Jakość pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) z technologii stosowanych w Polsce

Testowanie technologii produkcji pstrąga stosowanych w Polsce w świetle Rozporządzenia Komisji (WE) Nr 710/2009

Redakcja naukowa:
Józefa Szarka,
Krystyny A. Skibniewskiej,
Janusza Zakrzewskiego,
Janusza Guziura

ISBN 978-83-62863-60-0

Jakość pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) z technologii stosowanych w Polsce

Redakcja naukowa
Józef Szarek, Krystyna A. Skibniewska, Janusz Zakrzewski, Janusz Guziur

Autorzy projektu badawczego składają podziękowanie hodowcom
wytypowanych do badań gospodarstw rybackich
za udostępnienie wyników produkcyjno-hodowlanych
i wydatną pomoc w zorganizowaniu pobierania ryb do badań.

© Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn 2003

Wydanie materiałów informacyjno promocyjnych w ramach projektu Programu Operacyjnego
„Zrównoważony rozwój sektora rybołówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich 2007–2013"
współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej.

Egzemplarz bezpłatny

Jakość pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) z technologii stosowanych w Polsce

Testowanie technologii produkcji pstrąga stosowanych w Polsce
w świetle Rozporządzenia Komisji
(WE) Nr 710/2009

Autorzy
Józef Szarek (UWM w Olsztynie), Krystyna A. Skibniewska (UWM w Olsztynie), Janusz Guziur (UWM w Olsztynie), Krzysztof Goryczko (IRS w Olsztynie, ZHRŁ w Rutkach), Andrzej Siwicki (UWM w Olsztynie), Józef Koc (UWM w Olsztynie), Stefan Dobosz (IRS w Olsztynie, ZHRŁ w Rutkach), Izabella Babińska (UWM w Olsztynie), Beata Szynaka (UM w Białymstoku), Anna Andrzejewska (UM w Białymstoku), Janusz Zakrzewski (UWM w Olsztynie), Anna Wiśniewska (UWM w Olsztynie), Emilia Strzyżewska (UWM w Olsztynie), Magdalena Szweda (UWM w Olsztynie), Joanna Wojtacka (UWM w Olsztynie), Marcin Sidoruk (UWM w Olsztynie), Krzysztof Wąsowicz (UWM w Olsztynie), Elżbieta Terech-Majewska (UWM w Olsztynie), Henryk Białowąs (PAN ZIiGR Gołysz), Jan Kłobukowski (UWM w Olsztynie), Ewa Siemianowska (UWM w Olsztynie), Małgorzata Warechowska (UWM w Olsztynie), Katarzyna Wojtkowiak (UWM w Olsztynie), Joanna Łuczyńska (UWM w Olsztynie), Maria Dymkowska-Malesa (UWM w Olsztynie), Magdalena Szweda (UWM w Olsztynie), Krystyna Dublan (UWM w Olsztynie), Agnieszka Barszcz (UWM w Olsztynie), Jan Miciński (UWM w Olsztynie)

Recenzent
dr hab. Wojciech Bielecki

Przygotowanie materiałów do druku
Zespół Pracowni Wydawniczej „ElSet":
Zdzisław Skóra (projekt okładki)
Jakub Kozioł (skład i łamanie)
Anna Westfeld (redakcja wydawnicza)

Wydawca
Pracownia Wydawnicza „ElSet", Olsztyn 2013

ISBN 978-83-62863-60-0

Spis treści

Wstęp 9

1. Historia chowu pstrąga tęczowego 11
1.1. Biologia pstrąga tęczowego 11
1.1.1. Cechy taksononomiczne 11
1.1.2. Ubarwienie 11
1.1.3. Cechy przeliczalne 11
1.1.4. Rozród 11
1.1.5. Pokarm i odżywianie 12
1.1.6. Wzrost 12
1.2. Pochodzenie gatunku 13
1.3. Zasięg występowania 13
1.4. Światowa historia introdukcji pstrąga tęczowego 13
1.5. Okres lat 30. i 40. XX w. w rozwoju pstrągarstwa w Polsce 15
1.6. Okres po drugiej wojnie światowej 16
1.7. Współcześni prekursorzy 16

