

AGNIESZKA KALINIAK

## WPLYW SEZONU POZYSKANIA WYBRANYCH GATUNKÓW RYB Z POLSKIEJ AKWAKULTURY NA PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH I WSKAŹNIKI ŻYWIENIOWE LIPIDÓW ICH MIĘSA

### Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu sezonu pozyskania wybranych gatunków ryb hodowanych w Polsce na profil kwasów tłuszczowych i wskaźniki żywieniowe lipidów ich mięsa. Badaniami objęto 4 gatunki ryb krajowej akwakultury: pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*), karpia (*Cyprinus carpio*), amura białego (*Ctenopharyngodon idella*) oraz szczupaka (*Esox lucius*). Ryby pozyskano z gospodarstw rybactwicznych położonych w województwie lubelskim w dwóch sezonach: wiosenno-letnim i jesienno-zimowym. Analizowano skład chemiczny mięsa (zawartość: wody, związków mineralnych jako popiół, białka i tłuszczu), wartość kaloryczną, wskaźnik jakości żywieniowej (NQI), jak również profil kwasów tłuszczowych i ich proporcje oraz indeksy (aterogenny – AI, trombogenny – TI, saturacji – S/P, wartości odżywczej lipidów – NV oraz proporcję kwasów o działaniu hipo- i hipercholesterolemicznym – h/H). Niezależnie od sezonu pozyskania mięso badanych gatunków ryb stanowiło dobre źródło białka oraz było dobrze zbilansowane pod względem zawartości lipidów. Wyjątek stanowiła tkanka mięśniowa szczupaka, która była bardzo ubogim źródłem tłuszczu. W sezonie jesienno-zimowym mięso badanych gatunków ryb zawierało więcej kwasów tłuszczowych wielonienasyconych, w tym kwasów *n-3* i *n-3* LC-PUFA, w porównaniu z sezonem wiosenno-letnim. Mięso amura białego w sezonie jesienno-zimowym charakteryzowało się istotnie wyższą (korzystniejszą) proporcją kwasów tłuszczowych PUFA/SFA, *n-3/n-6*, *n-3* LC-PUFA/*n-6* LC-PUFA oraz wykazywało istotnie niższe właściwości aterogenne. Pod względem żywieniowym najkorzystniejsze wskaźniki, w tym najniższy poziom saturacji i najkorzystniejszą proporcję kwasów o działaniu hipo- i hipercholesterolemicznym oraz najsłabsze działanie atero- i trombogenne, wykazywało mięso pstrąga tęczowego w sezonie jesienno-zimowym.

**Słowa kluczowe:** ryby, sezon pozyskania, skład chemiczny, kwasy tłuszczowe, wartość odżywcza

### Wprowadzenie

Ryby w diecie człowieka są źródłem: białka o wysokiej strawności i przyswajalności, tłuszczów o działaniu prozdrowotnym oraz witamin (A, D, z grupy B) i związków

---

*Dr A. Kaliniak, Zakład Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, Instytut Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin.*

*Kontakt: agnieszka.kaliniak@up.lublin.pl*

ków mineralnych (Ca, P, Fe, Mg, F, Se, I, Mn) [2, 26]. Do najbardziej korzystnych z punktu widzenia zdrowia człowieka składników obecnych w rybach należą wielonienasycone kwasy tłuszczowe *n-3*, które mogą zapobiegać rozwojowi wielu chorób, w tym przede wszystkim chorób serca, lub je hamować [16].

Pomimo właściwości odżywczych, jak i prozdrowotnych, ryby pozostają niedocenione przez polskiego konsumenta. Zalecenia racjonalnego żywienia wskazują na potrzebę spożywania ryb przynajmniej dwa razy w tygodniu [6], podczas gdy polski konsument sięga po danie lub przekąskę rybną rzadziej niż raz na tydzień [29].

W 2014 roku niemal połowa ryb przeznaczonych do konsumpcji przez ludzi na świecie pochodziła z akwakultury. Szacuje się, że do 2030 roku udział akwakultury w światowej produkcji będzie stanowił ponad 60 % [7]. W Polsce udział akwakultury w produkcji krajowej ryb nie przekracza 20 %, a podstawowe znaczenie mają dwa gatunki: karp i pstrąg tęczowy. Ponadto w stawach ziemnych w polikulturze z karpem hodowane są takie gatunki, jak: tołpyga biała i tołpyga pstra, amur biały, szczupak, sandacz, sum europejski, lin i karaś [11, 12].

O jakości końcowego produktu chowu i hodowli ryb, jakim jest surowiec mięsny, decyduje m.in. jakość wody, skład pokarmu naturalnego, rodzaj i ilość skarmianej paszy, wiek, płeć, kondycja oraz stan zdrowotny [1]. Ponadto istotnym czynnikiem wpływającym na jakość mięsa ryb jest także sezon pozyskania.

Celem pracy była ocena wpływu sezonu pozyskania wybranych gatunków ryb hodowanych w Polsce na profil kwasów tłuszczowych i wskaźniki żywieniowe lipidów mięsa.

