

**UNIWERSYTET PRZYRODNICZY  
W LUBLINIE**

**WYDZIAŁ BIOLOGII, NAUK O ZWIERZĘTACH  
I BIOGOSPODARKI**

**mgr Agnieszka Dorota Kaliniak**

**OCENA JAKOŚCI MIĘSA Z UWZGLĘDNIENIEM FRAKCJI  
LIPIDOWEJ WYBRANYCH GATUNKÓW RYB  
AKWAKULTURY KRAJOWEJ**

*Autoreferat rozprawy doktorskiej*

LUBLIN 2018

UNIwersytet PRZYRODniczy  
W LUBLINIE

WYDZIAŁ BIOLOGII, NAUK O ZWIERZĘTACH  
I BIOGOSPODARKI

**mgr Agnieszka Dorota Kaliniak**

**OCENA JAKOŚCI MIĘSA Z UWZGLĘDNIENIEM FRAKCJI  
LIPIDOWEJ WYBRANYCH GATUNKÓW RYB  
AKWAKULTURY KRAJOWEJ**

*Autoreferat rozprawy doktorskiej*

**Promotor:** dr hab. inż. Mariusz Florek prof. UP

**Promotor pomocniczy:** dr hab. inż. Piotr Skąlecki

**Recenzenci:** dr hab. Małgorzata Woźniak prof. U-WM  
Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie

prof. dr hab. inż. Piotr Zapletal  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

LUBLIN 2018

## SPIS TREŚCI

<b>1. WSTĘP.....</b>	<b>4</b>
<b>2. CEL PRACY I HIPOTEZY BADAWCZE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERIAŁ I METODY .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. Materiał badawczy .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. Metody badań.....</b>	<b>8</b>
3.2.1. <i>Badania fizykochemiczne tkanki mięśniowej ryb .....</i>	<i>8</i>
3.2.2. <i>Podstawowy skład chemiczny, wartość energetyczna i wskaźnik NQI .....</i>	<i>8</i>
3.2.3. <i>Zawartość i profil kwasów tłuszczowych .....</i>	<i>9</i>
3.2.4. <i>Parametry jakości lipidów tkanki mięśniowej.....</i>	<i>9</i>
<b>3.3. Analiza statystyczna .....</b>	<b>10</b>
<b>4. WYNIKI.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1. Część pierwsza (poznawcza) .....</b>	<b>11</b>
4.1.1. <i>Wpływ gatunku na jakość mięsa ryb krajowej akwakultury.....</i>	<i>11</i>
4.1.2. <i>Wpływ sezonu pozyskania na jakość mięsa ryb krajowej akwakultury.....</i>	<i>13</i>
<b>4.2. Część druga (analiza frakcji lipidowej).....</b>	<b>16</b>
4.2.1. <i>Ocena parametrów jakości lipidów mięsa karpia i pstrąga tęczowego, z uwzględnieniem wpływu sezonu pozyskania i przechowywania chłodniczego.....</i>	<i>16</i>
4.2.2. <i>Wpływ gospodarstwa rybackiego i sezonu pozyskania na zawartość kwasów tłuszczowych w mięsie karpia i pstrąga tęczowego .....</i>	<i>18</i>
4.2.3. <i>Współzależności między parametrami jakości lipidów, a zawartością kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej karpia i pstrągów tęczowych.....</i>	<i>19</i>
<b>5. STWIERDZENIA I WNIOSKI .....</b>	<b>20</b>
<b>6. PODSUMOWANIE .....</b>	<b>21</b>
<b>7. TABELĘ I WYKRESY .....</b>	<b>22</b>

## 1. WSTĘP

W ostatnich latach zauważa się rosnące zainteresowanie Polaków zdrowym stylem życia, w tym także pozytywne zmiany w ich preferencjach żywieniowych. Maleje zaufanie konsumentów do żywności konwencjonalnej, jak również rośnie znaczenie racjonalnego żywienia, które warunkuje dobry stan zdrowia.

Ryby, ze względu na swoje właściwości odżywcze, stanowią nieodzowny składnik prawidłowej diety człowieka. Wartość odżywcza ryb wynika z zawartego w nich białka o wysokiej strawności i przyswajalności, wysokowartościowych tłuszczów (bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3), a także witamin i składników mineralnych. Pomimo właściwości odżywczych, jak i prozdrowotnych ryby pozostają jednak niedocenione przez polskiego konsumenta. Spożycie ryb w Polsce jest o ponad 55% mniejsze od średniego w Unii Europejskiej i o 1/3 niższe niż przeciętne na świecie.

Ponieważ morza i oceany nie są niewyczerpanym źródłem pożywienia, a zwiększający się poziom zanieczyszczeń wód słonych budzi obawy co do jakości pozyskiwanej z nich żywności, akwakultura stała się dynamicznie rozwijającym sektorem przemysłu rolno-spożywczego na świecie. 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 hodowane są w polikulturze z karpem, takie gatunki jak: tołpyga biała i tołpyga pstra, amur biały, lin, szczupak, sum europejski, karaś i sandacz.

O jakości końcowego produktu chowu i hodowli ryb, jakim jest surowiec mięsny, decyduje szereg czynników m.in. środowiskowe, fizjologiczne, genetyczne i inne. Mogą one wpływać nie tylko na zawartość poszczególnych składników odżywczych w mięsie ryb, ale także na tempo przemian zachodzących z ich udziałem. Lipidy w rybach ze względu na swój charakter są bardzo podatne na procesy utleniania, a szczególnie autooksydacji. Proces ten przyczynia się do istotnego obniżenia jakości mięsa ryb podczas przechowywania, w tym m.in. walorów odżywczych i sensorycznych oraz przydatności do przetwórstwa. W wyniku tych procesów powstają również toksyczne dla człowieka związki. Wszystko to sprawia, że wiedza w zakresie szeroko rozumianej jakości ryb oraz jej zmian zachodzących pod wpływem czynników o różnym charakterze, może być bardzo przydatna zarówno z punktu widzenia producenta, przetwórcy, jak i konsumenta.

## 2. CEL PRACY I HIPOTEZY BADAWCZE

Główną przesłanką do podjęcia niniejszych badań był fakt braku danych literaturowych na temat ryb świeżych przechowywanych w warunkach chłodniczych, pochodzących z krajowej akwakultury. Ponadto krajowe źródła literaturowe niewystarczająco charakteryzują wpływ takich czynników, jak gatunek czy warunki środowiskowe na jakość mięsa ryb słodkowodnych utrzymywanych w akwakulturze. Wiedza w tym zakresie może być przydatna zarówno dla gospodarstw produkujących ryby, jak również gastronomii, zakładów przetwórczych, a wreszcie dla samych konsumentów.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach. Celem badań w części pierwszej było określenie wpływu gatunku i sezonu pozyskania na wartość użytkową ryb krajowej akwakultury oraz właściwości fizykochemiczne, zawartość podstawowych składników odżywczych i profil kwasów tłuszczowych lipidów ich mięsa. W części drugiej, obejmującej karpia i pstrąga tęczowego, oznaczono zawartość kwasów tłuszczowych w mięsie – uwzględniając wpływ pochodzenia (gospodarstwa rybackiego) i sezonu pozyskania, a także aktywność przeciwutleniającą z wykorzystaniem rodników ABTS oraz DPPH, liczbę kwasową, liczbę nadtlenkową i wskaźnik TBARS – uwzględniając wpływ sezonu pozyskania i czasu przechowywania chłodniczego. Dodatkowo określono związek pomiędzy parametrami jakości lipidów, a zawartością kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej ryb tych dwóch gatunków.

Sformułowano następujące hipotezy badawcze:

- gatunek i sezon pozyskania determinują wartość użytkową, jakość fizykochemiczną, zawartość podstawowych składników odżywczych oraz profil kwasów tłuszczowych mięsa ryb;
- sezon pozyskania i przechowywanie chłodnicze wpływają na wskaźniki jakości frakcji lipidowej tkanki mięśniowej ryb;
- pochodzenie (gospodarstwo rybackie) oraz sezon pozyskania wpływają na zawartość kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej ryb;
- istnieje związek pomiędzy zawartością kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej ryb i jakością jej frakcji lipidowej (wyrażonej wybranymi wskaźnikami chemicznymi).

## 3. MATERIAŁ I METODY

### 3.1. Materiał badawczy

Badaniami objęto 5 gatunków ryb krajowej akwakultury: pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss*), karp (*Cyprinus carpio*), amur biały (*Ctenopharyngodon idella*),

szczupak (*Esox lucius*) oraz lin (*Tinca tinca*). Ryby pozyskano w 4 gospodarstwach rybackich położonych w województwie lubelskim w dwóch sezonach (wiosenno-letnim i jesienno-zimowym). Łącznie do badań wykorzystano 210 ryb w wieku 1+ (pstrąg tęczowy) oraz 3+ (karp i pozostałe gatunki). Chów karpia prowadzono w oparciu o pokarm naturalny, który uzupełniano paszami zbożowymi. Skład chemiczny oraz wartość energetyczną pasz stosowanych w żywieniu pstrągów tęczowych przedstawiono w Tabeli 1.

**Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny [%] i wartość energetyczna [ $MJ \cdot kg^{-1}$ ] pasz**

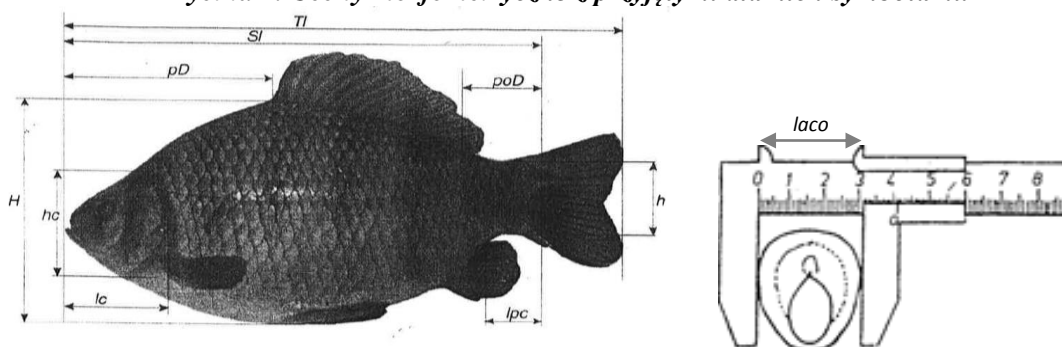
Wyróżnienie	Gospodarstwo		
	A* (SUPRA 3P)	B* (SILVER)	D** (pasza gospodarska)
Białko ogólne	42	41	39
Tłuszcz surowy	20	24	9
Popiół surowy	6,5	7	15,5
Wartość energetyczna	19,1	20,9	9,9

\* – deklarowany przez producenta, \*\* – analiza własna.

Po odłowieniu ryby były ogłuszane przez przeszkolonych pracowników gospodarstw rybackich i natychmiast uśmiercane, następnie określano ich masę ciała (w g) i transportowano w pojemnikach termoizolacyjnych do laboratorium Katedry Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych UP w Lublinie.

Wartość użytkową ryb określono na podstawie pomiarów morfometrycznych (Rycina 1) oraz procentowego udziału poszczególnych części ciała tj. głowy, wnętrzości, płetw, szkieletu, skóry, fileta i mięsa.

**Rycina 1. Cechy morfometryczne z przyjętymi dla nich symbolami.**



**TI** długość całkowita ciała  
**SI** długość ciała  
**pD** długość przedgrzbietowa  
**poD** długość zagrzbietowa  
**lc** długość głowy boczna  
**lpc** długość trzonu ogonowego  
**hc** wysokość głowy  
**H** największa wysokość ciała  
**h** najmniejsza wysokość ciała  
**laco** szerokość ciała

*Longitudo totalis*  
*Longitudo corporis*  
*Distanita praedorsalis*  
*Distanita postdorsalis*  
*Longitudo capitis lateralis*  
*Longitudo pedunculi caudalis*  
*Altitudo capitis*  
*Altitudo corporis maxima*  
*Altitudo corporis minima*  
*Latitudo corporis*

Na podstawie długości całkowitej oraz masy osobników obliczano indeks kondycji Fultona wg wzoru:

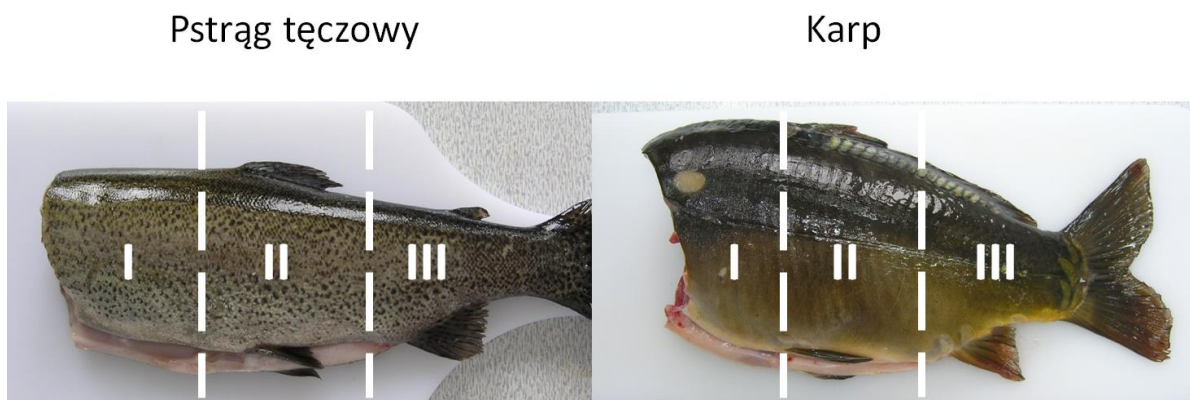
$$\text{Indeks kondycji} = 100 \times \text{masa całkowita (g)} / \text{całkowita długość ciała (cm)}^3.$$

W części I (poznawczej) badaniami objęto 150 ryb (po 30 ryb każdego gatunku), utrzymywanych w trzech gospodarstwach (po 10 ryb każdego gatunku) z uwzględnieniem dwóch sezonów (po 5 ryb każdego gatunku w każdym sezonie). Próby do analiz chemicznych pobierano z mięśnia wielkiego części grzbietowej.