2. Znaczenie „mięsa" pstrąga w diecie człowieka 19
2.1. Charakterystyka tłuszczu pstrąga 19
2.2. Charakterystyka białka pstrąga 20
2.3. Inne zalety „mięsa" pstrąga 22
2.4. Podsumowanie 22

3. Wskaźniki hodowlane i biometryczne pstrąga 23
3.1. Metodyka badań 23
3.2. Wyniki badań wstępnych 23
3.2.1. Wyniki analizy danych zebranych w trakcie badania wstępnego 25
3.2.2. Podsumowanie badań wstępnych 27
3.3. Wyniki badań z wiosennego sezonu badawczego 27
3.3.1. Podsumowanie analiz 33
3.4. Wyniki badań z jesiennego sezonu badawczego 34
3.5. Wstępne podsumowanie badań 41
3.6. Podsumowanie i wnioski 44

4. Skład chemiczny tkanki mięśniowej pstrągów ... 47
4.1. Wstęp ... 47
4.2 Materiał i metody ... 48
4.3 Wyniki ... 48
4.3.1. Zawartość suchej masy ... 48
4.3.2. Zawartość popiołu ... 49
4.3.3. Zawartość białka ... 50
4.3.4. Zawartość tłuszczu ogółem ... 51
4.3.5. Profil kwasów tłuszczowych ... 53
4.3.6. Zawartość metali ciężkich ... 54
4.4. Podsumowanie ... 55

5. Wartość konsumencka pstrąga ... 57
5.1. Wstęp ... 57
5.2. Materiał i metody ... 58
5.2.1. Powołanie zespołu oceniającego ... 58
5.2.2. Materiał ... 58
5.2.3. Przygotowanie materiału do oceny ... 58
5.2.4. Metody oceny sensorycznej ... 58
5.2.5. Wyróżniki poddane ocenie ... 58
5.3. Barwa ... 59
5.3.1. Barwa – pobrania wiosenne ... 59
5.3.2. Barwa – pobrania jesienne ... 59
5.3.3. Barwa – wszystkie pobrania, porównanie technologii ... 59
5.3.4. Barwa – podsumowanie ... 60
5.4. Zapach ... 61
5.5.1. Zapach – pobrania wiosenne ... 61
5.5.2. Zapach – pobrania jesienne ... 61
5.5.3. Zapach – wszystkie pobrania, porównanie technologii ... 62
5.5.4. Zapach – podsumowanie ... 62
5.5. Tekstura ... 62
5.5.1. Tekstura – pobrania wiosenne ... 62
5.5.2. Tekstura – pobrania jesienne ... 63
5.5.3 Tekstura – wszystkie pobrania, porównanie technologii ... 63
5.5.4. Tekstura – podsumowanie ... 64
5.6. Soczystość ... 64
5.6.1. Soczystość – pobrania wiosenne ... 64
5.6.2. Soczystość – pobrania jesienne ... 64
5.6.3. Soczystość – wszystkie pobrania, porównanie technologii ... 65
5.6.4. Soczystość – podsumowanie ... 65
5.7. Smak ... 65
5.7.1. Smak – pobory wiosenne ... 65
5.7.2. Smak – pobory jesienne ... 66
5.7.3. Smak – wszystkie pobrania, porównanie technologii ... 66
5.7.4. Smak – podsumowanie ... 67
5.8. Ocena ogólna subiektywna (OOS) i ocena obliczona z wyróżników (OZW) ... 67
5.8.1. OOS I OZW – pobory wiosenne ... 67
5.8.2. OOS i OZW – pobory jesienne ... 68
5.8.3. OOS i OZW – wszystkie pobrania, porównanie technologii ... 68
5.8.4. OOS i OZW – podsumowanie ... 68
5.9. Wnioski ... 69

6. Mikrobiologiczna i immunologiczna ocena pstrąga tęczowego pochodzącego z technologii stosowanych w Polsce ... 71
6.1. Badanie kliniczne ... 71
6.2. Badanie bakteriologiczne ... 72
6.3. Badanie wirusologiczne ... 74
6.4. Badanie immunologiczne ... 75