### **Material i metody badań**

Badaniami objęto 4 gatunki ryb polskiej akwakultury: pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*), karpia (*Cyprinus carpio*), amura białego (*Ctenopharyngodon idella*) oraz szczupaka (*Esox lucius*). Ryby pozyskano z gospodarstw rybackich położonych w województwie lubelskim w dwóch sezonach: wiosenno-letnim i jesienno-zimowym. Do badań przeznaczono 120 ryb (po 30 z każdego gatunku) z uwzględnieniem dwóch sezonów (po 15 osobników każdego gatunku w każdym sezonie). W chowie karpia wykorzystywano pokarm naturalny, który uzupełniano paszami zbożowymi. Pstrągi tęczowe żywione były zbilansowaną paszą przemysłową.

Zawartość wody w tkance mięśniowej oznaczano metodą suszenia (103 °C) [24], ogólną zawartość składników mineralnych (popiołu) – metodą spopielenia w piecu muflowym (w temp. 550 °C) [25], zawartość białka ogólnego – metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 [20], zawartość tłuszczu – metodą Soxhleta (jako rozpuszczalnik stosowano *n*-heksan) przy użyciu aparatu Büchi B-811 [21].

Na podstawie zawartości białka ogólnego i tłuszczu w 100 g mięsa wyliczono wartość energetyczną netto (kcal). Do obliczeń stosowano fizjologiczne równoważniki

energetyczne Atwatera (1 g białka = 16,7 kJ, 1 g tłuszczu = 37,6 kJ) [13]. W przypadku białka i tłuszczu obliczano wskaźnik jakości żywieniowej (NQi – *Nutritional Quality Index*) według Hansena i wsp. [10], przyjmując referencyjne wartości spożycia energii i składników odżywczych [28]. Wskaźnik NQi obliczono zgodnie z równaniem:

$$NQi = \frac{\text{(zawartość składnika w 100 g produktu} \times \text{norma zapotrzebowania na energię)}}{\text{(wartość energetyczna 100 g produktu} \times \text{norma zapotrzebowania na dany składnik)}}$$

Udział kwasów tłuszczowych, po wcześniejszej ekstrakcji tłuszczu [8], oznaczano zgodnie z Polską Normą [22, 23]. Rozdziału estrów metylowych kwasów tłuszczowych dokonywano metodą chromatografii gazowej przy użyciu aparatu Varian GC 3900 (Walnut Creek, USA). W analizie uwzględniano grupy kwasów tłuszczowych: nasycone (SFA) i nienasycone (UFA), w tym: jednonienasycone (MUFA) i wielonienasycone (PUFA), a także *n-3* i *n-6* oraz długołańcuchowe wielonienasycone LC-PUFA, w obrębie których dodatkowo wyróżniono *n-3* LC-PUFA oraz *n-6* LC-PUFA.

Na podstawie zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych obliczano proporcję kwasów PUFA/SFA, *n-3/n-6* oraz *n-3* LC-PUFA/*n-6* LC-PUFA. Dodatkowo wyliczano indeksy: aterogenny (AI), trombogenny (TI), nasycenia (S/P) [35], a także wartość odżywczą lipidów (NV) [5] zgodnie z poniższymi równaniami:

$$\begin{aligned} AI &= (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0)/(MUFA + n-6 + n-3), \\ TI &= (C14:0 + C16:0 + C18:0)/(0,5 \times MUFA + 0,5 \times n-6 + 3 \times n-3 + n-3/n-6), \\ S/P &= (C14:0 + C16:0 + C18:0)/(MUFA + PUFA), \\ NV &= (C12:0 + C14:0 + C16:0)/(C18:1 c9 + C18:2 n-6). \end{aligned}$$

Obliczano także proporcję zidentyfikowanych kwasów tłuszczowych o działaniu hipocholesterolemicznym (h), tj. obniżającym poziom cholesterolu i hipercholesterolemicznym (H), podwyższającym poziom cholesterolu zgodnie z równaniem [30]:

$$\begin{aligned} h/H &= (C18:1 c9 + C18:2 n-6 + C18:3 n-6 + C18:3 n-3 + C20:2 n-6 + C20:3 n-6 + \\ &C20:4 n-6 + C20:3 n-3 + C20:4 n-3 + C20:5 n-3 + C22:4 n-6 + C22:5 n-6 + \\ &C22:5 n-3 + C22:6 n-3)/(C12:0 + C14:0 + C16:0). \end{aligned}$$

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica wer. 13 [4]. Z uwagi na różnice międzygatunkowe analizę ograniczono do porównania międzysezonowego w obrębie poszczególnych gatunków. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem t-Studenta dla prób niezależnych przy  $p \leq 0,05$  i  $p \leq 0,01$ .

## Wyniki i dyskusja

Sezon pozyskania istotnie różnicował jedynie zawartość popiołu, białka oraz wartość wskaźnika jakości żywieniowej (NQI) mięsa niektórych gatunków ryb (tab. 1). Tkanka mięśniowa szczupaka oraz amura białego zawierała istotnie ( $p \leq 0,01$ ) więcej popiołu w sezonie jesienno-zimowym w porównaniu z sezonem wiosenno-letnim, w którym karp zawierał istotnie ( $p \leq 0,01$ ) więcej białka. Po przeanalizowaniu wpływu sezonu na wartość NQI stwierdzono, że mięso pstrąga tęczowego w okresie jesienno-zimowym charakteryzowało się istotnie ( $p \leq 0,05$ ) niższą wartością tego parametru w przypadku białka oraz istotnie ( $p \leq 0,05$ ) wyższą wartością NQI tłuszczu w porównaniu z mięsem pstrągów z sezonu wiosenno-letniego. Z kolei w mięsie amura białego stwierdzono odwrotną zależność, tj. istotnie ( $p \leq 0,05$ ) wyższą wartość NQI białka i istotnie ( $p \leq 0,05$ ) niższą – tłuszczu w sezonie jesienno-zimowym.