W części II (analiza frakcji lipidowej) materiał do badań ograniczono do dwóch najważniejszych gatunków akwakultury krajowej tzn. pstrąga tęczowego i karpia. Badaniami objęto łącznie 60 ryb, po 30 osobników każdego gatunku, utrzymywanych w trzech gospodarstwach (po 10 ryb każdego gatunku) z uwzględnieniem dwóch sezonów (po 5 ryb w każdym sezonie każdego gatunku).

Badania parametrów jakościowych lipidów tkanki mięśniowej wykonane zostały trzykrotnie w ciągu 48 godzin od momentu uśmiercenia, tj. w 1, 24 i 48 godz. *post mortem*. W celu ich wykonania całe tusze ryb dzielono na 3 części: I, II, III (Rycina 2).

**Rycina 2. Schemat podziału tusz ryb przeznaczonych do oceny parametrów jakości lipidów tkanki mięśniowej**



W celu wyeliminowania wpływu rozmieszczenia lipidów w tkance mięśniowej (różnice między częścią grzbietową, brzuszną, środkową i ogonową) na wartość analizowanych parametrów, w poszczególnych dniach do analiz pobierano różne części tuszy badanych osobników według poniższego schematu:

Termin pomiaru <i>post mortem</i>	Osobnik					
	nr 1	nr 2	nr 3	nr 4	nr 5	nr 6
1 godz.	I	II	III	I	II	III
24 godz.	II	III	I	II	III	I
48 godz.	III	I	II	III	I	II

Próby do oznaczenia parametrów jakościowych lipidów tkanki mięśniowej pobierano po oddzieleniu skóry i kości. Materiał do oznaczeń całkowitej aktywności przeciwutleniającej (TAC) rozdrabniano, a następnie poddawano liofilizacji.

## **3.2. Metody badań**

### **3.2.1. Badania fizykochemiczne tkanki mięśniowej ryb**

#### *Kwasowość czynna (pH)*

Kwasowość czynną (pH) oznaczono bezpośrednio poprzez wbicie w mięsień wielki części grzbietowej elektrody zespolonej ERH-12-6 pH-metru Elmetron CP-401 waterproof. Pomiar przeprowadzono w 24 godz. *post mortem*. Przed rozpoczęciem pomiarów pH-metr kalibrowano w buforach o pH 4 i pH 7.

#### *Przewodność elektryczna właściwa (EC)*

Przewodność elektryczną właściwą (EC – *electrical conductivity*) mierzono za pomocą aparatu PQM I-KOMBI firmy INTEK GmbH (Aichach, Germany). Pomiar wykonano analogicznie jak w przypadku pH w 24 godz. *post mortem*. Wartość przewodności elektrycznej wyrażono w  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

#### *Wodochłonność mięsa (WHC)*

Wodochłonność (WHC – *water holding capacity*) mięsa oznaczono metodą bibułową (Graua i Hamma) w 24 h *post mortem*. Powierzchnię naważki mięsa (M) i całkowitego wycieku (T) określono na podstawie pomiarów skanów obrazów wykonanych za pomocą programu komputerowej analizy obrazu MultiScan Base ver. 14. Wodochłonność mięsa podawano jako proporcję M/T wyrażoną w procentach, wynik obliczono jako średnią z dwóch powtórzeń.

#### *Barwa*

Barwę mięsa ryb oceniono za pomocą kolorymetru Minolta CR-310 (Minolta, Osaka, Japan) metodą odbiciową w systemie CIE  $L^*a^*b^*$  (gdzie  $L^*$  - jasność,  $a^*$  - wysycenie barwy czerwonej,  $b^*$  - wysycenie barwy żółtej). Barwę mięsa mierzono w 24h *post mortem* na wewnętrznej powierzchni świeżo pozyskanego fileta.

### **3.2.2. Podstawowy skład chemiczny, wartość energetyczna i wskaźnik NQI**

Zawartość wody oznaczono według PN-ISO 1442:2000, popiołu według PN-ISO 936:2000, białka ogólnego według PN-A-04018:1975/Az3:2002, tłuszczu wolnego według PN-ISO 1444:2000.



Na podstawie zawartości białka ogólnego i tłuszczu wyliczono wartość energetyczną 100 g mięsa, a następnie wskaźnik jakości żywieniowej (NQI – *Nutritional Quality Index*) wg Hansena i in. [1979], przyjmując do obliczeń referencyjne wartości spożycia energii i składników odżywczych zgodnie z Rozporządzeniem PEiR (UE) Nr 1169/2011 [Dz.U. L 304 z 22.11.2011].

### **3.2.3. Zawartość i profil kwasów tłuszczowych**

Udział kwasów tłuszczowych oznaczono zgodnie z normą PN-EN ISO 12966-2:2011 oraz PN-EN ISO 5508:1996. Rozdziału estrów metylowych kwasów tłuszczowych dokonano metodą chromatografii gazowej przy użyciu aparatu Varian GC 3900 (Walnut Creek, USA) z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID) i kolumną kapilarną CP 7420. Identyfikację kwasów tłuszczowych przeprowadzono na podstawie względnego czasu ich retencji w stosunku do czasów retencji wzorców estrów metylowych kwasów tłuszczowych (Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA). Obliczeń modułu procentowego kwasów tłuszczowych dokonano zgodnie z normą PN-EN ISO 5508:1996, wykorzystując program komputerowy Star GC Workstation Version 5.5 (Varian Inc., Walnut Creek, USA).

W przypadku mięsa pstrągów tęczowych i karpia w drugiej części badań na podstawie udziału kwasów tłuszczowych oraz zawartości tłuszczu wyliczono zawartość poszczególnych grup kwasów tłuszczowych. Zastosowany współczynnik konwersji dla kwasów tłuszczowych w celu uzyskania całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych (mg/100 g fileta) w tłuszczu (T) ryb został wyrażony wzorem:  $0,933 - (0,143/T)$ .

### **3.2.4. Parametry jakości lipidów tkanki mięśniowej**

#### *Stabilność oksydacyjna lipidów (TBARS)*

Szybkość utleniania lipidów określono na podstawie zmian zawartości substancji tworzących reakcję barwną z kwasem 2-tiobarbiturowym (wskaźnik TBARS - *Thiobarbituric Acid-Reactive Substances*). Intensywność różowego zabarwienia, powstałego w wyniku reakcji produktów utleniania tłuszczów z kwasem 2-tiobarbiturowym mierzono przy dł. fali 530 nm wykorzystując spektrofotometr Varian Cary 300 BIO (Varian Australia PTY, Ltd.). Wyniki wyrażono w mg aldehydu malonowego na 1 kg tkanki mięśniowej. Oznaczenia wykonano w 1, 24 i 48 godz. *post mortem*.

#### *Aktywność przeciwutleniająca*

Całkowita zdolność przeciwutleniająca (TAC – *Total Antioxidant Capacity*) mięsa ryb oznaczona została przy pomocy stabilnych syntetycznych rodników ABTS<sup>•+</sup> (kwas 2,2'-

azinobis-3-etylobenzotiazolino-6-sulfonowy) oraz DPPH· (2,2-difenylo-1-pikrylhydrazyl) wg metody QUENCHER. Polega ona na monitorowaniu wygaszania przez przeciwutleniacze charakterystycznego, długofalowego pasma absorpcji kationorodnika ABTS<sup>·+</sup> oraz wolnego rodnika DPPH· przy długości fali odpowiednio 734 oraz 525 nm. Oznaczenia wykonano w 1, 24 i 48 godz. *post mortem* z wykorzystaniem spektrofotometru Varian Cary 300 BIO. Wyniki wyrażono w mmol Troloxu na 1 kg mięsa (s.m.).

#### *Liczba kwasowa*

Kwasowość oznaczono poprzez miareczkowanie wolnych kwasów tłuszczowych 0,1-molowym etanolem roztworem KOH wobec 0,2% fenoloftaleiny, aż do uzyskania blad różowego zabarwienia. Oznaczenia przeprowadzono w 1, 24 i 48 godz. *post mortem*, na tkance mięśniowej ryb. Wynik wyrażano w mg KOH na 1 g tłuszczu wg wzoru:

$$LK [mg KOH \times 1g \text{ tłuszczu}^{-1}] = \frac{V \times 5,611}{m}$$

gdzie: *V* – objętość 0,1-molowego etanolem roztworu KOH zużytego do miareczkowania [ml]; *m* – masa tłuszczu [g] oznaczona metodą ekstrakcyjną Soxhleta według PN-ISO 1444:2000 na tej samej części tuszy; 5,611 – ilość mg KOH zawarta w 1 ml roztworu mianowanego (0,1 mol/litr KOH).

#### *Liczba nadtlenkowa*

Liczbę nadtlenkową (LN, ang. *Peroxide Value PV*) oznaczono metodą jodometryczną, polegającą na ilościowym oznaczeniu jodu wydzielonego z jodku potasu w wyniku działania nadtlenków znajdujących się w badanym tłuszczu, wykorzystując do miareczkowania 0,1 N roztwór tiosiarcznanu sodu, aż do całkowitego zaniku niebieskiej barwy. Oznaczenia przeprowadzono w 1, 24 i 48 godz. *post mortem*. Wartość liczby nadtlenkowej wyrażano w milirównoważnikach (meq) aktywnego tlenu na kilogram tłuszczu, obliczając wg wzoru:

$$LN [meq \times kg \text{ tłuszczu}^{-1}] = \frac{1000 \times V \times 0,1}{m}$$

gdzie: *V* – objętość 0,1 N tiosiarcznanu sodu zużytego do miareczkowania [ml], *m* – masa tłuszczu [g] zawartego 5 gramach mięsa, oznaczona metodą ekstrakcyjną Soxhleta według PN-ISO 1444:2000 na tej samej części tuszy.

### **3.3. Analiza statystyczna**

Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu STATISTICA 13. Wyniki dotyczące parametrów wartości użytkowej, właściwości fizykochemicznych, zawartości podstawowych składników odżywczych i profilu kwasów tłuszczowych tkanki mięśniowej ryb w części pierwszej analizowano w układzie jednoczynnikowym w zależności od gatunku

(karp, pstrąg tęczowy, szczupak, amur biały, lin) oraz sezonu pozyskania (wiosenno-letni i jesienno-zimowy). W części drugiej analizowano wartość parametrów jakości lipidów tkanki mięśniowej karpia i pstrąga tęczowego w zależności od czasu przechowywania chłodniczego (pomiar w 1, 24, 48 godz. *post mortem*) oraz sezonu pozyskania (wiosenno-letni i jesienno-zimowy). Zawartość kwasów tłuszczowych w 100 g tkanki mięśniowej karpia i pstrąga tęczowego analizowano w układzie dwuczynnikowym (gospodarstwo × sezon) w zależności od gospodarstwa (karp - gospodarstwa: A, B i C; pstrąg tęczowy - gospodarstwa: A, B i D) oraz sezonu pozyskania (wiosenno-letni i jesienno-zimowy) z uwzględnieniem ich interakcji.

Dodatkowo obliczono współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy parametrami jakości lipidów ( $TAC_{ABTS}$ ,  $TAC_{DPPH}$ , LK, LN, TBARS), a zawartością kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej karpia i pstrąga tęczowego.

## 4. WYNIKI

### 4.1. Część pierwsza (poznawcza)

#### 4.1.1. Wpływ gatunku na jakość mięsa ryb krajowej akwakultury

##### *Wartość użytkowa*

Masa ocenianych gatunków ryb była istotnie ( $P \leq 0,01$ ) zróżnicowana i wahała się od 436,85 g (pstrąg tęczowy) do 1222,43 g (amur biały) (Tabela 2). Gatunek istotnie ( $P \leq 0,01$ ) różnicował także wszystkie wymiary ciała. Największą długością całkowitą, ciała, boczną głowę oraz przedgrzbietową charakteryzował się szczupak w porównaniu z pozostałymi gatunkami. Najwyższe wartości długości zagrzbietowej, trzonu ogonowego oraz szerokości ciała stwierdzono w przypadku amura białego. Największymi wartościami wszystkich wysokości (głowy i obu wysokości ciała) charakteryzował się karp, u którego stwierdzono również istotnie ( $P \leq 0,01$ ) najwyższy ze wszystkich gatunków indeks kondycji.

Gatunek istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wpłynął na udział wszystkich części ciała (Tabela 3). Najwyższy udział głowy stwierdzono u karpia, zaś najniższy u pstrąga tęczowego. Karp i lin zawierały najwyższy procentowy udział szkieletu, w porównaniu z pozostałymi gatunkami. U tego ostatniego gatunku wykazano również najwyższy udział płetw i jednocześnie najniższy wnętrzości. Karp, pstrąg tęczowy i szczupak zawierały zbliżony, ale równocześnie niższy w porównaniu do amura białego i lina, udział skóry. Analizując części jadalne, stwierdzono ich wyższy udział w pstrągu, szczupaku i amurze, w porównaniu do karpia i lina.

##### *Właściwości fizykochemiczne*

Istotnie ( $P \leq 0,05$ ) najniższe pH 24h po uśmierceniach oznaczono w mięsie pstrąga tęczowego i szczupaka, a najwyższe – karpia (Tabela 4). Istotnie ( $P \leq 0,01$ ) najniższą przewodność elektryczną stwierdzono w mięsie karpia, natomiast najwyższą u pstrąga tęczowego, którego mięso było jednocześnie istotnie ( $P \leq 0,01$ ) najmniej wodochłonne. Istotnie ( $P \leq 0,01$ ) najbardziej wodochłonne było mięso lina. Jasność ( $L^*$ ) filetów ocenianych gatunków ryb nie różniła się istotnie, natomiast istotne ( $P \leq 0,01$ ) zróżnicowanie pomiędzy gatunkami stwierdzono w przypadku parametrów chromatycznych  $a^*$  i  $b^*$ . Najwyższy udział barwy czerwonej stwierdzono w filetach karpia i pstrąga tęczowego, a barwy żółtej u pstrągów. Najniższą wartość  $a^*$  oznaczono na filetach szczupaka, a w przypadku parametru  $b^*$  przyjmował on wartości ujemne u amura białego i lina, co świadczy o przewadze barwy niebieskiej.