7. Ocena makroskopowa i analiza mikroskopowa wątroby, śledziony i nerek pstrąga tęczowego ... 83
7.1. Wstęp ... 83
7.2. Badania morfologiczne narzędziem w ocenie wpływu technologii chowu pstrąga tęczowego na jakość tych ryb ... 83
7.3. Materiał i metody ... 84
7.4. Wyniki badań ... 84
7.4.1. Wyniki badań makroskopowych ... 84
7.4.2. Wyniki badań mikroskopowych i histochemicznych ... 87
7.4.2.1. Badanie mikroskopowe wątroby ... 87
7.4.2.2. Badanie histochemiczne wątroby ... 89
7.4.2.3. Badanie mikroskopowe śledziony ... 91
7.4.2.4. Badanie mikroskopowe nerki ... 92
7.4.2.4.1. Badanie mikroskopowe nerki głowowej ... 92
7.4.2.4.2. Badanie mikroskopowe nerki tułowiowej ... 92
7.5. Podsumowanie ... 93

8. Analiza ultrastrukturalna wątroby pstrąga tęczowego ... 95
8.1. Wstęp ... 95
8.2. Materiał i metody ... 95
8.3. Wyniki badań i ich omówienie ... 96
8.4. Badania statystyczne ... 99
8.5. Podsumowanie ... 102

9. Wpływ technologii chowu pstrąga na jakość wód ... 103
9.1. Wstęp ... 103
9.2. Metodyka badań ... 104
9.3. Wskaźniki fizyczne wody w obiektach chowu pstrąga ... 104
9.4. Wskaźniki masy organicznej w wodach obiektów chowu pstrąga ... 108
9.5. Wskaźniki biogenne wody w obiektach chowu pstrąga ... 110
9.6. Zasolenie wód w obiektach chowu pstrąga ... 115
9.7. Metale ciężkie w wodach obiektów chowu pstrąga ... 120
9.8. Wnioski ... 122

10. Praktyczna strona innowacji w technologiach chowu pstrąga ... 123

Piśmiennictwo ... 127

Fotografie ... 135

Wstęp

Chów i hodowla pstrąga tęczowego – to specyficzna gałąź rolnictwa, wymagająca bardzo szerokiego zakresu wiedzy odnośnie samych ryb, jak i środowiska wodnego. Rzetelna wiedza jest w tym przypadku najbardziej istotnym czynnikiem stanowiącym o przyszłym sukcesie. Jedynie na podstawie dobrej znajomości specyfiki technologii chowu, jak i jej końcowego produktu hodowca pstrąga może prowadzić i rozwijać swoje gospodarstwo rybackie. W tym właśnie kierunku zmierza prezentowana interdyscyplinarna baza danych, oparta na naukowej pracy badawczej zlokalizowanej w polskiej rzeczywistości produkcji pstrąga tęczowego.

Istniejące obecnie zapotrzebowanie na wiedzę z zakresu produkcji tego sektora gospodarki wynika z faktu, że akwakultura jest najintensywniej rozwijającą się gałęzią produkcji rolniczej na świecie. Wzrost ten jest w znacznej mierze spowodowany coraz powszechniejszą produkcją ryb łososiowatych. Jest to możliwe z jednej strony w związku z prozdrowotnymi właściwościami mięsa rybiego, a z drugiej prowadzi do tego znaczny potencjał produkcji rolnej. Pstrąg tęczowy znajduje się na drugim miejscu (po omułku śródziemnomorskim) wśród dziesięciu głównych gatunków produkowanych w europejskiej akwakulturze i na pierwszym, jeżeli chodzi o ryby. W Polsce w 2011 r. łączna wielkość sprzedaży wszystkich gatunków pstrągów wielkości konsumpcyjnej przy wysokim wskaźniku sprzedaży, wynoszącym dla pstrąga tęczowego 96,3%, wyniosła 11 663 tony.