Pirini i wsp. [19] podają, że sardynki zawierały więcej lipidów jesienią, a szproty – wiosną, co świadczy o największej zawartości tłuszczu w mięsie tych gatunków w okresie spoczynku rozrodczego. Stanek i wsp. [33] wykazali, że zawartość tłuszczu w tkance mięśniowej samic okonia ze Zbiornika Włocławskiego wynosiła 1,97 % i 2,17 %, odłowionych odpowiednio: wiosną i jesienią. W późniejszych badaniach Stanek i wsp. [32] wykazali większą średnią zawartość tłuszczu w mięsie samic i samców okonia z jeziora Gopło pozyskanych jesienią, tj. w sezonie intensywnego wzrostu, mniejszą natomiast – w tkance osobników odłowionych wiosną, tzn. na krótko przed rozrodem. Skąlecki i wsp. [31] oznaczyli w tkance mięśniowej dziko żyjącego okonia z odłowu wiosennego istotnie więcej wody, mniej popiołu oraz trzykrotnie mniej tłuszczu i określili istotnie niższą wartość kaloryczną w porównaniu z tkanką ryb odłowionych jesienią.

Kandemir i Polat [15] stwierdzili najwyższy poziom lipidów w tkance mięśniowej i w wątrobie pstrąga tęczowego jesienią, a najniższy – wiosną, co również znajduje uzasadnienie w cyklu rozrodczym ryb (rozród hodowlanego pstrąga tęczowego przypada na okres między grudniem a majem). Również w badaniach własnych pstrągi tęczowe w sezonie jesienno-zimowym, tj. w okresie wzrostu, zawierały w tkance mięśniowej więcej lipidów. Podobne wyniki uzyskano także w przypadku szczupaka, którego tarło przypada na okres bardzo wczesnej wiosny.

Mięso badanych gatunków ryb odznaczało się wysoką wartością wskaźnika NQI białka ( $> 1$ ), co wskazuje, że może być ono dobrym źródłem tego składnika i służyć do kompensowania jego małej zawartości w produktach deficytowych. Mięso karpia, pstrąga tęczowego i amura białego było dobrze zbilansowane pod względem zawartości lipidów (NQI ok. 1), natomiast tkanka mięśniowa szczupaka była ubogim źródłem tego składnika (NQI znacznie poniżej 1).

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny, wartość kaloryczna i wskaźnik jakości żywieniowej (NQI) białka i tłuszczu mięsa ocenianych gatunków ryb w zależności od sezonu ich pozyskania

Table 1. Basic chemical composition, caloric value, and Nutritional Quality Index (NQI) of protein and fat of muscle tissue of evaluated fish species depending on fishing season

Wyszczególnienie Specification	Karp Carp		Pstrąg tęczowy Rainbow trout		Szczupak Pike		Amur biały Grass carp	
	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter
Woda / Water [%]	74,60 ± 4,79	75,90 ± 2,79	74,29 ± 2,04	73,33 ± 1,94	77,92 ± 1,26	77,26 ± 1,28	74,39 ± 3,00	75,13 ± 2,96
Związki mineralne jako popiół Mineral compounds as ash [%]	1,11 ± 0,25	1,11 ± 0,23	1,38 ± 0,29	1,52 ± 0,38	1,39 <sup>A</sup> ± 0,09	1,73 <sup>B</sup> ± 0,30	1,27 <sup>A</sup> ± 0,12	1,58 <sup>B</sup> ± 0,27
Białko / Protein [%]	18,65 <sup>B</sup> ± 0,85	17,51 <sup>A</sup> ± 1,35	20,36 ± 0,71	20,25 ± 1,07	20,09 ± 1,24	19,92 ± 1,47	18,09 ± 1,55	19,01 ± 1,64
Tłuszcz / Fat [%]	5,47 ± 5,10	5,37 ± 2,41	3,80 ± 2,33	4,82 ± 1,68	0,59 ± 0,17	1,02 ± 0,75	5,97 ± 3,21	4,09 ± 1,76
Energia netto Net energy [kcal/100 g]	124 ± 44,9	118 ± 22,4	116 ± 20,1	124 ± 15,3	86 ± 5,1	89 ± 6,5	126 ± 27,9	113 ± 19,9
NQI białka NQI protein	6,7 ± 2,08	6,1 ± 1,10	7,3 <sup>b</sup> ± 1,36	6,6 <sup>a</sup> ± 0,86	9,4 ± 0,18	9,0 ± 0,70	6,0 <sup>a</sup> ± 1,15	6,9 <sup>b</sup> ± 0,93
NQI tłuszczu NQI fat	1,1 ± 0,66	1,2 ± 0,35	0,9 <sup>a</sup> ± 0,43	1,1 <sup>b</sup> ± 0,27	0,2 ± 0,06	0,3 ± 0,22	1,3 <sup>b</sup> ± 0,37	1,0 <sup>a</sup> ± 0,30

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviation: n = 15; wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie: a, b – p ≤ 0,05; A, B – p ≤ 0,01 / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly: a, b – p ≤ 0,05; A, B – p ≤ 0,01.