#### *Podstawowy skład chemiczny*

Gatunek istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wpłynął na zawartość wszystkich składników chemicznych w tkance mięśniowej ryb oraz na wartość energetyczną, jak również wartość wskaźnika NQI białka i tłuszczu (Tabela 5). Tkanka mięśniowa karpia, pstrąga tęczowego i amura białego zawierała najmniej wody i jednocześnie najwięcej tłuszczu, w porównaniu z mięsem pozostałych gatunków ryb. W konsekwencji filety karpia, pstrąga i amura były najbardziej kaloryczne, a jednocześnie o najwyższym wskaźniku NQI dla tłuszczu. Udział popiołu w filetach ocenianych gatunków ryb był zbliżony, poza karpem, u którego stwierdzono najniższą jego wartość. Tkanka mięśniowa pstrąga tęczowego i szczupaka zawierała najwięcej białka spośród wszystkich gatunków ryb, a w przypadku fileta szczupaka stwierdzono również najwyższą wartość wskaźnika NQI dla tego składnika.

#### *Kwasy tłuszczowe*

Gatunek istotnie ( $P \leq 0,01$ ) różnicował procentowy udział wszystkich oznaczanych grup kwasów tłuszczowych, jak również wartości wszystkich przedstawionych proporcji (Tabela 6). Lipidy tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego odznaczały się najniższym, w porównaniu do pozostałych ocenianych gatunków ryb, udziałem kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA), w tym także najniższym kwasów o rozgałęzionych łańcuchach (BCFA) oraz najwyższym kwasów tłuszczowych nienasyconych (UFA). Najwyższy udział kwasów jednonienasyconych (MUFA) stwierdzono w tkance mięśniowej karpia, a wielonienasyconych (PUFA) – pstrąga tęczowego, szczupaka i lina. Tkanka tych trzech ostatnich gatunków ryb odznaczała się także najwyższymi wartościami proporcji PUFA/SFA.

Najwyższy udział kwasów n-3 oznaczono w mięsie szczupaka, natomiast udział kwasów n-6 w mięsie ocenianych gatunków ryb był zbliżony, za wyjątkiem karpia, który odznaczał się najniższą jego wartością. Najwyższą wartość proporcji n-3/n-6 wykazano w mięsie szczupaka, zaś najniższą u amura białego. Mięso lina i szczupaka odznaczało się najwyższym udziałem długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (LC-PUFA), przy czym najwyższy poziom długołańcuchowych kwasów z grupy n-3 (n-3 LC-PUFA) oznaczono w tkance szczupaka, zaś z grupy n-6 (n-6 LC-PUFA) – szczupaka, amura białego i lina. Najwyższą wartość proporcji kwasów n-3 LC-PUFA/n-6 LC-PUFA wykazano w tkance mięśniowej pstrąga tęczowego.

Tkanka karpia i amura białego zawierała istotnie ( $P \leq 0,01$ ) najniższy, ze wszystkich ocenianych gatunków ryb, udział kwasów EPA i DHA. Istotnie ( $P \leq 0,01$ ) największy udział kwasu EPA stwierdzono w mięsie lina, DHA – szczupaka, zaś DPA – u obu tych gatunków.

Gatunek istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wpłynął na wartość wszystkich ocenianych indeksów kwasów tłuszczowych (Tabela 6). Najwyższe wartości indeksu aterogenego (AI) i trombogennego (TI) odnotowano w tkance mięśniowej amura białego, przy czym równie wysoki poziom tego drugiego wskaźnika stwierdzono też w przypadku karpia. Wartości indeksu saturacji (S/P) tkanki mięśniowej ocenianych gatunków ryb kształtowały się na zbliżonym poziomie, poza pstrągiem tęczowym, u którego stwierdzono istotnie najniższy jego poziom. Tkanka tego gatunku odznaczała się również najwyższą wartością proporcji kwasów o działaniu hipo- i hipercholesterolemicznym (h/H). Najwyższą wartość odżywczą lipidów (NV) stwierdzono w tkance mięśniowej lina.

#### **4.1.2. Wpływ sezonu pozyskania na jakość mięsa ryb krajowej akwakultury**

##### *Wartość użytkowa*

W sezonie jesienno-zimowym karpie i pstrągi tęczowe charakteryzowały się istotnie ( $P \leq 0,05$ ) wyższą, w porównaniu do sezonu wiosenno-letniego masą całkowitą oraz ( $P \leq 0,01$ ) największą wysokością ciała, a w przypadku pstrągów tęczowych także ( $P \leq 0,01$ ) wysokością głowy oraz ( $P \leq 0,05$ ) szerokością ciała (Tabela 7). W tym samym sezonie, tj. jesienno-zimowym, u szczupaków odnotowano istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższą masę ciała, jak również wartości takich wymiarów, jak: długość całkowita oraz długość boczna i wysokość głowy ( $P \leq 0,05$ ), a w konsekwencji także istotnie ( $P \leq 0,01$ ) gorszą kondycję, w porównaniu do osobników tego gatunku pozyskanych w sezonie wiosenno-letnim. Istotnie niższe wartości indeksu kondycji w okresie jesienno-zimowym stwierdzono także u amura białego ( $P \leq 0,01$ ) i lina ( $P \leq 0,05$ ).

Sezon pozyskania istotnie różnicował także procentowy udział niektórych części ciała ocenianych gatunków ryb (Tabela 8). W okresie jesienno-zimowym u szczupaków ( $P \leq 0,01$ ), amurów białych ( $P \leq 0,01$ ) oraz linów ( $P \leq 0,05$ ) stwierdzono istotnie wyższy procentowy udział głowy. Ponadto, w sezonie tym u amurów białych udział wnętrzości był istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższy, a u pstrągów tęczowych istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższy, niż u przedstawicieli tych gatunków pozyskanych w sezonie wiosenno-letnim. Pstrągi tęczowe i karpie w miesiącach jesienno-zimowych charakteryzowały się istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższym udziałem płetw, aniżeli w miesiącach wiosenno-letnich. Udział części jadalnych był istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższy u szczupaków i amurów białych oraz istotnie ( $P \leq 0,05$ ) niższy u karpia w sezonie wiosenno-letnim, w porównaniu do ryb z sezonu jesienno-zimowego.

#### *Właściwości fizykochemiczne*

Sezon pozyskania istotnie różnicował wartość parametrów fizykochemicznych tkanki mięśniowej ocenianych gatunków ryb (Tabela 9). W okresie jesienno-zimowym stwierdzono istotnie ( $P \leq 0,05$ ) niższe pH tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego oraz istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższe u lina, w porównaniu do tkanki tych gatunków pozyskanych w sezonie wiosenno-letnim. Istotne ( $P \leq 0,01$ ) różnice pomiędzy sezonami stwierdzono także w przypadku przewodności elektrycznej (EC) – w okresie wiosenno-letnim tkanka mięśniowa szczupaków i linów wykazywała wyższą, natomiast pstrągów tęczowych niższą EC, w porównaniu do osobników tych gatunków z sezonu jesienno-zimowego. Sezon pozyskania różnicował istotnie wodochłonność tkanki mięśniowej amura białego ( $P \leq 0,05$ ) i lina ( $P \leq 0,01$ ), przy czym mniejszą zdolność utrzymywania wody własnej u tych gatunków stwierdzono w sezonie jesienno-zimowym.

Sezon nie różnicował istotnie jasności ( $L^*$ ) filetów ocenianych gatunków ryb. Istotne różnice stwierdzono natomiast w przypadku parametrów chromatycznych  $a^*$  i  $b^*$ . Filet szczupaka pozyskanego w sezonie wiosenno-letnim odznaczał się istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższym, w porównaniu do fileta tego gatunku ryb w okresie jesienno-zimowym, udziałem barwy czerwonej. W sezonie wiosenno-letnim odnotowano ponadto istotnie ( $P \leq 0,05$ ) wyższą, w porównaniu do okresu jesienno-zimowego, wartość parametru  $b^*$  w filecie pstrąga tęczowego oraz istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższą w filecie karpia. U tego ostatniego przyjmował on wartości ujemne, co świadczy o zmianie barwy z żółtej na niebieską.

#### *Skład chemiczny*

Sezon pozyskania istotnie różnicował jedynie zawartość popiołu, białka oraz wartość wskaźnika jakości żywieniowej (NQI) mięsa ocenianych gatunków ryb (Tabela 10). Tkanka mięśniowa szczupaka, amura białego oraz lina, zawierała istotnie ( $P \leq 0,01$ ) więcej popiołu w sezonie jesienno-zimowym, w porównaniu do sezonu wiosenno-letniego, w którym to z kolei karp zawierał istotnie ( $P \leq 0,01$ ) więcej białka. Analizując wpływ sezonu na wartość NQI stwierdzono, że mięso pstrąga tęczowego w okresie jesienno-zimowym charakteryzowało się istotnie ( $P \leq 0,05$ ) niższą wartością tego parametru dla białka oraz istotnie ( $P \leq 0,05$ ) wyższą dla tłuszczu, w porównaniu do pstrągów z sezonu wiosenno-letniego. Z kolei w mięsie amura białego i lina stwierdzono odwrotną zależność, tj. istotnie ( $P \leq 0,05$ ) wyższą wartość NQI dla białka i istotnie ( $P \leq 0,05$ ) niższą dla tłuszczu w sezonie jesienno-zimowym.

#### *Kwasy tłuszczowe*

Sezon pozyskania istotnie różnicował udział oznaczonych kwasów tłuszczowych i ich proporcji w lipidach tkanki mięśniowej ocenianych ryb (Tabela 11). W sezonie jesienno-zimowym u pstrąga tęczowego stwierdzono istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższy udział SFA oraz MUFA; natomiast u szczupaka ( $P \leq 0,05$ ) i amura białego ( $P \leq 0,01$ ) istotnie niższy MUFA. Poziom BCFA był natomiast istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższy w sezonie jesienno-zimowym (u szczupaka i amura białego), podobnie jak udział PUFA, których istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższy poziom odnotowano w tym sezonie u pstrąga tęczowego i amura białego. W konsekwencji powyższych różnic u pstrąga tęczowego i amura białego oznaczono w sezonie jesienno-zimowym istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższą wartość proporcji PUFA/SFA, w porównaniu do przedstawicieli tych gatunków pozyskanych w sezonie wiosenno-letnim.

Podobnie jak przypadku PUFA, udział kwasów n-3 i n-6 był istotnie wyższy jesienią i zimą, aniżeli wiosną i latem – różnice statystycznie istotne dla kwasów n-3 stwierdzono u pstrąga tęczowego ( $P \leq 0,01$ ) i amura białego ( $P \leq 0,01$ ), a kwasów n-6 u karpia ( $P \leq 0,05$ ) i pstrąga tęczowego ( $P \leq 0,01$ ). Wyjątek stanowił lin, u którego oznaczono w tym sezonie istotnie ( $P \leq 0,05$ ) niższy udział kwasów n-3. Różnice w zawartości kwasów szeregu n-3 i n-6 przełożyły się na różnice w wartości ich proporcji: filet amura białego odznaczał się w sezonie jesienno-zimowym istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższą, a filet lina istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższą, wartością n-3/n-6, w porównaniu do ryb z sezonu wiosenno-letniego.

Analizując udział długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (LC-PUFA) stwierdzono, że w okresie jesienno-zimowym u 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 u pstrąga tęczowego i amura białego, a n-6 LC-PUFA u pstrąga tęczowego ( $P \leq 0,05$ ) i szczupaka ( $P \leq 0,01$ ). Wartość proporcji n-3/n-6 LC-PUFA u amura białego była istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższa w sezonie wiosenno-letnim.

Udział kwasów EPA ( $P \leq 0,01$ ), DPA ( $P \leq 0,01$ ) i DHA ( $P \leq 0,05$ ) był u pstrąga tęczowego istotnie niższy w sezonie wiosenno-letnim. Podobnie w tym okresie, istotnie niższy udział kwasu DPA stwierdzono w lipidach tkanki mięśniowej szczupaka ( $P \leq 0,05$ ) oraz amura białego ( $P \leq 0,01$ ), u którego stwierdzono również istotnie ( $P \leq 0,01$ ) niższy udział EPA. Jedynie w filecie lina stwierdzono istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższy udział kwasu EPA w sezonie wiosenno-letnim w porównaniu do jesienno-zimowego.

Konsekwencją sezonowego zróżnicowania profilu kwasów tłuszczowych w lipidach tkanki mięśniowej ocenianych gatunków ryb były istotne różnice w zakresie oznaczanych indeksów kwasów tłuszczowych (Tabela 11). Tkanka mięśniowa pstrąga tęczowego wykazywała w sezonie wiosenno-letnim istotnie wyższy indeks aterogenny ( $P \leq 0,05$ ), trombogenny ( $P \leq 0,01$ ) i saturacji ( $P \leq 0,01$ ). Podobne wyniki uzyskano w przypadku amura białego, którego mięso w okresie wiosenno-letnim wykazywało istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższe właściwości trombogenne.

## **4.2. Część druga (analiza frakcji lipidowej)**

### ***4.2.1. Ocena parametrów jakości lipidów mięsa karpia i pstrąga tęczowego, z uwzględnieniem wpływu sezonu pozyskania i przechowywania chłodniczego***

#### *Całkowita pojemność antyoksydacyjna (TAC)*

Przechowywanie chłodnicze nie wpłynęło istotnie zarówno na całkowitą zdolność antyoksydacyjną z wykorzystaniem kationorodnika  $ABTS^{\cdot+}$  ( $TAC_{ABTS}$ ), jak i rodnika  $DPPH^{\cdot}$  ( $TAC_{DPPH}$ ) mięsa pstrąga tęczowego (Wykres 1 i 2). Stwierdzono natomiast istotny wpływ sezonu na  $TAC_{DPPH}$  tkanki mięśniowej u tego gatunku. W sezonie jesienno-zimowym pstrąg tęczowy charakteryzował się istotnie ( $P \leq 0,05$ ) wyższą wartością tego parametru, niż w sezonie wiosenno-letnim.