Gospodarstwa rybackie produkujące pstrągi zachowują charakter środowiska rzecznego. Podstawowym wymogiem produkcji tych ryb jest silny przepływ chłodnej (maksymalnie do 20°C), dobrze natlenionej (powyżej 6 mg/dm^3) i czystej wody (pierwszej klasy czystości). Obecnie powszechnie stosuje się dwie technologie chowu pstrąga: tzw. otwarte obiekty hodowlane (OOH) z jednokrotnym wykorzystaniem wody oraz z recyrkulacją wody (RAS). Ta druga technologia, wobec ograniczonych zasobów wodnych, jest wdrażana coraz powszechniej. Prezentowane wyniki badań stanowią dla hodowców źródło wiedzy na temat obydwóch technologii chowu pstrąga tęczowego oraz jakości finalnego produktu. Wychodzą też naprzeciw przepisom prawnym, a zwłaszcza Rozporządzeniu Komisji (WE) Nr 710/2009 ustanawiającemu szczegółowe zasady dotyczące ekologicznej produkcji w sektorze akwakultury, zgodnie z którym: „nie zezwala się używania takich systemów [tj. systemu recyrkulacji – przyp. aut.] w produkcji ekologicznej do czasu uzyskania szerszej wiedzy".

Przekazując materiały informacyjno-promocyjne hodowcom pstrągów, zachęcamy do ich studiowania słowami Owidiusza: *„Hoc tibi proderit olim"* – To kiedyś przyniesie Ci korzyść.

Janusz Guziur, Krzysztof Goryczko

1. Historia chowu pstrąga tęczowego

1.1. Biologia pstrąga tęczowego

1.1.1. Cechy taksononomiczne

Pstrągi tęczowe posiadają ciało bocznie ścieśnione. Mają dużą jamę gębową, silnie uzębioną. Tylny brzeg kości szczękowych sięga poza tylną krawędź oka. Łuski są cykloidalne, drobne, podobne do łusek łososia i troci. Ogon jest umiarkowanie wcięty, a u starszych ryb prawie prosty. W stosunku do całkowitej długości ciała ich wysokość wynosi 23,3%, długość głowy 20,6%, a szerokość ciała 10% (Kalal 1972).

1.1.2. Ubarwienie

Grzbiet pstrąga tęczowego jest szaroniebieski z licznymi plamkami, występującymi także na płetwie grzbietowej, ogonowej i tłuszczowej. Wzdłuż linii bocznej biegnie u nich szeroka smuga koloru różowo-czerwonego (tęczowego).

1.1.3. Cechy przeliczalne

U pstrągów tęczowych liczba wyrostków pylorycznych wynosi od 27 do 80. Ryby te mają trzon lemiesza z dwoma szeregami silnych zębów.

Zakres wybranych wartości cech merystycznych pstrąga tęczowego z wód Polski, jezior Eagle (USA) i Verde (Meksyk) zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zakres i średnie wartości cech przeliczalnych pstrąga tęczowego (Brylińska 1986 – w modyfikacji własnej).

Kraj	Autor	Liczba promieni w płetwach				l.l s/i	Sp. branch
		D	A	P	V		
Polska	Gąsowska (1962)	III–IV 10–11	III 10	I 12	I 8	135–150 21 / 20	17
USA (jezioro Eagle)	Needham, Gard (1959)	–	–	–	–	119–125 28–33 / 0	11–12
Meksyk (jezioro Verde)		–	–	–	–	105–109 21–24 / 0	10–11

Uwagi: l.l s/i – liczba łusek nad (s) / pod (i) linią (na)boczną ciała ryby, sp. branch – liczba wyrostków filtracyjnych na łuku skrzelowym ryby.

1.1.4. Rozród

Dojrzałość płciowa pstrągów tęczowych w znacznej mierze uzależniona jest od ich tempa wzrostu. Samice (ikrzyce) osiągają dojrzałość zwykle w wieku 2–4 lat, a samce 1–3 lat. W zasięgu ich naturalnego

występowania, przy zachodnich brzegach Ameryki Północnej, okres rozrodu różnych form pstrągów tęczowych jest dość rozciągnięty w czasie: trwa od grudnia do maja, przy czym większość ryb trze się wiosną.