Sezon pozyskania istotnie różnicował udział kwasów tłuszczowych i ich proporcje w lipidach tkanki mięśniowej ocenianych ryb (tab. 2 i 3). W sezonie jesienno-zimowym stwierdzono istotnie ( $p \leq 0,01$ ) mniejszy udział SFA oraz MUFA w mięsie pstrąga tęczowego, natomiast w mięsie szczupaka ( $p \leq 0,05$ ) i amura białego ( $p \leq 0,01$ ) istotnie mniejszy był udział MUFA. Równocześnie w sezonie tym mięso pstrąga tęczowego i amura białego charakteryzowało się istotnie ( $p \leq 0,01$ ) wyższym poziomem PUFA. W konsekwencji powyższych różnic tkanka mięśniowa pstrąga tęczowego i amura odznaczała się istotnie ( $p \leq 0,01$ ) wyższą wartością proporcji PUFA/SFA w sezonie jesienno-zimowym w porównaniu z przedstawicielami tych gatunków z sezonu wiosenno-letniego. Podobnie jak w przypadku PUFA, udział kwasów  $n-3$  i  $n-6$  był istotnie wyższy jesienią i zimą, aniżeli wiosną i latem – różnice statystycznie istotne w przypadku kwasów  $n-3$  stwierdzono w mięsie pstrąga tęczowego ( $p \leq 0,01$ ) i amura białego ( $p \leq 0,01$ ), a kwasów  $n-6$  – w tkance mięśniowej karpia ( $p \leq 0,05$ ) i pstrąga tęczowego ( $p \leq 0,01$ ). Różnice pod względem zawartości kwasów szeregu  $n-3$  i  $n-6$  przełożyły się na różnice wartości ich proporcji: filet amura białego odznaczał się w sezonie jesienno-zimowym istotnie ( $p \leq 0,01$ ) wyższą wartością  $n-3/n-6$ .

Po przeanalizowaniu udziału długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (LC-PUFA) stwierdzono, że w okresie jesienno-zimowym w mięsie pstrąga tęczowego ( $p \leq 0,01$ ), szczupaka ( $p \leq 0,05$ ) i amura białego ( $p \leq 0,05$ ) był on istotnie wyższy niż w sezonie wiosenno-letnim. Podobne wyniki uzyskano w przypadku wchodzących w skład LC-PUFA, frakcji  $n-3$  LC-PUFA i  $n-6$  LC-PUFA. Udział  $n-3$  LC-PUFA był w okresie jesienno-zimowym istotnie ( $p \leq 0,01$ ) wyższy w tkance mięśniowej pstrąga tęczowego i amura białego, a  $n-6$  LC-PUFA – w tkance pstrąga tęczowego ( $p \leq 0,05$ ) i szczupaka ( $p \leq 0,01$ ). Wartość proporcji  $n-3/n-6$  LC-PUFA w mięsie amura białego była w sezonie wiosenno-letnim istotnie ( $p \leq 0,01$ ) niższa.

Tkanka mięśniowa pstrąga tęczowego wykazywała w sezonie wiosenno-letnim istotnie wyższe wartości indeksów: aterogennego ( $p \leq 0,05$ ), trombogennego ( $p \leq 0,01$ ) i saturacji ( $p \leq 0,01$ ) (tab. 3). Podobne wyniki uzyskano w przypadku amura białego, którego mięso w okresie wiosenno-letnim wykazywało istotnie ( $p \leq 0,01$ ) wyższe właściwości trombogenne.

Zakęś i wsp. [36] wykazali, że dominującą grupą kwasów tłuszczowych w filetach samic i samców szczupaków pozyskanych po tarle (wiosną) były SFA (64,71 %), podczas gdy w filetach ryb odłowionych przed tarłem (jesienią) dominowały UFA. Skąlecki i wsp. [31] także stwierdzili w mięsie ocenianych okoni istotnie wyższy udział SFA wiosną – w okresie rozrodczym niż jesienią. Stanek i wsp. [33] oznaczyli w tkance mięśniowej samic okonia w okresie rozrodczym (wiosną) wyższy poziom MUFA (32,24 %) w porównaniu z jesienią (23,83 %), podczas gdy udział PUFA przeciwnie – był wyższy jesienią. Obserwowane różnice autorzy tłumaczą zjawiskiem degradacji niektórych PUFA podczas tarła (fosfolipidy stanowiące dwie trzecie struktury

jajników są w tym okresie głównym źródłem energii rozwijających się oocytów). Podobne wyniki uzyskali Zakęś i wsp. [36], którzy w filetach szczupaków pozyskanych po odbytych tarle (wiosną) oznaczyli nie tylko wyższy poziom MUFA, ale i sześciokrotnie niższy udział kwasów tłuszczowych wielonienasyconych (10,67 %) w porównaniu z rybami odłowionymi jesienią, tj. przed tarłem (58,33 %).

