór, co może być jednak związane z innymi czynnikami żywieniowymi lub zanieczyszczeniem akwenów morskich [18].

Podsumowanie

Ryby powinny stanowić integralną część zbilansowanej diety człowieka. Korzystny, prozdrowotny efekt konsumpcji ryb i ich olejów wynika z obecności kwasów tłuszczowych wielonienasyconych (głównie *n-3*) i jednonienasyconych (MUFA). Ponadto są one dobrym źródłem białek, składników mineralnych (selen, potas) i witamin (D i B), niezbędnych do zachowania dobrego zdrowia. Znaczące różnice w składzie chemicznym (w tym zawartości kwasów tłuszczowych) różnych gatunków ryb warunkowane są czynnikami osobniczymi i środowiskowymi. Obok mięśni takie organy

ryb, jak ikra i wątroba są dobrym i pewnym źródłem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych $n-3$, a w mniejszym stopniu kwasów tłuszczowych $n-6$. Wysoki poziom DHA i EPA oraz korzystna proporcja kwasów $n-3/n-6$, to główne czynniki zrównoważonej syntezy eikozanoidów w organizmie człowieka. Niestety, ikra (kawior) oraz wątroba czy inne organy wciąż stanowią w różnych regionach i krajach przykłady żywności tradycyjnej o lokalnym znaczeniu.

Literatura

- [1] Abdi H., Christianus A., Ramezani-Fard E., Saad C.R., Hosseini S.A.: Proximate and fatty acid composition of the liver of cultured Asian Redtail Catfish (*Hemibagrus nemurus*) and African Catfish (*Clarias gariepinus*). J. Fish. Aquat. Sci., 2011, **6** (7), 840-845.
- [2] Ackman R.G.: Fatty acids in fish and shellfish. In: Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Ed. Chow C.K. CRC Press, London 2008 pp. 155-185.
- [3] Akpinar M.A., Görgüna S., Akpinar A.E.: A comparative analysis of the fatty acid profiles in the liver and muscles of male and female *Salmo trutta macrostigma*. Food Chem., 2009, **112**, 6-8.
- [4] Almansa E., Martín M.V., Cejas J.R., Badia P., Jerez S., Lorenzo A.: Lipid and fatty acid composition of female gilthead seabream during their reproductive cycle: effects of a diet lacking n-3 HUFA. J. Fish Biol., 2001, **59**, 267-286.
- [5] Al-Sayed Mahmoud K., Linder M., Fanni J., Parmentier M.: Characterisation of the lipid fractions obtained by proteolytic and chemical extractions from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) roe. Process Biochem., 2008, **43**, 376-83.
- [6] Bechtel P.J., Oliveira A.C.M.: Chemical characterization of liver lipid and protein from cold-water fish species. J. Food Sci., 2006, **71** (6), S480-S485.
- [7] Bekhit A., Morton J.D., Dawson C.O., Zhao J.H., Lee H.: Impact of maturity on the physicochemical and biochemical properties of chinook salmon roe. Food Chem., 2009, **117**, 318-25.
- [8] Buchtová H., Ježek F.: A new look at the assessment of the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) as a food fish. Czech J. Food Sci., 2011, **29** (5), 487-497.
- [9] Cakmak Y.S., Zengin G., Guler G.O., Aktumsek A., Ozparlak H.: Fatty acid composition and $\omega 3/\omega 6$ ratios of the muscle lipids of six fish species in Sugla Lake, Turkey. Arch. Biol. Sci., 2012, **64** (2), 471-477.
- [10] Caprino F., Moretti V.M., Bellagamba F., Turchini G. M., Busetto M. L., Giani I., Paleari M. A., Pazzaglia M.: Fatty acid composition and volatile compound of caviar from farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Anal. Chim. Acta, 2008, **617**, 139-147.
- [11] Cejas J.R., Almansa E., Jerez S., Bolanos A., Samper M., Lorenzo A.: Lipid and fatty acid composition of muscle and liver from wild and captive mature female broodstocks of white seabream, *Diplodus sargus*. Comp. Biochem. Physiol., Part B, 2004, **138**, 91-102.
- [12] Chuang L.T., Bülbül U., Wen P. C., Glew R.H., Ayaz F.A.: Fatty acid composition of 12 fish species from the Black Sea. J. Food Sci., 2012, **77** (5), C512-C518.
- [13] Dernekbaşı S.: Digestibility and liver fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by graded levels of canola oil. Turkish J. Fish. Aquat. Sci., 2012, **12**, 105-113.
- [14] Diraman H, Dibeklioglu H.: Chemometric characterization and classification of selected freshwater and marine fishes from Turkey based on their fatty acid profiles. J. Am. Oil Chem. Soc., 2009, **86**, 235-246.
- [15] El Oudiani S., Missaoui H.: Seasonal variation on fatty acids composition in European fel muscles from the North East of Tunisia: Bizerte Lagoon. Adv. Biores., 2013, **4**, 14-21.