Przechowywanie chłodnicze, jak również sezon pozyskania ryb istotnie różnicował wartość omawianych parametrów u karpia (Wykres 3 i 4). Całkowita aktywność antyoksydacyjna mierzona zarówno syntetycznym rodnikiem  $ABTS^{\cdot+}$ , jak i  $DPPH^{\cdot}$  zmniejszała się wraz z czasem przechowywania, przy czym istotne różnice pomiędzy kolejnymi pomiarami potwierdzono tylko dla  $TAC_{ABTS}$ . W sezonie wiosenno-letnim istotny



( $P \leq 0,01$ ) spadek  $TAC_{ABTS}$  miał miejsce już w 24 godz. *post mortem* (z wartości 20,72 do 19,14 mmol Trolox/kg mięsa (s.m.)), natomiast w jesienno-zimowym ( $P \leq 0,05$ ) dopiero w 48 godz. *post mortem* (z poziomu 16,82 do 14,51 mmol Trolox/kg mięsa (s.m.)). W tkance mięśniowej karpia z sezonu wiosenno-letniego stwierdzono istotnie ( $P \leq 0,01$ ) wyższe wartości  $TAC_{ABTS}$  i  $TAC_{DPPH}$ , w porównaniu do ryb z sezonu jesienno-zimowego.

#### *Liczba kwasowa*

Czas przechowywania chłodniczego nie wpłynął istotnie na wyrażony liczbą kwasową [LK, mg KOH/g tłuszczu] stopień hydrolizy lipidów tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego i karpia (Wykres 5 i 6), przy czym u pstrąga tęczowego w sezonie jesienno-zimowym oraz karpia w sezonie wiosenno-letnim stwierdzono wzrost stopnia hydrolizy tłuszczu wraz z czasem *post mortem*. Uzyskane wyniki wskazują ponadto na brak istotnych różnic LK pomiędzy sezonami zarówno u pstrąga tęczowego, jak i karpia. Jakkolwiek tkanka mięśniowa pstrągów tęczowych z sezonu wiosenno-letniego wykazywała wyższy stopień hydrolizy frakcji lipidowej, niż ryb pozyskanych w sezonie jesienno-zimowym.

#### *Liczba nadtlenkowa*

Czas przechowywania chłodniczego wpłynął istotnie na stopień utlenienia lipidów tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego mierzony wskaźnikiem liczby nadtlenkowej LN [meq aktywnego tlenu/kg tłuszczu], lecz tylko w sezonie jesienno-zimowym (Wykres 7). W 48 h *post mortem* stwierdzono istotnie ( $P \leq 0,05$ ) wyższą LN (1,37 meq aktywnego tlenu/kg tłuszczu) w porównaniu do wcześniejszych pomiarów (1 i 24 h *post mortem* – odpowiednio 0,82 i 0,89 meq aktywnego tlenu/kg tłuszczu). Tkanka mięśniowa pstrągów tęczowych odłowionych w sezonie jesienno-zimowym charakteryzowała się jednak istotnie ( $P \leq 0,05$ ) niższym stopniem utlenienia lipidów, w porównaniu do osobników z sezonu wiosenno-letniego.

W przypadku karpia, w przeciwieństwie do pstrągów, nie stwierdzono istotnych różnic LN pomiędzy sezonami (Wykres 8). Istotnych różnic nie stwierdzono także pomiędzy kolejnymi pomiarami w trakcie przechowywania chłodniczego, jednak w 48h *post mortem* mięso karpia odłowionych w sezonie wiosenno-letnim wykazywało niemal dwukrotnie wyższy poziom utlenienia lipidów niż w pierwszej dobie przechowywania.

#### *Wskaźnik TBARS*

W prezentowanych badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu przechowywania chłodniczego na wartość TBARS u pstrąga tęczowego (Wykres 9). Podobnie, nie stwierdzono

istotnego zróżnicowania wartości tego parametru pomiędzy sezonami pozyskania, jakkolwiek mięso pstrągów tęczowych zawierało więcej wtórnych produktów utleniania tłuszczów w sezonie jesienno-zimowym, niż wiosenno-letnim.

Istotny wpływ sezonu na wartość TBARS stwierdzono natomiast u karpia (Wykres 10). Osobniki tego gatunku w sezonie jesienno-zimowym odznaczały się istotnie wyższym, w porównaniu do karpia z sezonu wiosenno-letniego, poziomem TBARS w 1h ( $P \leq 0,05$ ) oraz 24h i 48h ( $P \leq 0,01$ ) przechowywania. Podobnie, jak w przypadku pstrąga tęczowego, nie obserwowano istotnego zróżnicowania wartości TBARS w tkance mięśniowej karpia w trakcie przechowywania chłodniczego.

#### **4.2.2. Wpływ gospodarstwa rybackiego i sezonu pozyskania na zawartość kwasów tłuszczowych w mięsie karpia i pstrąga tęczowego**

W przypadku mięsa karpia stwierdzono istotny ( $P \leq 0,001$ ) wpływ gospodarstwa na zawartość kwasów tłuszczowych ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  ryby), w tym kwasów BCFA ( $P \leq 0,01$ ) (Tabela 12). Sezon pozyskania istotnie ( $P \leq 0,05$ ) różnicował zawartość kwasów n-6, a także PUFA i n-6 LC-PUFA ( $P \leq 0,01$ ) oraz n-3, LC-PUFA, n-3 LC-PUFA, EPA, DPA i DHA ( $P \leq 0,001$ ). Wystąpiła istotna ( $P \leq 0,05$ ) interakcja gospodarstwo  $\times$  sezon pozyskania dla kwasów tłuszczowych ogółem, jak również kwasów PUFA i n-6 LC-PUFA ( $P \leq 0,01$ ) oraz n-3, LC-PUFA, n-3 LC-PUFA, EPA, DPA i DHA ( $P \leq 0,001$ ). Najwyższą zawartość ww. kwasów stwierdzono w tkance mięśniowej karpia w sezonie jesienno-zimowym w gospodarstwie rybackim A.

Analizując wyniki badań dotyczące pstrąga tęczowego stwierdzono istotny ( $P \leq 0,001$ ) wpływ gospodarstwa na zawartość zidentyfikowanych kwasów tłuszczowych, w tym istotny ( $P \leq 0,01$ ) wpływ na koncentrację kwasów *trans* (TFA – *Trans Fatty Acids*) (Tabela 13). Wartość wszystkich analizowanych parametrów była także istotnie ( $P \leq 0,001$ ) zróżnicowana przez sezon pozyskania. Stwierdzono ponadto istotną interakcję gospodarstwo  $\times$  sezon pozyskania dla zawartości oznaczanych kwasów tłuszczowych, z wyjątkiem grupy TFA. Tkanka mięśniowa pstrągów tęczowych pozyskanych w sezonie jesienno-zimowym w gospodarstwie A i B zawierała istotnie ( $P \leq 0,01$ ) najwięcej kwasów tłuszczowych ogółem, w tym SFA i n-6 PUFA, w porównaniu do ryb tego gatunku z pozostałych gospodarstw. Pstrągi tęczowe z gospodarstwa rybackiego A w sezonie jesienno-zimowym zawierały ponadto istotnie najwięcej kwasów BCFA, PUFA i n-6 LC-PUFA ( $P \leq 0,01$ ) oraz n-3, LC-PUFA, n-3 LC-PUFA, EPA, DPA i DHA ( $P \leq 0,001$ ). Istotnie ( $P \leq 0,05$ ) najwyższą zawartość MUFA

odnotowano u pstrągów odłowionych w gospodarstwie B, również w sezonie jesienno-zimowym.

#### **4.2.3. Współzależności między parametrami jakości lipidów, a zawartością kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej karpi i pstrągów tęczowych**

U karpi całkowita zdolność przeciwutleniająca mierzona testem z kationorodnikiem ABTS<sup>·+</sup> była istotnie ( $P \leq 0,01$ ) ujemnie skorelowana z zawartością BCFA, UFA, MUFA, PUFA, n-3, n-6, LC-PUFA, n-3 LC-PUFA,  $\Sigma$  FA oraz z zawartością kwasów SFA, TFA oraz n-6 LC-PUFA ( $P \leq 0,001$ ) (Tabela 14). Stwierdzono także istotny ujemny związek pomiędzy wartością TAC<sub>ABTS</sub> i zawartością kwasów EPA, DPA ( $P \leq 0,01$ ) oraz DHA ( $P \leq 0,05$ ). W przypadku całkowitego potencjału antyoksydacyjnego mierzonego rodnikiem DPPH<sup>·</sup> istotną ( $P \leq 0,01$ ) ujemną korelację odnotowano tylko dla kwasów n-3, LC-PUFA, n-3 LC-PUFA oraz EPA, DPA i DHA. Stopień hydrolizy (LK) oraz utlenienia lipidów (LN) były istotnie ujemnie skorelowane z zawartością oznaczanych kwasów tłuszczowych, w tym kwasów EPA, DPA ( $P \leq 0,001$ ) oraz DHA ( $P \leq 0,01$ ). Istotną i dodatnią zależność odnotowano pomiędzy koncentracją ocenianych kwasów tłuszczowych, w tym kwasu DHA ( $P \leq 0,01$ ), a zawartością wtórnych produktów utleniania tłuszczów, oznaczonych testem TBARS ( $P \leq 0,001$ ).

Analizując wyniki dotyczące współczynników korelacji w tkance mięśniowej pstrągów tęczowych wykazano, że zawartość wszystkich analizowanych kwasów tłuszczowych, była istotnie ( $P \leq 0,001$ ) ujemnie skorelowana z TAC<sub>ABTS</sub>, ale dodatnio skorelowana z TAC<sub>DPPH</sub>, przy czym w przypadku tego drugiego parametru istotne ( $P \leq 0,05$ ) współzależności stwierdzono tylko z kwasami TFA i n-6 LC-PUFA (Tabela 15). Wartość LK i LN były istotnie ( $P \leq 0,001$ ) ujemnie skorelowane z koncentracją kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej pstrąga tęczowego. Wartość TBARS była dodatnio skorelowana z zawartością kwasów tłuszczowych w mięsie tego gatunku ryby, jakkolwiek zależności te były istotne tylko w przypadku kwasów BCFA i PUFA ( $P \leq 0,05$ ) oraz SFA, UFA, MUFA, n-6, n-6 LC-PUFA,  $\Sigma$  FA ( $P \leq 0,01$ ) i TFA ( $P \leq 0,001$ ).

## 5. STWIERDZENIA I WNIOSKI

Uzyskane wyniki pozwoliły na zweryfikowanie postawionych hipotez badawczych w części pierwszej i drugiej oraz sformułowanie następujących stwierdzeń i wniosków:

### I. Część poznawcza

I.1. Gatunek istotnie wpływał na masę całkowitą, wszystkie wymiary ciała, kondycję oraz udział wszystkich ocenianych części ciała badanych ryb.

I.2. Gatunek istotnie wpływał na podstawowy skład chemiczny, wartość energetyczną i wskaźnik NQI dla białka i tłuszczu tkanki mięśniowej ryb.

I.3. Gatunek istotnie wpływał na pH, przewodność elektryczną właściwą, wodochłonność oraz parametry chromatyczne barwy tkanki mięśniowej ryb.

I.4. Gatunek istotnie różnicował profil kwasów tłuszczowych, udział głównych grup kwasów tłuszczowych oraz ich proporcję w tłuszczu z tkanki mięśniowej ryb.

I.5. Nie stwierdzono istotnego lub ukierunkowanego wpływu sezonu pozyskania na masę całkowitą, parametry biometryczne i udział części ciała u ocenianych gatunków ryb. Istotnie słabszą kondycję szczupaka, amura białego i lina stwierdzono w sezonie jesienno-zimowym.

I.6. Nie stwierdzono istotnego lub ukierunkowanego wpływu sezonu pozyskania na parametry fizykochemiczne tkanki mięśniowej ocenianych gatunków ryb.

I.7. Nie stwierdzono istotnego lub ukierunkowanego wpływu sezonu pozyskania na podstawowy skład chemiczny i wartość energetyczną tkanki mięśniowej ocenianych gatunków ryb.

I.8. Nie stwierdzono istotnego lub ukierunkowanego wpływu sezonu pozyskania na profil i proporcje kwasów tłuszczowych w tłuszczu z tkanki mięśniowej ocenianych gatunków ryb.

### II. Analiza frakcji lipidowej

II.1. Sezon pozyskania istotnie różnicował całkowitą aktywność wyznaczoną rodnikiem DPPH<sup>•</sup> w mięsie pstrąga tęczowego i karpia.

II.2. Przechowywanie chłodnicze do 48 godz. *post mortem* i sezon nie wpływały istotnie na stopień hydrolizy i stopień utleniania lipidów tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego i karpia.

II.3. Sezon pozyskania istotnie różnicował wartość TBARS w tkance mięśniowej karpia.

II.4. Gospodarstwo rybactwa i sezon pozyskania istotnie wpływały na zawartość wszystkich grup kwasów tłuszczowych w mięsie pstrągów tęczowych. Wystąpiła również interakcja tych czynników. W mięsie karpia taki ukierunkowany wpływ stwierdzono w odniesieniu do gospodarstwa rybactwa.

II.5. W mięsie pstrągów tęczowych i karpia stwierdzono istotne i ujemne zależności pomiędzy zawartością kwasów tłuszczowych, a całkowitą zdolnością przeciwutleniającą ( $TAC_{ABTS}$ ), stopniem hydrolizy i zawartością pierwotnych produktów utleniania lipidów. Istotnie dodatni związek wystąpił u karpia pomiędzy zawartością kwasów tłuszczowych i zawartością wtórnych produktów utleniania tłuszczów.