Wartość proporcji  $n-3/n-6$  w mięsie pstrąga tęczowego w sezonie jesienno-zimowym oraz szczupaka w obu sezonach była zbliżona do 1, tj. dolnego zakresu wartości stwierdzonych w mięsie ryb słodkowodnych (1 - 4) [34]. W przypadku pozostałych gatunków ryb i/lub sezonów pozyskania proporcja ta była niższa. Po porównaniu filetów szczupaków Zakęś i wsp. [36] stwierdzili, że poziom kwasów  $n-3$  PUFA w mięsie osobników odłowionych wiosną (po tarle) był nawet dziewięciokrotnie niższy (4,84 %) niż w tkance mięśniowej ryb, które odłowiono jesienią przed okresem rozrodczym (41,26 %), a proporcja  $n-3/n-6$  w mięsie ryb pozyskanych jesienią była ponad trzykrotnie wyższa w stosunku do takiej proporcji w tkance osobników z sezonu wiosennego (odpowiednio: 2,61 i 0,82). Z kolei Stanek i wsp. [33] określili w mięsie samicy okonia wyższą wartość proporcji  $n-3/n-6$  wiosną w okresie rozrodczym (0,62) niż jesienią (0,57). Kalyoncu i wsp. [14], którzy oceniali karpia z jeziora zaporowego Ivriz w Turcji, uzyskali wartość proporcji kwasów  $n-3/n-6$  na poziomie: 1,08, 1,43, 1,64 i 1,60 odpowiednio: wiosną, latem, jesienią i zimą.

Özparlak [18], który oceniał różne gatunki ryb słodkowodnych z jeziora zaporowego Apa w Turcji, stwierdził w lipidach tkanki mięśniowej ryb zimą wyższy udział PUFA, a niższy – SFA i MUFA w porównaniu z rybami pozyskanymi latem. Podobne wyniki uzyskano w badaniach własnych – w sezonie jesienno-zimowym ryby zawierały więcej kwasów PUFA, a mniej kwasów z grup SFA i MUFA.

Oznaczone indeksy kwasów tłuszczowych (AI, TI, S/P, NV i h/H) mogą wskazywać na kierunek oddziaływania spożywanych lipidów ryb. Kwasy tłuszczowe nasycone C12:0, C14:0 i C16:0 wykazują działanie aterogenne (powodują wzrost stężenia cholesterolu całkowitego oraz frakcji LDL), podczas gdy kwasy C14:0, C16:0 i C18:0 przejawiają działanie trombogenne (stymulują agregację płytek krwi). Pozytywny wpływ na zdrowie człowieka, z uwagi na właściwości antymiażdżycowe, wykazują kwasy MUFA i PUFA ( $n-3$  i  $n-6$ ). W związku z tym, im wyższe są wartości indeksów AI, TI, S/P, NV oraz niższe h/H, tym niższa jakość prozdrowotna mięsa [6].

Oznaczone w przedstawionej pracy wartości indeksu aterogenego i trombogenego były nieznacznie niższe od tych, które odnotowali Ramos Filho i wsp. [27] w mięsie ryb słodkowodnych (AI > 0,5, TI > 0,7). Ghaeni i wsp. [9] nie stwierdzili wpływu pory roku na wartość indeksów AI oraz TI w lipidach tkanki mięśniowej ryb

Tabela 2. Profil kwasów tłuszczowych [% sumy kwasów tłuszczowych] w mięsie ocenianych gatunków ryb w zależności od sezonu ich pozyskania  
 Table 2. Fatty acid profile [% of fatty acid total] in meat of evaluated fish species depending on fishing season

Wyszczególnienie Specification	Karp Carp		Pstrąg tęczowy Rainbow trout		Szczupak Pike		Amur biały Grass carp	
	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter
SFA	28,18 ± 5,61	27,30 ± 2,46	27,15 <sup>B</sup> ± 8,76	21,86 <sup>A</sup> ± 1,11	28,10 ± 4,09	28,25 ± 2,36	29,62 ± 0,82	29,53 ± 0,74
UFA	71,00 ± 5,57	71,80 ± 2,58	72,48 <sup>A</sup> ± 8,82	77,76 <sup>B</sup> ± 1,11	70,54 ± 4,34	69,83 ± 2,72	69,71 ± 0,91	69,20 ± 1,05
MUFA	54,60 ± 4,14	53,13 ± 5,01	50,33 <sup>B</sup> ± 5,49	44,06 <sup>A</sup> ± 3,98	41,37 <sup>B</sup> ± 3,24	37,53 <sup>A</sup> ± 3,95	51,63 <sup>B</sup> ± 2,43	48,09 <sup>A</sup> ± 2,35
PUFA	16,40 ± 5,89	18,67 ± 5,08	22,15 <sup>A</sup> ± 13,39	33,70 <sup>B</sup> ± 4,26	29,17 ± 5,15	32,30 ± 3,08	18,08 <sup>A</sup> ± 2,24	21,11 <sup>B</sup> ± 1,88
<i>n-3</i>	5,93 ± 3,23	6,42 ± 3,43	9,06 <sup>A</sup> ± 6,45	15,52 <sup>B</sup> ± 4,48	15,36 ± 3,76	17,00 ± 3,52	4,54 <sup>A</sup> ± 1,46	6,54 <sup>B</sup> ± 1,61
<i>n-6</i>	9,37 <sup>a</sup> ± 3,32	11,15 <sup>b</sup> ± 2,31	11,88 <sup>A</sup> ± 7,42	16,21 <sup>B</sup> ± 2,65	12,40 ± 1,92	13,62 ± 1,81	12,68 ± 1,64	13,46 ± 1,03
LC-PUFA	4,81 ± 2,23	5,20 ± 2,82	8,02 <sup>A</sup> ± 5,29	12,13 <sup>B</sup> ± 3,24	12,94 <sup>a</sup> ± 2,55	16,25 <sup>b</sup> ± 4,09	5,85 <sup>a</sup> ± 1,04	6,79 <sup>b</sup> ± 1,21
<i>n-3</i> LC-PUFA	3,02 ± 1,36	3,42 ± 2,15	6,55 <sup>A</sup> ± 4,39	10,16 <sup>B</sup> ± 3,49	9,84 ± 2,59	11,87 ± 3,32	2,19 <sup>A</sup> ± 0,63	3,42 <sup>B</sup> ± 0,74
<i>n-6</i> LC-PUFA	1,79 ± 1,15	1,77 ± 0,78	1,47 <sup>a</sup> ± 1,08	1,97 <sup>b</sup> ± 0,55	3,11 <sup>A</sup> ± 0,55	4,38 <sup>B</sup> ± 1,20	3,65 ± 0,58	3,37 ± 0,94