- [16] EFSA: Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J.*, 2010, **8** (3), 1461, 1-107.
- [17] Falch E., Størseth T.R., Aursand M.: Multi-component analysis of marine lipids in fish gonads with emphasis on phospholipids using high resolution NMR spectroscopy. *Chem. Phys. Lipids*, 2006, **144**, 4-16.
- [18] FAO/WHO: Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. FAO Food and Nutrition Paper. FAO, Rome 2010 91.
- [19] Garaffo M.A., Vassallo-Agius R., Nengas Y., Lembo E., Rando R., Maisano R., Dugo G., Giuffrida D.: Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product "Bottarga". *Food Nutr. Sci.*, 2011, **2**, 736-743.
- [20] Ghomi M.R., Nikoo M.: Fatty acid composition of *Kutum rutilus* frisia kutum Roe: The effect of fish size. *World Appl. Sci. J.*, 2010, **11** (4), 470-472.
- [21] Grela E.R., Pisarski R.K., Kowalczyk-Vasilev E., Rudnicka A.: Zawartość składników odżywczych, mineralnych i profil kwasów tłuszczowych w mięsie wybranych gatunków ryb w zależności od terminu odłowu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **4** (71), 63-72.
- [22] Guil-Guerrero J.L., Venegas-Venegas E., Rinco n-Cervera M.Á., Suárez M.D.: Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species. *J. Food Comp. Anal.*, 2011, **24**, 217-222.
- [23] Haliloğlu H.I., Bayır A., Sirkecioğlu A.N., Aras N.M., Atamanalp M.: Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chem.*, 2004, **86**, 55-59.
- [24] Hall M.N., Chavarro J.E., Lee I.M., Willett W.C., Ma J.: A 22-year prospective study of fish, *n-3* fatty acid intake, and colorectal cancer risk in men. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 2008, **17** (5), 1136-1143.
- [25] Jankowska B., Zakęś Z., Żmijewski T., Szczepkowski M.: Fatty acid profile of muscles, liver and mesenteric fat in wild and reared perch (*Perca fluviatilis* L.). *Food Chem.*, 2010, **118**, 764-768.
- [26] Jensen I.J., Mæhre H.K., Tømmerås S., Eilertsen K.E., Olsen R.L., Elvevoll E.O.: Farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is a good source of long chain omega-3 fatty acids. *Nutr. Bull.*, 2012, **37**, 25-29.
- [27] Kaliniak A., Florek M., Skątecki P., Staszowska A.: Skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych mięsa dorsza (*Gadus morhua callarias*) i gładzicy (*Pleuronectes platessa*). *Episteme Czasopismo Naukowo-Kulturalne*, 2013, **18** (2), 73-80.
- [28] Kandemir T., Polat N.: Seasonal variation of total lipid and total fatty acid in muscle and liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) reared in Derbent Dam Lake. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2007, **7**, 27-31.
- [29] Khoddami A., Ariffin A.A., Bakar J., Ghazali H.M.: Fatty acid profile of the oil extracted from fish waste (head, intestine and liver) (*Sardinella lemuru*). *World Appl. Sci. J.*, 2009, **7** (1), 127-131.
- [30] Khoddami A., Ariffin A.A., Bakar J., Ghazali H.M.: Quality and fatty acid profile of the oil extracted from fish waste (head, intestine and liver) (*Euthynnus affinis*). *Afr. J. Biotechnol.*, 2012, **11** (7), 1683-1689.
- [31] 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.
- [32] Li G., Sinclair A.J., Li D.: Comparison of lipid content and fatty acid composition in the edible meat of wild and cultured freshwater and marine fish and shrimps from China. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, **59**, 1871-1881.