W warunkach naturalnych pstrąg odbywa rozród w czystych i dobrze natlenionych potokach i częściowo w większych rzekach. Optymalna temperatura dla tarła pstrąga tęczowego mieści się w granicach 5,6–13,0°C, maksymalnie do 16,0°C. Zdaniem zaś niektórych autorów rozród tęczaków możliwy jest nawet w zakresie niższej temperatury: 0,3–12,8°C.

Płodność pstrąga wynosi 900–3000 ziarn ikry, przeciętnie około 1400 ziarn na 1 kg masy ciała samicy. Średnica jaj waha się w zależności od wieku i rozmiarów ryby (masy ciała) w granicach 3,5–6,2 mm.

1.1.5. Pokarm i odżywianie

Pstrąg tęczowy, jako drapieżnik mięsożerny, posiada przewód pokarmowy dostosowany do trawienia białka zwierzęcego, a w niewielkim tylko stopniu białka roślinnego. W wodach naturalnych odżywia się skorupiakami i larwami dorosłych form owadów wodnych. Z wiekiem w jego pokarmie wzrasta udział ryb.

Dzięki licznym badaniom, a zwłaszcza Eastern Fish Nutrition Laboratory (Cortland, NY) dokonano znaczącego postępu w produkcji pasz wysokoenergetycznych i przyjaznych środowisku wodnemu. Zrewolucjonizowało to produkcję i hodowlę pstrąga tęczowego i innych ryb łososiowatych. Aktualnie żywienie ryb łososiowatych paszami granulowanymi stanowi jeden z najważniejszych zabiegów hodowlanych, wymagający dużego doświadczenia hodowcy, który istotnie wpływa na końcowy efekt produkcyjny i ekonomiczny.

1.1.6. Wzrost

Wzrost pstrąga tęczowego ulega wahaniom, które w znacznej mierze są efektem wpływu środowiska. Najszybciej pstrągi (i inne ryby łososiowate) rosną w morzach i słonawych zalewach, nieco wolniej w jeziorach, a najwolniej w małych potokach i rzeczkach. Tabela 2 przedstawia wzrost tęczaków w różnych warunkach naturalnego środowiska i hodowli, stwierdzony w ostatnim półwieczu. Przykładowo można wspomnieć, że opisywany jest okaz tęczaka o masie 22,7 kg z jeziora Titicata, zaś w latach 90. ubiegłego wieku wędkarskim rekordem świata był okaz z jeziora Pend Orelle, ważący 16,8 kg. Większość autorów jest jednak zdania, że możliwości wzrostu ryb tego gatunku są znacznie większe, zwłaszcza w przypadku dalszych prac selekcyjnych. Po 10 latach prac hodowlano-selekcyjnych hodowcy uzyskali ryby dojrzewające w wieku 3 lat i osiągające masę ciała prawie do 3 kg, zaś w fermie Avington dzięki selekcji uzyskano szczep pstrągów tęczowych osiągających po 1 roku jednostkową masę ciała w granicach 0,75–1,0 kg, a po 2 latach – masę 4–5 kg, zaś po 4 latach – rekordową masę ciała 20 kg.

Tabela 2. Wzrost masy ciała (g) pstrąga tęczowego w różnych środowiskach (Brylińska 1986; Guziur 1982, 1991; Goryczko 2004 – w modyfikacji własnej).

Środowisko życia	Autor	Wiek ryb w latach				
		1	2	3	4	5
Potoki (USA i Kanada)	Mc Crimmon (1971)	42	193	224	312	498
Wielkie Jeziora (USA)	Mc Crimmon (1971)	139	498	907	1512	–
Rzeka l'Estibere (Pireneje)	Guziur (1991)	2,2	15,7	45	96	156
Stawy karpiowe (Czechy)	Guziur (1982; za: Oliwa 1959)	60–80	250–400	1200–2000	–	–
Hodowle* (ok. 1930)	Enger (1934)	10	50	129	157	–
Hodowle* (1961–1973)	Goryczko (niepubl.)	30	280	947	1404	2099

Hodowle* (1993–1998)	Goryczko (niepubl.)	40	514	1470	2420	–
Morze Bałtyckie (zarybienia smoltami)	Bartel (1973, 1988)	90** 50–0**	1071 1043	2520 2632	3193 3060	– 7300
Babine (Kanada) ryby anadromiczne	Goryczko (2004; za: Sedgwick 1973)	smolt	–	2300	5200	9200

Uwagi: * różne ośrodki hodowlane pstrągów, ** wychów w stawach.