Objaśnienia / Explanatory notes:

SFA – suma kwasów tłuszczowych nasyconych / total of saturated fatty acids; UFA – suma kwasów tłuszczowych nienasyconych / total of unsaturated 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; LC-PUFA – suma długołańcuchowych nienasyconych kwasów tłuszczowych / total of long chain polyunsaturated fatty acids. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.



Tabela 3. Indeksy i proporcje kwasów tłuszczowych w mięsie ocenianych gatunków ryb w zależności od sezonu ich pozyskania  
 Table 3. Indices and proportions of fatty acids in meat of evaluated fish species depending on fishing season

Wyszczególnienie Specification	Karp Carp		Pstrąg tęczowy Rainbow trout		Szczupak Pike		Amur biały Grass carp	
	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter	wiosna - lato spring - summer	jesień - zima autumn - winter
PUFA/SFA	0,62 ± 0,24	0,70 ± 0,24	1,06 <sup>A</sup> ± 0,80	1,55 <sup>B</sup> ± 0,23	1,08 ± 0,37	1,15 ± 0,17	0,61 <sup>A</sup> ± 0,08	0,72 <sup>B</sup> ± 0,07
<i>n-3/n-6</i>	0,72 ± 0,38	0,57 ± 0,27	0,84 ± 0,41	1,01 ± 0,41	1,25 ± 0,32	1,29 ± 0,43	0,36 <sup>A</sup> ± 0,12	0,49 <sup>B</sup> ± 0,14
<i>n-3</i> LC-PUFA <i>/n-6</i> LC-PUFA	2,64 ± 1,52	1,88 ± 0,71	5,78 ± 3,83	5,74 ± 2,79	3,30 ± 1,21	2,84 ± 0,88	0,60 <sup>A</sup> ± 0,15	1,09 <sup>B</sup> ± 0,37
AI	0,39 ± 0,15	0,36 ± 0,05	0,49 <sup>B</sup> ± 0,26	0,36 <sup>A</sup> ± 0,06	0,42 ± 0,08	0,41 ± 0,04	0,46 ± 0,03	0,45 ± 0,01
TI	0,58 ± 0,27	0,53 ± 0,12	0,54 <sup>B</sup> ± 0,35	0,28 <sup>A</sup> ± 0,05	0,38 ± 0,10	0,34 ± 0,04	0,63 <sup>B</sup> ± 0,06	0,56 <sup>A</sup> ± 0,05
S/P	0,39 ± 0,13	0,37 ± 0,04	0,38 <sup>B</sup> ± 0,17	0,27 <sup>A</sup> ± 0,02	0,39 ± 0,08	0,38 ± 0,04	0,42 ± 0,02	0,41 ± 0,01
NV	0,47 ± 0,15	0,45 ± 0,08	0,48 ± 0,21	0,40 ± 0,07	0,68 ± 0,20	0,75 ± 0,20	0,62 ± 0,05	0,63 ± 0,04
h/H	2,68 ± 0,70	2,66 ± 0,52	3,15 ± 1,51	3,53 ± 0,34	2,43 ± 0,70	2,39 ± 0,37	1,96 ± 0,16	2,01 ± 0,10

Objaśnienia / Explanatory notes:

AI – indeks aterogeniczny / atherogenic index; TI – indeks trombogeniczny / thrombogenic index; S/P – indeks saturacji / saturation index; NV – wartość odżywcza lipidów / nutritional value of lipids; h/H – proporcja kwasów o działaniu hipotensyjnym / ratio of hypo- and hypercholesterolemic fatty acids. Pozostałe objaśnienia, jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

morskich z rodziny mydliczkowatych (*Leiognathus bindus*) oraz barwenowatych (*Upe-neussulphureus*), przy czym oceniane osobniki charakteryzowały się w okresie wiosennym nieznacznie wyższą ich wartością (AI – 1,45 ÷ 1,50, TI – 0,89 ÷ 1,15) niż w okresie jesiennym (AI – 1,31 ÷ 1,48, TI – 0,81 ÷ 0,85). Istotnych międzysezonowych różnic w zakresie omawianych parametrów nie stwierdzili także Chakraborty i wsp. [3] w częściach jadalnych morskich ryb okoniokształtnych (*Leiognathus splendens*) (AI < 0,83, TI < 0,41). Martelli i wsp. [17] przeciwnie, wykazali istotne różnice tych parametrów w zależności od terminu odłowu kulbina (hodowlanego przedstawiciela wód słonych), a uzyskany poziom TI (0,2) był niższy, zaś zakres AI (0,4 ÷ 0,5) – zbliżony do przedstawionych w niniejszej pracy.