- [33] Mnari Bhouri A., Bouhleb I., Chouba L., Hammami M., El Cafsi M., Chaouch A.: Total lipid content, fatty acid and mineral compositions of muscles and liver in wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Afr. J. Food Sci., 2010, **4** (8), 522-530.
- [34] Muhamad N.A., Mohamad J.: Fatty acids composition of selected Malaysian fishes. Sains Malaysiana, 2012, **41** (1), 81-94.
- [35] Ozaki Y., Koga H., Takahashi T., Adachi S., Yamauchi K.: Lipid content and fatty acid composition of muscle, liver, ovary and eggs of captive-reared and wild silver Japanese eel *Anguilla japonica* during artificial maturation. Fish. Sci., 2008, **74**, 362-371.
- [36] Özogul Y., Özogul F.: Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas. Food Chem., 2007, **100**, 1634-1638.
- [37] Pieńkowska B., Hryszko K.: Rynek ryb. Stan i perspektywy. W: Analizy rynkowe. Red. Seremak-Bulge J. Wyd. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2013, **20**, 26-30.
- [38] Prabhakara Rao P.G., Balaswamy K., Narsing Rao G., Jyothirmayi T., Karuna M.S.L., Prasad R.B.N.: Lipid classes, fatty acid and phospholipid composition of roe lipids from *Catla catla* and *Cirrhinus mrigala*. Int. Food Res. J., 2013, **20** (1), 275-279.
- [39] Rainuzzo J.R., Reitan, K.I., Olsen Y.: The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. Aquaculture, 1997, **155** (1-4), 103-115.
- [40] Rincón-Cervera M.Á., Suárez-Medina M.D., Guil-Guerrero J.L.: Fatty acid composition of selected roes from some marine species. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 2009, **111**, 920-925.
- [41] Rodríguez C., Acosta C., Badía P., Cejas J.R., Santamaría F.J., Lorenzo A.: Assessment of lipid and essential fatty acids requirements of black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) by comparison of lipid composition in muscle and liver of wild and captive adult fish. Comp. Biochem. Physiol., Part B, 2004, **139**, 619-629.
- [42] Russo G.L.: Dietary *n-6* and *n-3* polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. Biochem. Pharmacol., 2009, **77**, 937-946.
- [43] Saify Z.S., Akhtar S., Khan K.M., Perveen S., Ayattollahi S.A.M., Hassan S., Arif M., Haider S.M., Ahmad F., Siddiqui S., Khan M.Z.: A study on fatty acid composition of fish liver oil from two marine fish, *Eusphyra blochii* and *Carcharhinus bleekeri*. Turk. J. Chem., 2003, **27**, 251-258.
- [44] Se-Kwon K., Mendis E.: Bioactive compounds from marine processing byproducts – A review. Food Res. Int., 2006, **39**, 383-393.
- [45] Şengör G.F., Özden Ö., Erkan N., Tüter M., Aksoy H.A.: Fatty acid compositions of flathead grey mullet (*Mugil cephalus* L., 1758) fillet, raw and beeswaxed caviar oils. Turkish J. Fish. Aquat. Sci., 2003, **3**, 93-96.
- [46] Sharma P., Kumar V., Sinha A.K., Ranjan J., Kithsiri H.M., Venkateshwarlu G.: Comparative fatty acid profiles of wild and farmed tropical freshwater fish rohu (*Labeo rohita*). Fish Physiol. Biochem., 2010, **36**, 411-417.
- [47] Shin J.H., Oliveira A.C.M., Rasco B.A.: Quality attributes and microbial storage stability of caviar from cultivated white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). J. Food Sci., 2010, **75** (1), C43-C48.
- [48] Simopoulos A.P.: The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomed. Pharmacother., 2002, **56**, 365-379.
- [49] Skalecki P., Florek M., Staszowska A.: Effect of fishing season on value in use, intrinsic properties, proximate composition and fatty acid profile of perch (*Perca fluviatilis*) muscle tissue. Arch. Pol. Fish., 2013, **21** (4), 249-257.
- [50] Skalecki P., Staszowska A., Kaliniak A., Florek M.: Wartość użytkowa i jakość mięsa pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*) z chowu ekstensywnego i intensywnego. Roczn. Nauk. PTZ, 2013, **9** (3), 59-67.
- [51] Stancheva M., Galunska B., Dobрева A.D., Merdzhanova A.: Retinol, alpha-tocopherol and fatty acid content in Bulgarian Black Sea fish species. Grasas y aceites, 2012, **63** (2), 152-157.