## 6. PODSUMOWANIE

Podsumowując I część badań można stwierdzić, że pod względem wartości użytkowej i udziału części jadalnych istotnie najlepsze wskaźniki oznaczono u pstrąga tęczowego, szczupaka i amura białego. Mięso szczupaka zawierało największy udział kwasów wielonienasyconych z rodziny n-3, w tym kwasu dokozaheksaenowego. Z żywieniowego punktu widzenia, najkorzystniejsze wskaźniki, w tym najniższy poziom saturacji i najkorzystniejszą proporcję kwasów o działaniu hipo- i hipercholesterolemicznym, wykazywało mięso pstrąga tęczowego. Mięso gatunków ryb karpiowatych (karp i amur biały) zawierało natomiast najniższy udział kwasu eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego, a ponadto wykazywało najsilniejsze działanie proaterogenne i protrombogenne.

Uzyskane wyniki dotyczące oceny wybranych parametrów jakości lipidów tkanki mięśniowej dwóch najważniejszych gatunków krajowej akwakultury (pstrągów tęczowych i karpia) należy traktować jako wstępne. Generalnie wskazują one na pewne tendencje występujące w trakcie przechowywania chłodniczego w trakcie pierwszych 48 godz. *post mortem*, jak również określone zależności z zawartością kwasów tłuszczowych. Uzasadniona zatem jest potrzeba kontynuacji tych badań z uwzględnieniem innych gatunków krajowej akwakultury, jak również alternatywnych warunków przechowywania.

## 7. TABELE I WYKRESY

Tabela 2. Wyniki pomiarów biometrycznych i indeks kondycji ryb w zależności od gatunku

Wyszczególnienie	Karp	Pstrąg tęczowy	Szczupak	Amur biały	Lin	SEM
Masa całkowita (g)	1094,4 <sup>BC</sup>	436,8 <sup>A</sup>	1067,3 <sup>B</sup>	1222,4 <sup>C</sup>	470,4 <sup>A</sup>	32,50
Długość (cm)						
całkowita	40,1 <sup>B</sup>	34,6 <sup>A</sup>	55,1 <sup>D</sup>	47,3 <sup>C</sup>	32,9 <sup>A</sup>	0,63
ciała	32,5 <sup>C</sup>	29,8 <sup>B</sup>	46,9 <sup>E</sup>	39,6 <sup>D</sup>	26,6 <sup>A</sup>	0,55
boczna głowy	9,6 <sup>B</sup>	6,6 <sup>A</sup>	14,4 <sup>C</sup>	8,9 <sup>B</sup>	6,6 <sup>A</sup>	0,22
przedgrzbietowa	15,8 <sup>B</sup>	14,5 <sup>A</sup>	35,5 <sup>D</sup>	20,7 <sup>C</sup>	14,5 <sup>A</sup>	0,57
zagrzbietowa	5,0 <sup>A</sup>	11,2 <sup>C</sup>	5,2 <sup>A</sup>	15,1 <sup>D</sup>	7,8 <sup>B</sup>	0,30
trzonu ogonowego	4,2 <sup>B</sup>	3,93 <sup>A</sup>	4,4 <sup>BC</sup>	4,8 <sup>C</sup>	3,6 <sup>A</sup>	0,06
Wysokość (cm)						
głowy	6,3 <sup>C</sup>	3,9 <sup>A</sup>	5,1 <sup>B</sup>	5,5 <sup>B</sup>	4,4 <sup>A</sup>	0,09
największa ciała	12,7 <sup>C</sup>	7,2 <sup>A</sup>	7,8 <sup>A</sup>	9,4 <sup>B</sup>	7,7 <sup>A</sup>	0,19
najmniejsza ciała	4,7 <sup>D</sup>	2,9 <sup>A</sup>	3,0 <sup>A</sup>	4,4 <sup>C</sup>	3,8 <sup>B</sup>	0,07
Szerokość ciała (cm)	5,1 <sup>C</sup>	3,5 <sup>A</sup>	4,7 <sup>BC</sup>	5,8 <sup>D</sup>	4,3 <sup>B</sup>	0,08
Indeks kondycji	1,7 <sup>D</sup>	1,0 <sup>B</sup>	0,6 <sup>A</sup>	1,1 <sup>B</sup>	1,3 <sup>C</sup>	0,03

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: A,B,C,D,E –  $P \leq 0,01$

Tabela 3. Udział poszczególnych części ciała ryb w zależności od gatunku

Wyszczególnienie	Karp	Pstrąg tęczowy	Szczupak	Amur biały	Lin	SEM
Głowa (%)	25,5 <sup>C</sup>	16,6 <sup>A</sup>	20,6 <sup>B</sup>	20,0 <sup>B</sup>	21,1 <sup>B</sup>	0,38
Wnętrznosci (%)	12,0 <sup>C</sup>	10,5 <sup>B</sup>	11,0 <sup>BC</sup>	11,4 <sup>BC</sup>	7,6 <sup>A</sup>	0,26
Płetwy (%)	4,5 <sup>C</sup>	3,8 <sup>B</sup>	3,8 <sup>B</sup>	3,0 <sup>A</sup>	6,3 <sup>D</sup>	0,11
Szkielet (%)	13,9 <sup>D</sup>	11,2 <sup>B</sup>	8,8 <sup>A</sup>	12,7 <sup>C</sup>	14,7 <sup>D</sup>	0,19
Skóra (%)	9,1 <sup>A</sup>	9,0 <sup>A</sup>	9,6 <sup>A</sup>	11,4 <sup>B</sup>	14,7 <sup>B</sup>	0,19
Filet (%)	20,6 <sup>A</sup>	27,1 <sup>C</sup>	27,0 <sup>C</sup>	26,0 <sup>C</sup>	24,0 <sup>B</sup>	0,26
Mięso (%)	31,9 <sup>A</sup>	44,9 <sup>C</sup>	43,9 <sup>C</sup>	39,7 <sup>B</sup>	32,6 <sup>A</sup>	0,52

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: A, B, C, D –  $P \leq 0,01$

**Tabela 4. Wyniki oznaczeń parametrów fizykochemicznych tkanki mięśniowej ryb 24 godz. post mortem w zależności od gatunku**

Wyszczególnienie	Karp	Pstrąg tęczowy	Szczupak	Amur biały	Lin	SEM
pH	6,93 <sup>b</sup>	6,66 <sup>a</sup>	6,69 <sup>a</sup>	6,80 <sup>ab</sup>	6,82 <sup>ab</sup>	0,04
EC (mS · cm <sup>-1</sup> )	1,5 <sup>A</sup>	4,5 <sup>C</sup>	2,3 <sup>B</sup>	1,7 <sup>AB</sup>	2,0 <sup>AB</sup>	0,13
WHC	44,5 <sup>B</sup>	57,2 <sup>C</sup>	43,1 <sup>B</sup>	41,1 <sup>B</sup>	30,9 <sup>A</sup>	1,32
CIE						
L*	51,97	52,59	53,67	52,11	52,44	0,33
a*	14,65 <sup>C</sup>	14,15 <sup>C</sup>	9,29 <sup>A</sup>	11,56 <sup>B</sup>	10,64 <sup>AB</sup>	0,30
b*	0,52 <sup>B</sup>	5,13 <sup>D</sup>	2,73 <sup>C</sup>	-0,34 <sup>AB</sup>	-1,42 <sup>A</sup>	0,33

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: a,b – P≤0,05; A, B, C, D – P≤0,01

**Tabela 5. Podstawowy skład chemiczny, wartość kaloryczna i wskaźnik jakości żywieniowej białka i tłuszczu tkanki mięśniowej ryb w zależności od gatunku**

Wyszczególnienie	Karp	Pstrąg tęczowy	Szczupak	Amur biały	Lin	SEM
Woda (%)	75,19 <sup>B</sup>	73,86 <sup>A</sup>	77,63 <sup>C</sup>	74,73 <sup>AB</sup>	77,73 <sup>C</sup>	0,26
Popiół (%)	1,11 <sup>A</sup>	1,44 <sup>B</sup>	1,55 <sup>B</sup>	1,43 <sup>B</sup>	1,47 <sup>B</sup>	0,03
Białko (%)	18,14 <sup>A</sup>	20,31 <sup>B</sup>	20,01 <sup>B</sup>	18,50 <sup>A</sup>	17,80 <sup>A</sup>	0,13
Tłuszcz (%)	5,43 <sup>C</sup>	4,26 <sup>C</sup>	0,84 <sup>A</sup>	5,09 <sup>C</sup>	2,88 <sup>B</sup>	0,26
Energia netto (kJ/100g)	508 <sup>B</sup>	500 <sup>B</sup>	366 <sup>A</sup>	501 <sup>B</sup>	406 <sup>A</sup>	9,6
(kcal/100g)	121 <sup>B</sup>	120 <sup>B</sup>	87 <sup>A</sup>	120 <sup>B</sup>	97 <sup>A</sup>	2,3
NQI						
białko	6,5 <sup>A</sup>	7,0 <sup>A</sup>	9,2 <sup>C</sup>	6,4 <sup>A</sup>	8,0 <sup>B</sup>	0,13
tłuszcz	1,1 <sup>C</sup>	1,0 <sup>C</sup>	0,3 <sup>A</sup>	1,2 <sup>C</sup>	0,6 <sup>B</sup>	0,04

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: A,B, C – P≤0,01

**Tabela 6. Profil [% sumy KT], wybrane proporcje i indeksy kwasów tłuszczowych w tłuszczu tkanki mięśniowej ryb w zależności od gatunku**

Wyszczególnienie	Karp	Pstrąg tęczowy	Szczupak	Amur biały	Lin	SEM
<b>SFA</b>	27,71 <sup>B</sup>	24,75 <sup>A</sup>	28,17 <sup>B</sup>	29,57 <sup>B</sup>	28,72 <sup>B</sup>	0,38
<b>BCFA</b>	0,85 <sup>B</sup>	0,36 <sup>A</sup>	1,63 <sup>C</sup>	1,00 <sup>B</sup>	2,19 <sup>D</sup>	0,06
<b>UFA</b>	71,43 <sup>A</sup>	74,88 <sup>B</sup>	70,19 <sup>A</sup>	69,42 <sup>A</sup>	69,06 <sup>A</sup>	0,40
<b>MUFA</b>	53,82 <sup>C</sup>	47,48 <sup>B</sup>	39,45 <sup>A</sup>	49,57 <sup>B</sup>	40,14 <sup>A</sup>	0,51
<b>PUFA</b>	17,61 <sup>A</sup>	27,40 <sup>B</sup>	30,74 <sup>B</sup>	19,85 <sup>A</sup>	28,93 <sup>B</sup>	0,65
<b>PUFA/SFA</b>	0,66 <sup>A</sup>	1,28 <sup>B</sup>	1,12 <sup>B</sup>	0,67 <sup>A</sup>	1,05 <sup>B</sup>	0,04
<b>n-3</b>	6,19 <sup>A</sup>	11,99 <sup>B</sup>	16,18 <sup>C</sup>	5,70 <sup>A</sup>	13,42 <sup>B</sup>	0,42
<b>n-6</b>	10,32 <sup>A</sup>	13,85 <sup>B</sup>	13,01 <sup>B</sup>	13,13 <sup>B</sup>	13,79 <sup>B</sup>	0,29
<b>n-3/n-6</b>	0,64 <sup>B</sup>	0,92 <sup>C</sup>	1,27 <sup>D</sup>	0,44 <sup>A</sup>	1,00 <sup>C</sup>	0,03
<b>n-6/n-3</b>	2,07 <sup>B</sup>	1,33 <sup>A</sup>	0,85 <sup>A</sup>	2,54 <sup>C</sup>	1,07 <sup>A</sup>	0,07
<b>LC-PUFA</b>	5,02 <sup>A</sup>	9,89 <sup>B</sup>	14,60 <sup>C</sup>	6,40 <sup>A</sup>	12,97 <sup>C</sup>	0,36
<b>n-3 LC-PUFA</b>	3,23 <sup>A</sup>	8,19 <sup>B</sup>	10,85 <sup>C</sup>	2,91 <sup>A</sup>	8,38 <sup>B</sup>	0,30
<b>n-6 LC-PUFA</b>	1,78 <sup>A</sup>	1,70 <sup>A</sup>	3,75 <sup>B</sup>	3,49 <sup>B</sup>	4,59 <sup>B</sup>	0,12
<b>n-3 LC-PUFA / n-6 LC-PUFA</b>	2,24 <sup>B</sup>	5,76 <sup>C</sup>	3,07 <sup>B</sup>	0,89 <sup>A</sup>	2,25 <sup>B</sup>	0,20
<b>n-6 LC-PUFA / n-3 LC-PUFA</b>	0,62 <sup>B</sup>	0,23 <sup>A</sup>	0,37 <sup>A</sup>	1,33 <sup>C</sup>	0,56 <sup>B</sup>	0,04
<b>EPA</b>	1,23 <sup>A</sup>	2,05 <sup>B</sup>	2,66 <sup>BC</sup>	0,75 <sup>A</sup>	2,98 <sup>C</sup>	0,09
<b>DPA</b>	0,44 <sup>A</sup>	0,67 <sup>B</sup>	1,12 <sup>C</sup>	0,55 <sup>AB</sup>	1,24 <sup>C</sup>	0,03
<b>DHA</b>	1,30 <sup>A</sup>	4,46 <sup>BC</sup>	6,62 <sup>C</sup>	1,32 <sup>A</sup>	3,52 <sup>B</sup>	0,20
<b>Indeksy</b>						
<b>AI</b>	0,37 <sup>A</sup>	0,43 <sup>AB</sup>	0,41 <sup>AB</sup>	0,46 <sup>B</sup>	0,43 <sup>AB</sup>	0,01
<b>TI</b>	0,55 <sup>B</sup>	0,42 <sup>A</sup>	0,36 <sup>A</sup>	0,59 <sup>B</sup>	0,40 <sup>A</sup>	0,02
<b>S/P</b>	0,38 <sup>B</sup>	0,33 <sup>A</sup>	0,38 <sup>B</sup>	0,41 <sup>B</sup>	0,39 <sup>B</sup>	0,01
<b>NV</b>	0,46 <sup>A</sup>	0,44 <sup>A</sup>	0,71 <sup>BC</sup>	0,62 <sup>B</sup>	0,75 <sup>C</sup>	0,01
<b>h/H</b>	2,67 <sup>B</sup>	3,32 <sup>C</sup>	2,41 <sup>AB</sup>	1,99 <sup>A</sup>	2,31 <sup>AB</sup>	0,07

*Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: A, B, C, D –  $P \leq 0,01$*



Tabela 7. Wyniki pomiarów biometrycznych i indeks kondycji ryb ocenianych gatunków w zależności od sezonu pozyskania

Wyszczególnienie	Karp		Pstrąg tęczowy		Szczupak		Amur biały		Lin	
	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy
Masa całkowita (g)	1022,4*	1182,5*	409,8*	469,8*	1196,4**	842,4**	1243,1	1199,8	476,1	435,9
Długość (cm)										
całkowita	39,7	40,6	34,1	35,1	56,3*	51,9*	46,5	48,2	32,7	32,4
ciała	32,0	33,2	29,3	30,3	47,7	44,5	38,6	40,8	26,4	26,2
boczna głowy	9,7	9,5	6,5	6,8	14,9*	13,4*	8,7	9,0	6,6	6,0
przedgrzbietowa	15,3	16,4	14,3	14,6	36,2	33,8	20,6	20,8	14,4	14,1
zagrzbietowa	5,1	4,9	11,0	11,4	4,9	5,3	14,5	15,8	7,7	7,8
trzonu ogonowego	4,0	4,4	3,6	4,3	4,3	4,4	4,6	4,9	3,5	3,6
Wysokość (cm)										
głowy	6,2	6,5	3,6**	4,2**	5,4*	4,8*	5,5	5,5	4,3	4,3
największa ciała	12,3**	13,2**	6,9**	7,6**	8,1	7,5	9,6	9,2	7,8	7,4
najmniejsza ciała	4,7	4,8	2,9	2,9	3,1	2,9	4,3	4,5	3,9	3,7
Szerokość ciała (cm)	5,2	5,0	3,5*	3,6*	4,8	4,6	5,8	5,8	4,6	3,8
Indeks kondycji	1,6	1,8	1,0	1,1	0,7**	0,6**	1,2**	1,0**	1,3*	1,2*

Średnie w wierszach w obrębie gatunku oznaczone symbolem \* różnią się istotnie: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$

Tabela 8. Udział poszczególnych części ciała w masie tuszy ryb ocenianych gatunków w zależności od sezonu pozyskania

Wyszczególnienie	Karp		Pstrąg tęczowy		Szczupak		Amur biały		Lin	
	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy
Głowa (%)	25,7	25,3	16,7	16,6	19,6**	22,2**	19,0**	21,2**	20,3*	22,1*
Wnętrzości (%)	11,9	12,1	9,5**	11,8**	10,4	12,0	12,7**	10,0**	8,0	6,9
Płetwy (%)	5,1**	3,9**	4,4**	3,0**	4,0	3,5	3,1	2,98	6,2	6,7
Szkielet (%)	14,0	13,9	11,3	11,0	9,0	8,9	12,0	13,4	14,3	15,5
Skóra (%)	9,4	8,6	8,9	9,1	9,3	10,4	11,3	11,6	14,9	14,1
Filet (%)	20,2	21,1	27,3	26,8	27,9	25,8	26,5	25,6	24,4	22,6
Mięso (%)	30,6*	33,5*	45,5	44,2	46,2**	40,2**	41,0**	38,2**	33,1	32,1

Średnie w wierszach w obrębie gatunku oznaczone symbolem \* różnią się istotnie: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$

Tabela 9. Wyniki oznaczeń 24 godz. post mortem parametrów fizykochemicznych tkanki mięśniowej ryb ocenianych gatunków w zależności od sezonu pozyskania

Wyszczególnienie	Karp		Pstrąg tęczowy		Szczupak		Amur biały		Lin	
	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy
pH	7,02	6,82	6,71*	6,60*	6,60	6,79	6,82	6,78	6,64**	7,06**
EC(mS/cm)	1,6	1,4	4,0**	5,2**	2,7**	1,6**	1,7	1,8	2,2**	1,4**
WHC	48,1	39,9	55,5	59,6	38,6	48,7	45,3*	36,0*	35,2**	23,9**
CIE										
L*	51,16	53,02	52,18	53,21	53,80	53,45	52,23	51,90	51,62	53,43
a*	14,49	14,86	13,78	14,71	8,40**	10,78**	11,85	11,03	11,19	9,99
b*	-0,82**	2,27**	6,10*	3,68*	2,87	2,51	0,01	-0,97	-1,36	-1,50

Średnie w wierszach w obrębie gatunku oznaczone symbolem \* różnią się istotnie: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$

*Tabela 10. Podstawowy skład chemiczny oraz wartość kaloryczna i wskaźnik jakości żywieniowej białka i tłuszczu tkanki mięśniowej ryb ocenianych gatunków w zależności od sezonu pozyskania*

Wyszczególnienie	Karp		Pstrąg tęczowy		Szczupak		Amur biały		Lin	
	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy
<b>Woda (%)</b>	74,60	75,90	74,29	73,33	77,92	77,26	74,39	75,13	77,00	78,51
<b>Popiół (%)</b>	1,11	1,11	1,38	1,52	1,39**	1,73**	1,27**	1,58**	1,31**	1,71**
<b>Białko (%)</b>	18,65**	17,51**	20,36	20,25	20,09	19,92	18,09	19,01	17,44	18,62
<b>Tłuszcz (%)</b>	5,47	5,37	3,80	4,82	0,59	1,02	5,97	4,09	4,15	0,97
<b>Energia netto</b>										
<b>(kJ/100g)</b>	518	495	484	521	359	372	528	472	448	344
<b>(kcal/100g)</b>	124	118	116	124	86	89	126	113	107	82
<b>NQI</b>										
<b>białko</b>	6,7	6,1	7,3*	6,6 <sup>a*</sup>	9,4	9,0	6,0*	6,9*	7,4*	9,1*
<b>tłuszcz</b>	1,1	1,2	0,9*	1,1*	0,2	0,3	1,3*	1,0*	0,9*	0,3*

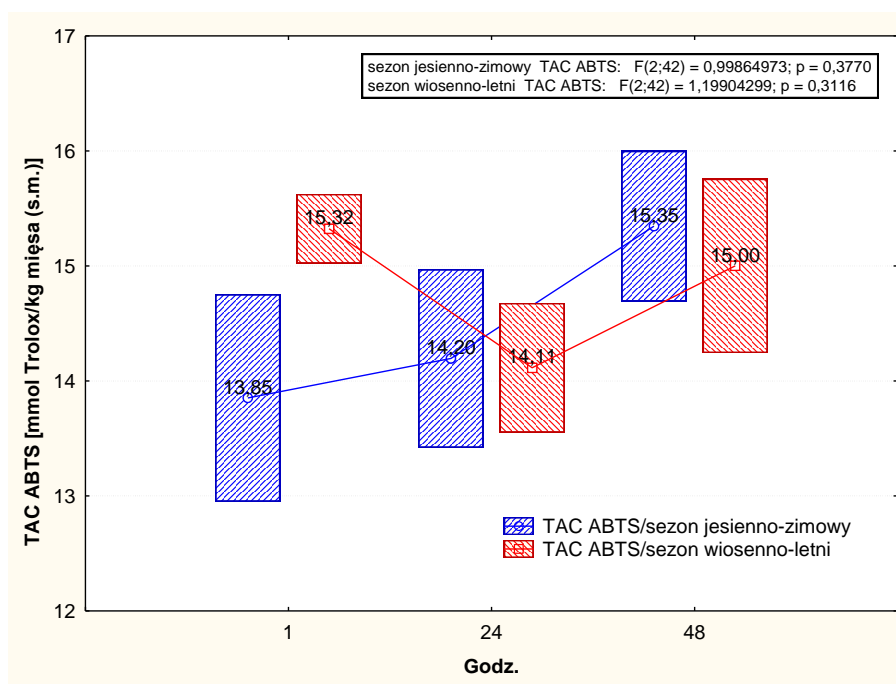
*Średnie w wierszach w obrębie gatunku oznaczone symbolem \* różnią się istotnie: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$*

*Tabela 11. Profil [% sumy KT], wybrane proporcje i indeksy kwasów tłuszczowych w tłuszczu tkanki mięśniowej ryb ocenianych gatunków w zależności od sezonu pozyskania*

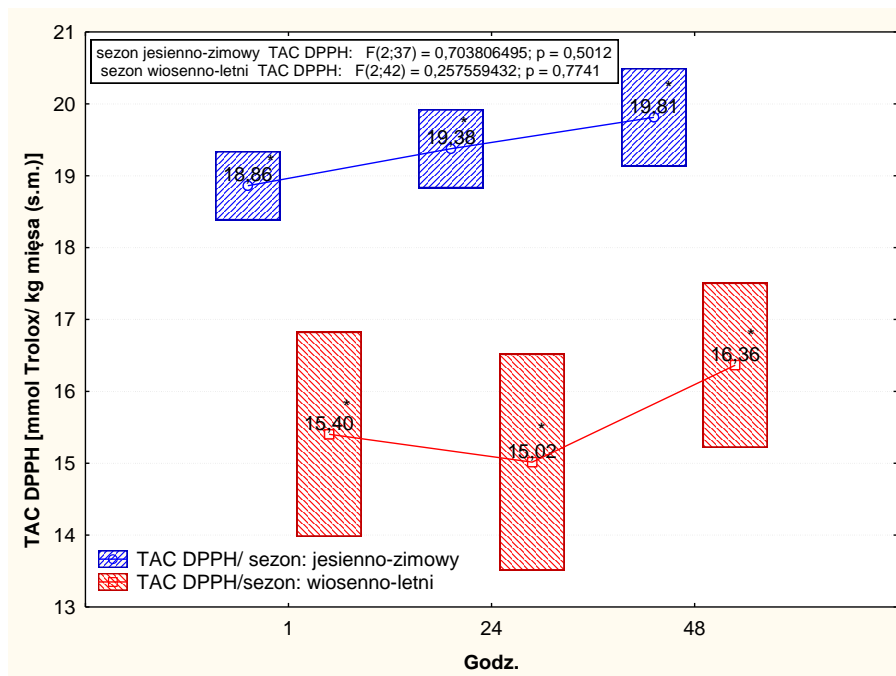
Wyszczególnienie	Karp		Pstrąg tęczowy		Szczupak		Amur biały		Lin	
	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy	wiosenno-letni	jesiennozimowy
<b>SFA</b>	28,18	27,30	27,15**	21,86**	28,10	28,25	29,62	29,53	27,76	29,75
<b>BCFA</b>	0,81	0,88	0,37	0,36	1,36**	1,89**	0,65**	1,25**	2,02	2,38
<b>UFA</b>	71,00	71,80	72,48**	77,76**	70,54	69,83	69,71	69,20	70,20	67,83
<b>MUFA</b>	54,60	53,13	50,33**	44,06**	41,37*	37,53*	51,63**	48,09**	40,58	39,65
<b>PUFA</b>	16,40	18,67	22,15**	33,70**	29,17	32,30	18,08**	21,11**	29,62	28,17
<b>PUFA/SFA</b>	0,62	0,70	1,06**	1,55**	1,08	1,15	0,61**	0,72**	1,10	0,99
<b>n-3</b>	5,93	6,42	9,06**	15,52**	15,36	17,00	4,54**	6,54**	14,68*	12,06*
<b>n-6</b>	9,37*	11,15*	11,88**	16,21**	12,40	13,62	12,68	13,46	13,23	14,39
<b>n-3/n-6</b>	0,72	0,57	0,84	1,01	1,25	1,29	0,36**	0,49**	1,13**	0,85**
<b>n-6/n-3</b>	1,89	2,22	1,43	1,22	0,85	0,84	3,03**	2,19**	0,95*	1,21*
<b>LC-PUFA</b>	4,81	5,20	8,02**	12,13**	12,94*	16,25*	5,85*	6,79*	12,80	13,15
<b>n-3 LC-PUFA</b>	3,02	3,42	6,55**	10,16**	9,84	11,87	2,19**	3,42**	8,81	7,91
<b>n-6 LC-PUFA</b>	1,79	1,77	1,47*	1,97*	3,11**	4,38**	3,65	3,37	3,99	5,24
<b>n-3 LC-PUFA / n-6 LC-PUFA</b>	2,64	1,88	5,78	5,74	3,30	2,84	0,60**	1,09**	2,71	1,75

<b>n-6 LC-PUFA / n-3 LC-PUFA</b>	0,62	0,63	0,23	0,24	0,35	0,39	1,76**	1,03**	0,46*	0,68*
<b>EPA</b>	1,06	1,39	1,28**	2,97**	2,57	2,76	0,39**	1,01**	3,38**	2,54**
<b>DPA</b>	0,43	0,46	0,45**	0,93**	1,01*	1,23*	0,43**	0,64**	1,13	1,36
<b>DHA</b>	1,25	1,34	3,64*	5,44*	5,86	7,39	1,15	1,44	3,65	3,38
<b>Indeksy</b>										
<b>AI</b>	0,39	0,36	0,49*	0,36*	0,42	0,41	0,46	0,45	0,43	0,42
<b>TI</b>	0,58	0,53	0,54**	0,28**	0,38	0,34	0,63**	0,56**	0,37	0,44
<b>S/P</b>	0,39	0,37	0,38**	0,27**	0,39	0,38	0,42	0,41	0,38	0,41
<b>NV</b>	0,47	0,45	0,48	0,40	0,68	0,75	0,62	0,63	0,79	0,70
<b>h/H</b>	2,68	2,66	3,15	3,53	2,43	2,39	1,96	2,01	2,26	2,37

Średnie w wierszach w obrębie gatunku oznaczone symbolem \* różnią się istotnie: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$