1.2. Pochodzenie gatunku

Pstrąg jako gatunek został opisany po raz pierwszy w 1792 r. przez Walbauma na terenie Azji Wschodniej (Kamczatka), jako *Oncorhynchus mykiss*, a następnie osobniki pochodzące z rzeki Kolumbia w 1836 r. przez Richardsona, jako *Salmo gairdneri*, zaś w 1855 r. Gibbson opisał pstrągi tęczowe jako *Salmo iideus*. Z czasem wielu innych autorów opisywało tęczaka, przypisując mu kilkanaście innych nazw łacińskich.

Od 1988 r. na mocy decyzji American Fisheries Society pstrąga tęczowego ostatecznie zaliczono do rodzaju *Oncorhynchus,* dodając pierwotną nazwę gatunkową *mykiss.* Ta długa historia zmian klasyfikacji systematycznej omawianych ryb świadczy o ogromnej zmienności i plastyczności tego gatunku. Wynika to w znacznej mierze z bardzo szerokiego zasięgu występowania gatunku. Już bowiem w latach 30. ubiegłego wieku, opierając się na zróżnicowanym ubarwieniu, kształcie ciała i cechach merystycznych, wyodrębniono aż 15 gatunków pstrągów tęczowych. Obecnie za odrębne gatunki uznawane są :

- Cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki*),
- Golden trut (*Oncorhynchus aguabonita*),
- Mexican golden trout (*Oncorhynchus chrysogaster*).

Pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss*) w środowisku tworzy dwie główne formy: wędrowną i osiadłą. Pstrągi tęczowe formy wędrownej, zwane stalogłowymi (*steelhead*), młodociany okres życia spędzają w rzece, a okres żerowania i szybkiego wzrostu – w morzu, po czym powracają do wód słodkich w celu odbycia tarła. Forma osiadła (*shasta*) cały okres życia spędza w wodach słodkich.

1.3. Zasięg występowania

Zasięg naturalnego występowania pstrąga tęczowego obejmuje zachodnią część Ameryki Północnej – od rzeki Kuskokwim (Alaska – 61° szerokości geograficznej) aż po dorzecze rzeki Del Presidio w Meksyku (24° szerokości geograficznej), a w Azji dotyczy rzek zachodniej i wschodniej Kamczatki.

Dzięki działalności człowieka aktualnie pstrągi tęczowe występują na wszystkich kontynentach z wyjątkiem Antarktydy. Zasięg ich występowania rozciąga się od koła polarnego na północy (Alaska, Szwecja, Norwegia), poprzez równik (Kenia, Uganda, Ekwador), aż po 55° szerokości geograficznej południowej w Argentynie.

1.4. Światowa historia introdukcji pstrąga tęczowego

Pochodzenie pstrągów, które były obiektem pierwszych działań aklimatyzacyjnych i hodowlanych w stanach Ameryki Północnej, zdaniem wielu autorów budzi wiele kontrowersji. Pierwszej introdukcji pstrąga tęczowego dokonano w 1875 r., przewożąc ikrę pstragów z Kalifornii do stanu Nowy Jork. Badania raportów U.S. Fish Commission i California Acclimatization Society wykazały, że pierwsze partie ikry pstrąga tęczowego nie pochodziły z rzeki McCloud (co nastąpiło dopiero w 1878 r.), a z rzek wpadających do Zatoki San Francisco. W latach 1888–1900 wspomniana komisja (U.S. Fish Commission) zorga-

nizowała pozyskanie ikry *steelheada* z rzek Klamath, Willamette i Rogue w stanie Oregon oraz z potoku Redwood Creek w Kaliforni. Intensyfikacja pozyskiwania ikry wynikała przypuszczalnie z ogromnego wówczas popytu, będącego rezultatem nasilonych działań zmierzających do aklimatyzacyji gatunku.