- [52] Steffens W., Wirth M.: Freshwater fish – an important source of *n*-3 polyunsaturated fatty acids: A review. *Arch. Pol. Fish.*, 2005, **13**, 5-16.
- [53] Steffens W.: Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 1997, **151**, 97-119.
- [54] Sygnowska E., Waśkiewicz A.: Spożycie produktów spożywczych przez dorosłą populację Polski. Wyniki programu WOBASZ. *Kardiologia Polska*, 2005, **63**, 6 (supl. 4), 1-7.
- [55] Tocher D.R.: Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Rev. Fish. Sci.*, 2003, **11** (2), 107-184.
- [56] Ugoala C., Ndukwe G.I., Audu T.O.: Comparison of fatty acids profile of some freshwater and marine fishes. *Int. J. Food Safety*, 2008, **10**, 9-17.
- [57] Usydus Z., Szlinder-Richert J., Adamczyk M., Szatkowska U.: Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. *Food Chem.*, 2011, **126**, 78-84.
- [58] Usydus Z., Szlinder-Richert J., Polak-Juszczak L., Komar K., Adamczyk M., Malesa-Cieciewicz M., Ruczynska W.: Fish products available in Polish market – Assessment of the nutritive value and human exposure to dioxins and other contaminants. *Chemosphere*, 2009, **74**, 1420-1428.
- [59] Uysal K., Taykurt N., Bulut S., Emiroglu O.: Comparison of fatty acid amounts and ratios of ω 3 and ω 6 fatty acids in muscle of some freshwater fish under natural extreme cold conditions. *Chem. Nat. Comp.*, 2011, **47**, 431-433.
- [60] Visentainer J.V., Noffs M.D., Carvalho P.O., Almeida V.V., Oliveira C.C., Souza N.E.: Lipid content and fatty acid composition of 15 marine fish species from the southeast coast of Brazil. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 2007, **84**, 543-547.
- [61] Visioli F., Risé P., Barassi M.C., Marangoni F., Galli C.: Dietary intake of fish vs. formulations leads to higher plasma concentrations of *n*-3 fatty acids. *Lipids*, 2003, **38**, 415-418.
- [62] Weisło T., Rogowski W.: Rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 w organizmie człowieka. *Cardiovascular Forum*, 2006, **11**, 39-43.
- [63] Weichselbaum E., Coe S., Buttriss J., Stanner S.: Fish in the diet: A review. *Nutr. Bull.*, 2013, **38**, 128-177.
- [64] Wirth M., Kirschbaum F., Gessner J., Williot P., Patriche N., Billard R.: Fatty acid composition in sturgeon caviar from different species: Comparing wild and farmed origins. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 2002, **87** (5-6), 629-636.

PROFILE OF FATTY ACIDS IN MEAT, ROE, AND LIVER OF FISH

S u m m a r y

The nutritional value of fish varies and it is associated with their chemical composition including the content of fatty acids. Differences are attributed, first of all, to the species of fish, but they depend on other individual features (size and sexual maturity, reproduction cycle) and environmental factors (fish nutrition system, season, water temperature and its salinity, geographical location of water body). The composition of lipids depends on the type of fish tissue the lipids origin from (muscles, roe, and organs). Fish oils obtained from different sources provide significant quantities of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) with pro-health properties, although those quantities vary. First thing, the consumption of fish and fish oils helps reduce the risk of coronary heart disease and this effect is linked with the content of monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated fatty acids in them. Another pro-health aspect of consuming *n*-3 PUFA acids results from their vital role in preventing and treating cardiovascular diseases, inflammations, aggression, depression, hypertension, autoimmune disorders, diabetes, renal impairments, rheumatoid arthritis, underdevelopment of brain and eyes in infants, allergy, and neoplasms.

Muscles and liver are those main organs where the lipids are stored in the body of fish. Raw roe and caviar are luxury products; however, they are characterized by a high nutritional value as they contain MUFA and PUFA. A high level of DHA and EPA along with an advantageous n-3/n-6 ratio in fish are major factors in the balanced eicosanoids synthesis in human body. In different regions and countries, the above named products are still perceived as a traditional food of local importance.

Key words: fish, fatty acids, meat, roe, liver ✕