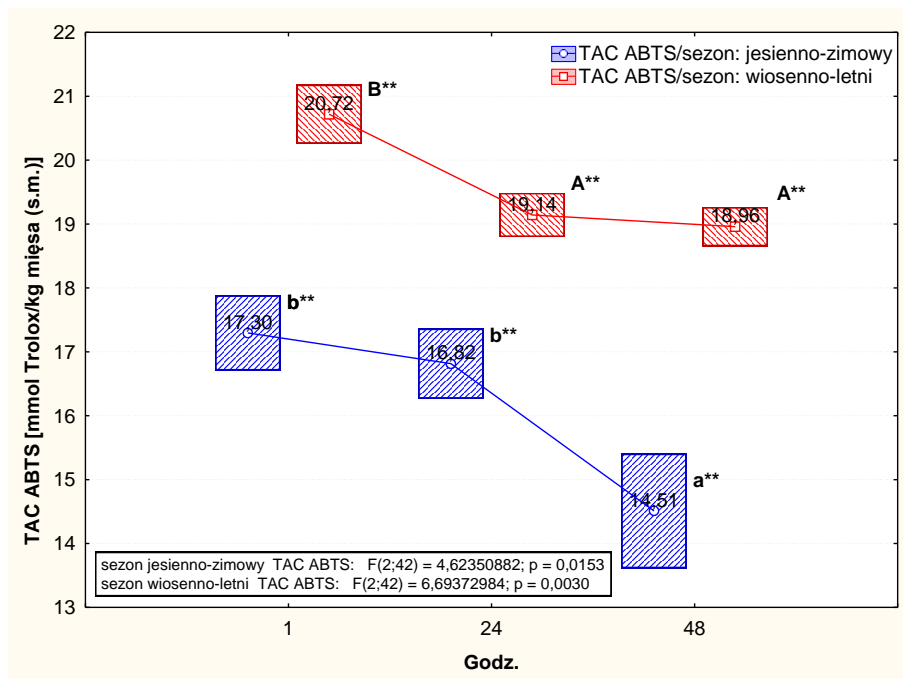


Wykres 1. Wpływ przechowywania chłodniczego na całkowitą zdolność antyoksydacyjną ( $TAC_{ABTS}$ ) w mięsie pstrąga tęczowego z uwzględnieniem sezonu pozyskania



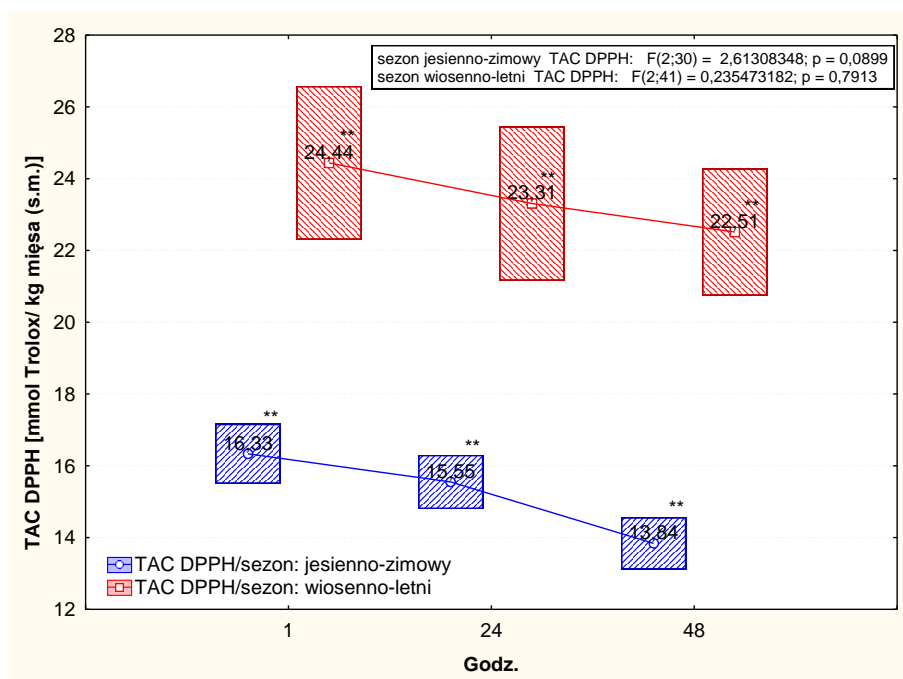
Wykres 2. Wpływ przechowywania chłodniczego na całkowitą zdolność antyoksydacyjną ( $TAC_{DPPH}$ ) w mięsie pstrąga tęczowego z uwzględnieniem sezonu pozyskania

Istotne różnice pomiędzy sezonami: \* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$



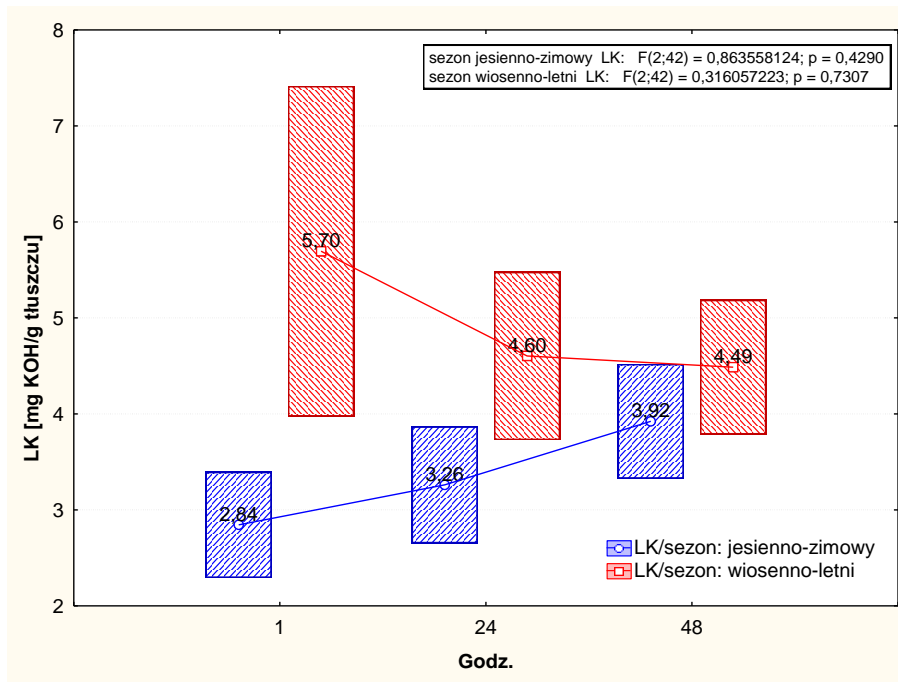
**Wykres 3. Wpływ przechowywania chłodniczego na całkowitą zdolność antyoksydacyjną ( $TAC_{ABTS}$ ) w mięsie karpia z uwzględnieniem sezonu pozyskania**

Istotne różnice pomiędzy sezonami: \* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$ ; średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: a,b –  $P \leq 0,05$ ; A,B –  $P \leq 0,01$

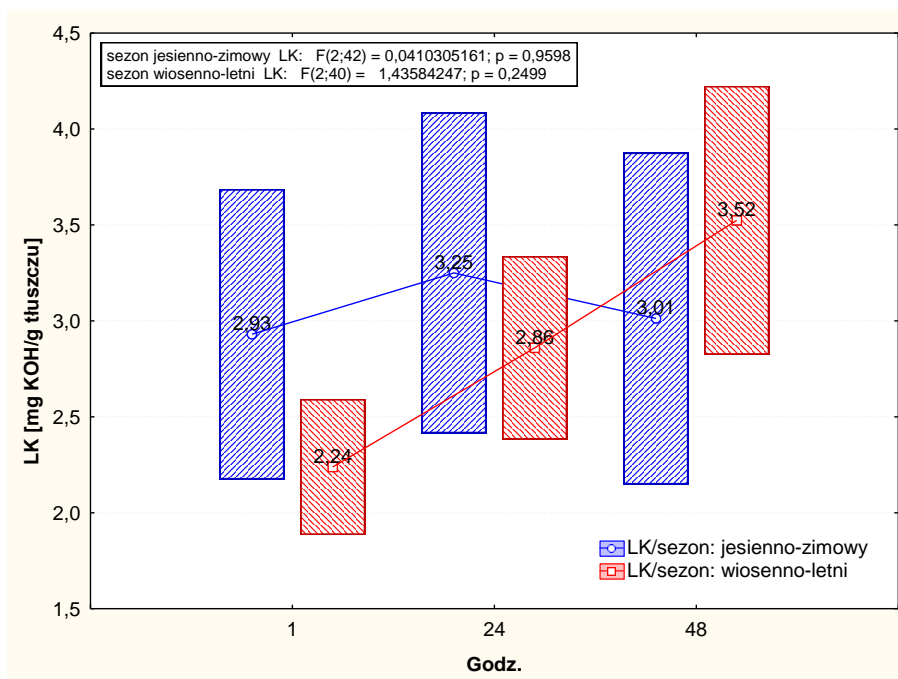


**Wykres 4. Wpływ przechowywania chłodniczego na całkowitą zdolność antyoksydacyjną ( $TAC_{DPPH}$ ) w mięsie karpia z uwzględnieniem sezonu pozyskania**

Istotne różnice pomiędzy sezonami: \* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$

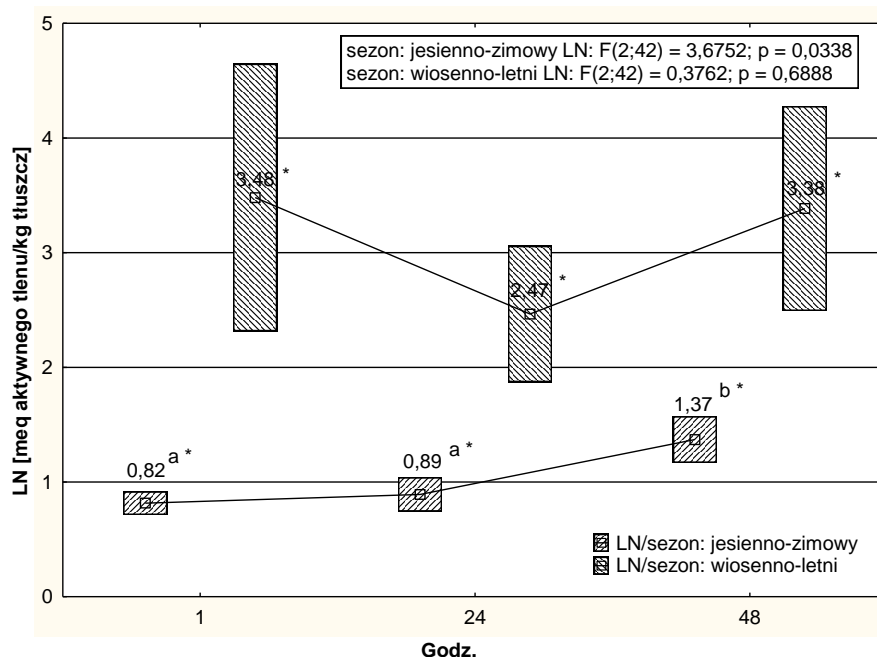


Wykres 5. Wpływ przechowywania chłodniczego na liczbę kwasową (LK) w mięsie pstręgi z uwzględnieniem sezonu pozyskania



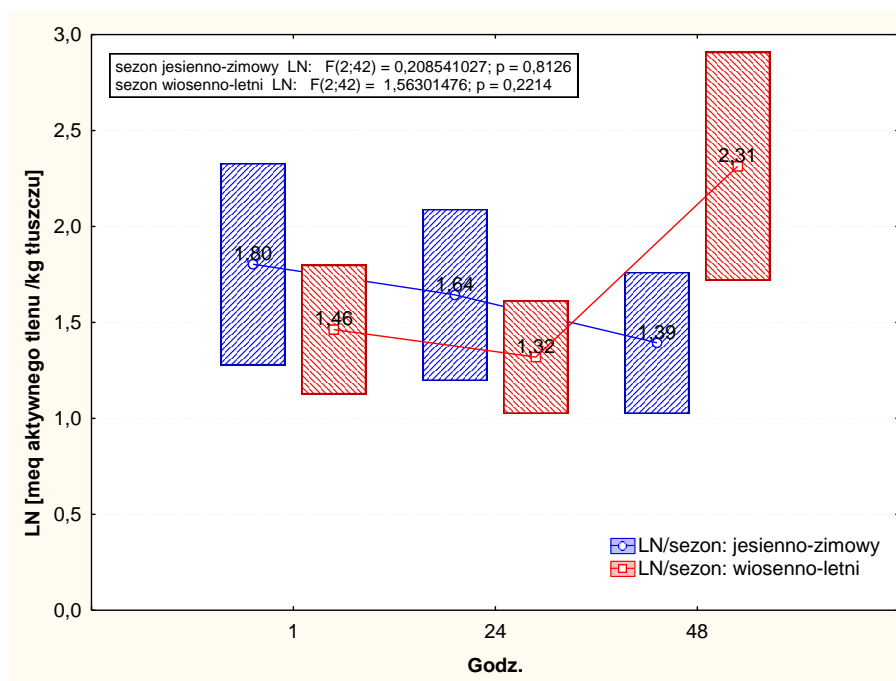
Wykres 6. Wpływ przechowywania chłodniczego na liczbę kwasową (LK) w mięsie karpia z uwzględnieniem sezonu pozyskania



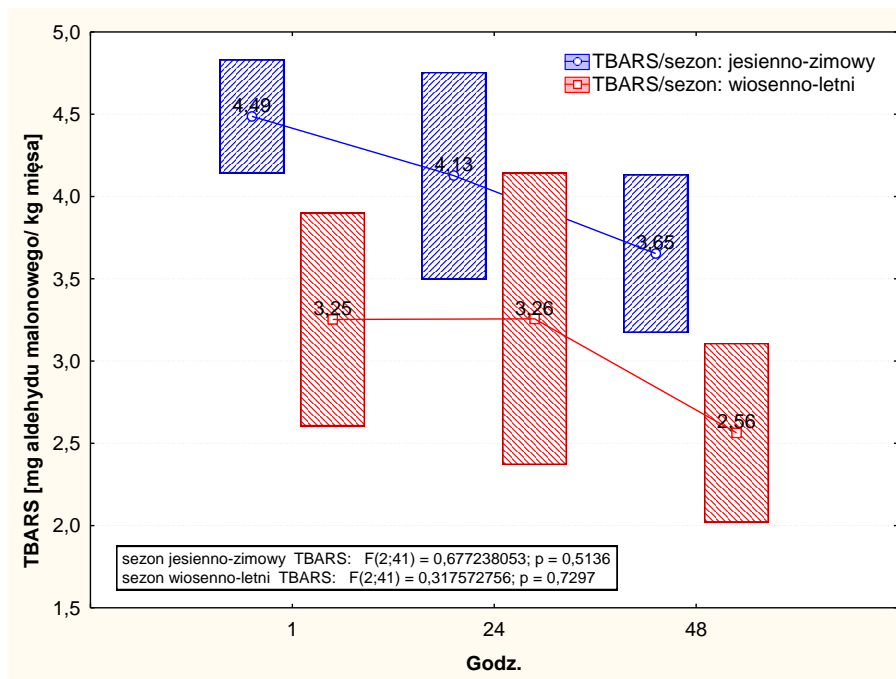


**Wykres 7. Wpływ przechowywania chłodniczego na liczbę nadtlenu (LN) w mięsie pstręgi tęczowej z uwzględnieniem sezonu pozyskania**