Sezon pozyskania nie wpłynął istotnie na wartość odżywczą lipidów (NV), natomiast w przypadku nasycenia (S/P) istotne różnice stwierdzono w mięsie pstrąga tęczowego, które w sezonie jesienno-zimowym odznaczało się niższą (korzystniejszą) wartością tego wskaźnika. Wartość h/H w mięsie ocenianych gatunków ryb (poza amurem białym w sezonie wiosenno-letnim) wynosiła powyżej 2 i nie różniła się istotnie pomiędzy sezonami. Uzyskane wyniki są zgodne z wcześniejszymi badaniami, które przeprowadzili Martelli i wsp. [17]. Brak międzysezonowych różnic pod względem tego parametru stwierdzili też Chakraborty i wsp. [3], a wartość h/H wahała się w zakresie 1,4 ÷ 2,4.

## Wnioski

1. Niezależnie od sezonu pozyskania mięso badanych gatunków ryb stanowiło dobre źródło białka oraz było dobrze zbilansowane pod względem zawartości lipidów. Wyjątek stanowiło mięso szczupaka, które było bardzo ubogim źródłem tłuszczu.
2. W sezonie jesienno-zimowym mięso badanych gatunków ryb zawierało więcej kwasów tłuszczowych wielonienasyconych, w tym cennych kwasów *n-3* i *n-3* LC-PUFA w porównaniu z sezonem wiosenno-letnim (różnice te potwierdzono statystycznie w przypadku pstrąga tęczowego i amura białego).
3. Mięso amura białego odznaczało się w sezonie jesienno-zimowym istotnie wyższą (korzystniejszą) proporcją kwasów tłuszczowych PUFA/SFA, *n-3/n-6*, *n-3* LC-PUFA/*n-6* LC-PUFA oraz wykazywało istotnie niższe właściwości aterogenne.
4. Pod względem żywieniowym najkorzystniejsze wskaźniki, w tym najniższy poziom saturacji i najkorzystniejszą proporcję kwasów o działaniu hipo- i hipercholesterolemicznym oraz najsłabsze działanie atero- i trombogeniczne wykazywało mięso pstrąga tęczowego w sezonie jesienno-zimowym.

*Przedstawiony artykuł jest fragmentem pracy doktorskiej. Publikację sfinansowano z funduszy na działalność statutową Instytutu Oceny Jakości i Przetwórstwa Pro-*

duktów Zwierzęcych Wydziału Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

### Literatura

- [1] Białowąs H., Pilarczyk M.: Wpływ manipulacji związanych z odłowem i przetrzymywaniem w basenach na jakość mięsa karpia. W: Wybrane zagadnienia dobrostanu karpia. Red. A. Lirski, A.K. Siwicki, J. Wolnicki. Wyd. IRS, Olsztyn 2007, ss. 125-147.
- [2] Borawska J., Darewicz M., Protasiewicz M.: Peptydy kardioprotekcyjne jako wyróżniki jakości białek ryb. Zesz. Nauk. AM w Gdyni, 2015, 88, 137-141.
- [3] Chakraborty K., Joseph D., Chakkalakal S.J.: Inter-annual variability and seasonal dynamics in lipid signatures of *Leiognathus splendens* (Cuvier, 1829). Int. Food Res. J., 2014, 21 (4), 1699-1706.
- [4] Dell Inc.: Dell Statistica, 2016, Version 13.
- [5] Estévez M., Morcuende D., Ramírez R., Ventanas S., Cava R.: Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of liver pâté. Meat Sci., 2004, 67, 453-461.
- [6] FAO: Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. FAO Food Nutr. Pap., 2010, 91.
- [7] FAO: The State of World Fisheries and Aquaculture. Opportunities and challenges. FAO, Rome 2014.
- [8] Folch J., Lees M., Sloane S.G.H.: A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J. Biol. Chem., 1957, 226, 497-509.
- [9] Ghaeni M., Ghahfarokhi K.N., Zaheri L.: Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices in *Leiognathusbindus* and *Upeneussulphureus*. J. Marine Sci. Res. Dev., 2013, 3 (4), 1-3.
- [10] Hansen R.G., Wyse B.W., Sorenson A.W.: Nutrition quality index of food. AVI Publishing Co., Westport 1979.
- [11] Hryszko K.: Rynek ryb. Stan i perspektywy. Wyd. IERiGŻ – PIB, Warszawa 2015.
- [12] Hryszko K.: Rynek ryb. Stan i perspektywy. Wyd. IERiGŻ – PIB, Warszawa 2016.
- [13] Jeszka J.: Energia. W: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. Red. J. Gawęcki. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2010, ss. 146-150.
- [14] Kalyoncu L., Yaman Y., Aktumsek A.: Seasonal changes on total fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) in Ivriz Dam Lake, Turkey. Afr. J. Biotechnol., 2010, 9 (25), 3896-3900.
- [15] 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.
- [16] Marciniak-Lukasiak K.: Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, 6 (79), 24-35.
- [17] Martelli R., Dalle Zotte A., Bonelli A., Lupi P., Franci O., Parisi G.: Macronutrient and fatty acid profiles of meagre (*Argyrosomus regius*) filets as influenced by harvesting time and boiling. Ital. J. Anim. Sci., 2013, 12 (e88), 538-545.
- [18] Özparlak H.: Effect of seasons on fatty acid composition and n3/n-6 ratios of muscle lipids of some fish species in Apa Dam Lake, Turkey. Pak. J. Zool., 2013, 45 (4), 1027-1033.
- [19] Pirini M., Testi S., Ventrella V., Pagliarani A., Badiani A.: Blue-back fish: Fatty acid profile in selected seasons and retention upon baking. Food Chem., 2010, 123, 306-314.
- [20] PN-A-04018:1975/Az3:2002. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [21] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.