Do końca XIX w. próby introdukcji pstrąga tęczowego, w większości udane, objęły wszystkie ówczesne stany USA (bez Florydy), a także większość krajów europejskich.

Począwszy zatem od 1875 r. rozpoczęła się zawrotna kariera tego gatunku. Już w dwa lata później pstrąg ten został sprowadzony do Japonii, w 1882 r. – do Niemiec, w 1883 r. – do Nowej Zelandii, a w 1884 r. – do Anglii. W początkowym okresie (1882 i 1886) do Europy sprowadzono formę osiadłą i wędrowną tego gatunku, zaś w 1889 r. – odrębny gatunek Cutthroat trout (*Salmo clarki,* dziś nazwany *Oncorhynchus clarki).* Z tych też form w Europie wytworzyły się lokalne formy pstrąga tęczowego.

Przeprowadzone zarybiania aż do lat 20. ubiegłego wieku miały na celu aklimatyzację tego gatunku, głównie ze względu na jego szybkie tempo wzrostu, osiągane wielkości (masy ciała) i cenione walory wędkarskie. Według danych Bradforda (1982) świadczą o tym wyniki połowów wędkarskich w licznych jeziorach (np. w jez. Taupo i rzekach Nowej Zelandii), gdzie po 1911 r. z czasem łowiono coraz więcej pstrągów tęczowych, w miejsce dotychczasowych mniejszych pstrągów potokowych (*Salmo trutta* m. *fario* L.).

Do Polski pstrągi tęczowe sprowadzono najprawdopodobniej w latach 1881–1889, na tereny ówczesnego zaboru pruskiego, a do Galicji w zaborze austriackim w latach 1891–1910, aczkolwiek wielu autorów spiera się tu o daty (Kołder 1948; Hurt 1960; Matlak 1960; Szczygielski 1967; Stok 1979; Śliwiński 2012). Zdaniem Goryczki najbardziej prawdopodobne jest przypuszczenie, iż pierwsza partia ikry pstrąga tęczowego zza oceanu trafiła do zaboru pruskiego najwcześniej w 1882 r. za sprawą aktywnego przyrodnika, wędkarza i ichtiologa Maxa von Borne'a (1826–1894), który do swojego ośrodka stawowego w Barnówku (Pomorze Zachodnie) sprowadził pstrąga źródlanego i prawdopodobnie i pstrąga tęczowego.

Ówczesne działania aklimatyzacyjne, prowadzone zarówno w Polsce, jak i w innych krajach Europy, opierały się na znacznie wcześniejszych osiągnięciach hodowli łososia i pstrąga potokowego. Znane są zapiski francuskiego mnicha z XV w., Don Pinchon, który znał sposób rozmnażania pstrągów, lecz nie przekazał go innym. Wiadomym jest, że ziemianin Stephen Ludwig Jacobi z Hohenhausen (1709–1784) od 1725 r. sztucznie zapładniał ikrę pstrągów. W 1733 r. wielu uczonych (m.in. Benecke 1880) donosiło o udanych próbach sztucznego rozrodu pstrągów. Dopiero w 1837 r. John Shaw w Szkocji, a w 1843 r. Joseph Remy i Antoin Géhin z La Brasse w Wogezach oraz Jacob Sandungen w Ecker (Norwegia), niezależnie od siebie, samodzielnie wypróbowali sztuczne zapłodnienie jaj pstrąga.

Wszystkie te osiągnięcia już w 1852 r. (a wg Goryczki nawet w 1850 r.), dzięki pomocy finansowej cesarza Napoleona III, spowodowały utworzenie w Hünningen (wschodnia Francja) ośrodka produkcji materiału zarybieniowego ryb łososiowatych, włącznie z pstrągiem tęczowym. W latach 1852–1905, po wojnie francusko-niemieckiej i włączeniu regionu z obiektem pstrągowym do Niemiec, ośrodkiem tym udanie kierował dyrektor Haak. Miał on wielkie zasługi w imporcie pierwszych pstrągów źródlanych do Europy (1870), oraz amerykańskich pstrągów tęczowych (1881). Wspomniany Haak zasłynął ponadto jako pierwszy w Niemczech propagator i kierownik rybackich kursów szkoleniowych. Opiekunem naukowym tego ośrodka był znany embriolog prof. Coste, członek Kolegium Francuskiego i autor wielu publikacji naukowych, m.in. *O rybołówstwie*. Dzięki temu, w drugiej połowie XIX w., zapoczątkowany został w Europie szybki rozwój produkcji łososia i pstrąga tęczowego i potokowego.