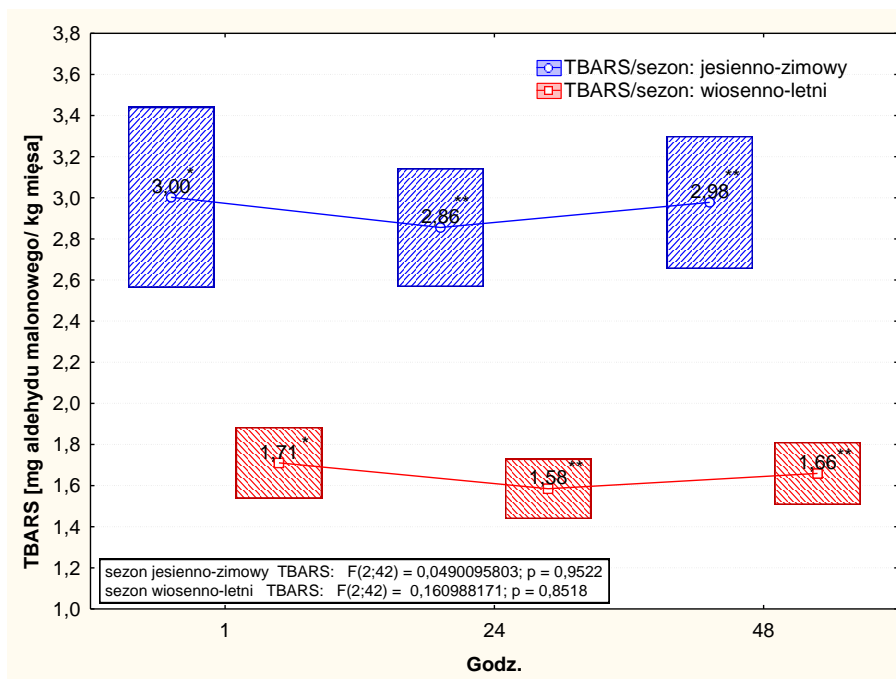
Istotne różnice pomiędzy sezonami: \* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$ ; średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: a,b –  $P \leq 0,05$ ; A,B –  $P \leq 0,01$



**Wykres 8 Wpływ przechowywania chłodniczego na liczbę nadtlenu (LN) w mięsie karpia z uwzględnieniem sezonu pozyskania**



Wykres 9. Wpływ przechowywania chłodniczego na wartość TBARS w mięsie pstrąga tęczowego z uwzględnieniem sezonu pozyskania



Wykres 10. Wpływ przechowywania chłodniczego na wartość TBARS w mięsie karpia z uwzględnieniem sezonu pozyskania

Istotne różnice pomiędzy sezonami: \* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$

**Tabela 12. Zawartość kwasów tłuszczowych w 100 g tkanki mięśniowej karpia w zależności od gospodarstwa rybackiego i sezonu pozyskania [mg · 100 g<sup>-1</sup> ryby]**

Gospodarstwo (G)	A		B		C		SEM	G	S	G*S
Sezon (S)	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy				
Tłuszcz (%)	13,0	16,4	5,5	3,9	4,2	8,3	1,11	***	ns	ns
<i>Grupy</i>										
SFA	2950	3369	1285	923	1153	2207	236,5	***	ns	ns
BCFA	57	83	21	30	56	73	6,5	**	ns	ns
MUFA	7608	8131	3116	1891	2297	4325	614,7	***	ns	ns
PUFA	1338 <sup>b</sup>	3572 <sup>c</sup>	574 <sup>a</sup>	624 <sup>ab</sup>	673 <sup>ab</sup>	1038 <sup>ab</sup>	217,4	***	**	**
TFA	66	109	37	29	40	64	6,8	***	ns	ns
n-3	207 <sup>a</sup>	1650 <sup>b</sup>	99 <sup>a</sup>	169 <sup>a</sup>	239 <sup>a</sup>	298 <sup>a</sup>	108,7	***	***	***
n-6	1075	1776	451	430	404	68,9	107,8	***	*	ns
LC-PUFA	238 <sup>a</sup>	1337 <sup>b</sup>	116 <sup>a</sup>	169 <sup>a</sup>	215 <sup>a</sup>	294 <sup>a</sup>	87,4	***	***	***
n-3 LC-PUFA	94 <sup>a</sup>	985 <sup>b</sup>	49 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	137 <sup>a</sup>	159 <sup>a</sup>	66,8	***	***	***
n-6 LC-PUFA	138 <sup>a</sup>	351 <sup>b</sup>	65 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>	133 <sup>a</sup>	94,7	***	**	**
Σ FA	11962 <sup>c</sup>	15181 <sup>d</sup>	5013 <sup>ab</sup>	3467 <sup>a</sup>	4784 <sup>a</sup>	7635 <sup>b</sup>	597,3	***	ns	*
<i>wybrane kwasy n-3 LC-PUFA</i>										
EPA	40 <sup>abc</sup>	340 <sup>d</sup>	17 <sup>a</sup>	30 <sup>ab</sup>	56 <sup>bc</sup>	71 <sup>c</sup>	12,8	***	***	***
DPA	11 <sup>a</sup>	129 <sup>c</sup>	5 <sup>a</sup>	12 <sup>ab</sup>	19 <sup>ab</sup>	21 <sup>b</sup>	5,1	***	***	***
DHA	26 <sup>a</sup>	440 <sup>b</sup>	19 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	17,9	***	***	***

\* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$ , \*\*\* –  $P \leq 0,001$ , ns – nie stwierdzono; średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: a-d –  $P \leq 0,05$ ; A-D –  $P \leq 0,01$

**Tabela 13. Zawartość kwasów tłuszczowych w 100 g tkanki mięśniowej pstrągów tęczowych w zależności od gospodarstwa rybackiego i sezonu pozyskania [mg · 100 g<sup>-1</sup> ryby]**

Gospodarstwo (G)	A		B		D		SEM	G	S	G*S
	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy	wiosenno-letni	jesiennie-zimowy				
<b>Tłuszcz (%)</b>	5,0 <sup>ab</sup>	7,9 <sup>b</sup>	2,0 <sup>a</sup>	7,3 <sup>b</sup>	2,2 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	0,51	***	***	*
<b>Grupy</b>										
<b>SFA</b>	854 <sup>b</sup>	1553 <sup>c</sup>	251 <sup>a</sup>	1443 <sup>c</sup>	451 <sup>ab</sup>	642 <sup>ab</sup>	104,3	***	***	**
<b>BCFA</b>	11 <sup>a</sup>	30 <sup>c</sup>	6 <sup>a</sup>	18 <sup>b</sup>	7 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	1,8	***	***	**
<b>MUFA</b>	2016 <sup>b</sup>	2860 <sup>b</sup>	928 <sup>a</sup>	3041 <sup>c</sup>	874 <sup>a</sup>	1251 <sup>ab</sup>	197,7	***	***	*
<b>PUFA</b>	1620 <sup>b</sup>	2760 <sup>c</sup>	549 <sup>a</sup>	2168 <sup>b</sup>	536 <sup>a</sup>	649 <sup>a</sup>	177,6	***	***	**
<b>TFA</b>	26	54	5	41	14	27	3,8	**	***	ns
<b>n-3</b>	697 <sup>b</sup>	1307 <sup>c</sup>	251 <sup>a</sup>	804 <sup>b</sup>	158 <sup>a</sup>	158 <sup>a</sup>	82,5	***	***	***
<b>n-6</b>	879 <sup>b</sup>	1383 <sup>c</sup>	282 <sup>a</sup>	1307 <sup>c</sup>	363 <sup>a</sup>	476 <sup>a</sup>	93,9	***	***	**
<b>LC-PUFA</b>	409 <sup>b</sup>	1145 <sup>d</sup>	197 <sup>a</sup>	653 <sup>c</sup>	166 <sup>a</sup>	191 <sup>a</sup>	69,3	***	***	***
<b>n-3 LC-PUFA</b>	328 <sup>b</sup>	936 <sup>d</sup>	169 <sup>a</sup>	502 <sup>c</sup>	118 <sup>a</sup>	115 <sup>a</sup>	56,8	***	***	***
<b>n-6 LC-PUFA</b>	80,0 <sup>b</sup>	207 <sup>d</sup>	27 <sup>a</sup>	149 <sup>c</sup>	46 <sup>a</sup>	75 <sup>a</sup>	13,2	***	***	**
<b>Σ FA</b>	4517 <sup>b</sup>	7227 <sup>c</sup>	1733 <sup>a</sup>	6693 <sup>c</sup>	1874 <sup>a</sup>	2569 <sup>a</sup>	476,6	***	***	**
<b>kwaszy n-3 LC-PUFA</b>										
<b>EPA</b>	95 <sup>b</sup>	255 <sup>d</sup>	31 <sup>a</sup>	133 <sup>c</sup>	17 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	16,6	***	***	***
<b>DPA</b>	27 <sup>b</sup>	68 <sup>d</sup>	11 <sup>a</sup>	38 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	4,2	***	***	***
<b>DHA</b>	179 <sup>b</sup>	568 <sup>d</sup>	103 <sup>a</sup>	295 <sup>c</sup>	75 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>	34,0	***	***	***

\* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$ , \*\*\* –  $P \leq 0,001$ , ns – nie stwierdzono; średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: a, b, c, d –  $P \leq 0,05$ ; A, B, C, D –  $P \leq 0,01$

Tabela 14. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrami jakości lipidów a zawartością kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej karpia

	TAC <sub>ABTS</sub>	TAC <sub>DPPH</sub>	LK	LN	TBARS
<i>Grupy</i>					
SFA	-0,377***	0,116	-0,695***	-0,653***	0,521***
BCFA	-0,308**	-0,152	-0,550***	-0,499***	0,567***
UFA	-0,340**	0,107	-0,659***	-0,640***	0,451***
MUFA	-0,316**	0,199	-0,666***	-0,643***	0,420***
PUFA	-0,347**	-0,163	-0,526***	-0,519***	0,457***
TFA	-0,370***	-0,068	-0,697***	-0,627***	0,532***
n-3	-0,314**	-0,313**	-0,415***	-0,400***	0,424***
n-6	-0,354**	0,004	-0,600***	-0,602***	0,455***
LC-PUFA	-0,329**	-0,293**	-0,436***	-0,422***	0,438***
n-3 LC-PUFA	-0,308**	-0,325**	-0,395***	-0,382***	0,409***
n-6 LC-PUFA	-0,377***	-0,194	-0,538***	-0,518***	0,507***
Σ FA	-0,351**	0,109	-0,672***	-0,647***	0,470***
<i>Proporcje</i>					
EPA	-0,323**	-0,324**	-0,429***	-0,408***	0,465***
DPA	-0,310**	-0,333**	-0,386***	-0,372***	0,421***
DHA	-0,282*	-0,319**	-0,350**	-0,346**	0,339**

\* –  $P \leq 0,05$ , \*\* –  $P \leq 0,01$ , \*\*\* –  $P \leq 0,001$

Tabela 15. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrami jakości lipidów a zawartością kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej pstrągów tęczowych

	TAC <sub>ABTS</sub>	TAC <sub>DPPH</sub>	LK	LN	TBARS
<i>Grupy</i>					
SFA	<b>-0,410***</b>	0,206	<b>-0,587***</b>	<b>-0,510***</b>	<b>0,336**</b>
BCFA	<b>-0,414***</b>	0,155	<b>-0,514***</b>	<b>-0,432***</b>	<b>0,222*</b>
UFA	<b>-0,394***</b>	0,051	<b>-0,600***</b>	<b>-0,475***</b>	<b>0,309**</b>
MUFA	<b>-0,346***</b>	0,056	<b>-0,599***</b>	<b>-0,480***</b>	<b>0,333**</b>
PUFA	<b>-0,438***</b>	0,043	<b>-0,587***</b>	<b>-0,458***</b>	<b>0,276*</b>
TFA	<b>-0,364***</b>	<b>0,279*</b>	<b>-0,550***</b>	<b>-0,493***</b>	<b>0,352***</b>
n-3	<b>-0,448***</b>	-0,029	<b>-0,547***</b>	<b>-0,402***</b>	0,205
n-6	<b>-0,413***</b>	0,107	<b>-0,601***</b>	<b>-0,492***</b>	<b>0,330**</b>
LC-PUFA	<b>-0,455***</b>	0,072	<b>-0,505***</b>	<b>-0,398***</b>	0,180
n-3 LC-PUFA	<b>-0,456***</b>	0,034	<b>-0,489***</b>	<b>-0,374***</b>	0,151
n-6 LC-PUFA	<b>-0,418***</b>	<b>0,226*</b>	<b>-0,539***</b>	<b>-0,474***</b>	<b>0,293**</b>
Σ FA	<b>-0,399***</b>	0,087	<b>-0,599***</b>	<b>-0,485***</b>	<b>0,317**</b>
<i>kwasy n-3 LC-PUFA</i>					
EPA	<b>-0,458***</b>	0,015	<b>-0,486***</b>	<b>-0,368***</b>	0,136
DPA	<b>-0,468***</b>	0,025	<b>-0,505***</b>	<b>-0,381***</b>	0,183
DHA	<b>-0,455***</b>	0,059	<b>-0,477***</b>	<b>-0,371***</b>	0,153

\* – P≤0,05, \*\* – P≤0,01, \*\*\* – P≤0,001