- [22] PN-EN ISO 12966-2:2017-05. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Część 2: Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- [23] PN-EN ISO 12966-1:2015-01. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Część 1: Przewodnik do nowoczesnej chromatografii gazowej estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- [24] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Określenie zawartości wody (metoda odwoławcza).
- [25] PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Określenie zawartości popiołu całkowitego.
- [26] Polak-Juszczak L., Adamczyk M.: Jakość i skład aminokwasowy białka ryb z Zalewu Wiślanego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 3 (64), 75-83.
- [27] Ramos Filho M.M., Ramos M.I.L., Hiane P.A., De Souza E.M.T.: Nutritional value of seven freshwater fish species from the Brazilian Pantanal. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2010, 87, 1461-1467.
- [28] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylenia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektyw Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004. *Dz. U. L* 304, ss. 18-63, z 22.11.2011.
- [29] Rudy M., Róg K., Gil M., Głodek E.: Consumption of fish and fish products depending on the sex of consumers from podkarpackie province. *Nauka Przym. Technol.*, 2014, 8 (4), #52, 1-12.
- [30] Santos-Silva J., Bessa R.J.B., Santos-Silva F.: Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livest. Prod. Sci.*, 2002, 77, 187-194.
- [31] Skąlecki 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, 249-257.
- [32] Stanek M., Dąbrowski J., Roślewska A., Janicki B.: Ocena zawartości tłuszczu i cholesterolu w mięsie samic oraz samców okonia (*Perca fluviatilis* L.) z jeziora Gopło. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric., Aliment., Pisc., Zootech.*, 2009, 271 (10), 5-10.
- [33] Stanek M., Dąbrowski J., Roślewska A., Kupcewicz B., Janicki B.: Impact of different fishing seasons on the fatty acids profile, cholesterol content, and fat in the muscles of perch, *Perca fluviatilis* L. from the Włocławski Reservoir (central Poland). *Arch. Pol. Fish.*, 2008, 16 (2), 213-220.
- [34] 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.
- [35] Ulbricht T.L.V., Southgate D.A.T.: Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*, 1991, 338, 985-992.
- [36] Zakęś Z., Pietrzak-Fiećko R., Szczepkowski M., Modzelewska-Kapituła M., Jankowska B.: Slaughter yield and fatty acid profiles of filets of pike (*Esox lucius* L.) caught before and after spawning. *Arch. Pol. Fish.*, 2015, 23, 231-235.

## EFFECT OF FISHING SEASON OF SELECTED FISHES FARMED IN POLAND ON MEAT FATTY ACID PROFILE AND DIETARY INDICES OF LIPIDS IN THEIR MEAT

### Summary

The objective of the research study was to evaluate the effect of fishing season of selected fishes farmed in Poland on the meat fatty acid profile and dietary indices of lipids in their meat. The research study involved 4 species of the Polish aquaculture fish: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), carp (*Cyprinus carpio*), grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) and pike (*Esox lucius*). The fishes were obtained from farms located in the Lublin Voivodeship in two seasons: spring-summer and autumn-winter. The following was analyzed: chemical composition of meat (content of water, mineral compounds as ash, protein and fat), caloric value, Nutritional Quality Index (NQI) and also: fatty acids profile, their proportions and indices (atherogenic index – AI, thrombogenic index – TI, saturation index – S/P, nutritional value of lipids – NV and the ratio of hypo- and hypercholesterolemic acids – h/H). Regardless of the fishing season, the meat of fish species analysed was a good source of protein and it was well balanced in terms of the lipid content. The exception was a muscle tissue of pike, which was a very poor source of fat. Compared to the spring-summer season, in the autumn-winter season the meat of the fish species studied contained more polyunsaturated fatty acids including the valuable *n-3* and *n-3* LC-PUFAs. In the autumn-winter season, the meat of grass carp was characterized by a significantly higher (more advantageous) proportion of PUFA/SFA, *n-3/n-6*, *n-3* LC-PUFA/*n-6* LC-PUFA and it showed significantly lower atherogenic properties. From the dietary point of view, the rainbow trout meat had the most advantageous indices in the autumn-winter season, i.e. the lowest level of saturation, the most advantageous ratio of acids with hypo- and hypercholesterolemic activity and the weakest athero- and thrombogenic effect.

**Key words:** fish, fishing season, chemical composition, fatty acids, nutritional value ☒