Również na ziemiach polskich, zwłaszcza w zaborze austriackim (Galicji), powstały w tym okresie pierwsze wylęgarnie pstrągowe i obiekty rybackie zwane wtedy „pstrągarniami". Pierwsza wylęgarnia zastała założona w Dubiu pod Krakowem w 1850 r. na potoku Szklarka (dopływ Rudawy i dalej Wisły) przez lekarza dr. Jana Radziwońskiego. Według dr. Władysława Kołdera (fot. 1.1), pierwszego polskiego

autora podręcznika o hodowli pstrąga tęczowego w stawach (1948), pojemność wylęgarni w Dubiu wynosiła początkowo 200 000 ziarn ikry, zaś łączny areał stawków nie przekraczał 1 ha.

W latach 1870–1877 powstały kolejne wylęgarnie pstrągowe, m.in. w Lipowej, Złatnej, Rycerce (Beskid Żywiecki), w 1879 r. na obrzeżach Krakowa nad Rudawą, zaś w 1881 r. w Złotym Potoku k. Janowa Częstochowskiego. Niewielkie wylęgarnie pstrągowe, z kilkoma stawami, w końcu XIX w. powstały także na Podbeskidziu Śląska Cieszyńskiego. Najstarsza założona została przez habsburską Komorę Cieszyńską w Brennej (1872), nieco młodsza była wylęgarnia w Wiśle-Czarnym (1877), która dzięki góralom beskidzkim aż do pierwszej wojny światowej dostarczała pstrągi na dwór królewsko-cesarski w Budapeszcie i Wiedniu.

Nieco później powstały niewielkie wylęgarnie (już nieistniejące) w Tyrze (1890) na Zaolziu, w Istebnej (1892) oraz Ustroniu (1896). Od około 1898 r. krótko istniała także mało znana wylęgarnia pstrągowa w Strumieniu w tzw. Żabim Kraju (Śląsk Cieszyński). Jej właścicielem i hodowcą był Karol Weigel, obok prof. Maksymiliana Siły-Nowickiego i Tomasza Dubischa, jeden z pierwszych honorowych członków Morawskiego Ziemskiego Towarzystwa Rybackiego. W latach 80. i 90. ubiegłego wieku powstały kolejne wylęgarnie w Kamesznicy i Rycerce nad Sołą, w Suchej Beskidzkiej, Czorsztynie, Myślenicach, Poroninie, Ruskiej Wsi, Porębie, Sanoku, Rudzie Różanieckiej i w dalekim Stryju.

Bardziej dynamiczny rozwój polskiego pstrągarstwa hodowlanego nastąpił dopiero po 1904 r., kiedy to sprowadzono ze Szwecji kolejną partię zaoczkowanej ikry pstrąga tęczowego do Złotego Potoku, przeznaczoną głównie do produkcji pstrągów na zarybianie potoków. Wraz z budową ośrodków wylęgarniczych typu pstrągowego i zarybianiem potoków w końcu XIX w. na terenie Małopolski (Galicji) i Śląska austriackiego zaczęły powstawać ekskluzywne polskie kluby sportowo-wędkarskie. Z inicjatywy Zygmunta Fischera już w 1896 r. powstał w Krakowie pierwszy nowożytny klub sportowo-wędkarski, zapisany jako Krakowski Klub Rybacki. Od 1906 r. w Krakowie istniało też Towarzystwo Miłośników Sportu Wędkarskiego, propagujące m.in. wylęgarnictwo pstrągowe i dorybianie potoków. W 1907 r. założono klub wędkarski w Czarnym Dunajcu, w 1914 r. – w Rzeszowie, w 1917 r. – w Nowym Sączu i Warszawie, a w 1921 r. powołano Towarzystwo Łowieckie i Rybackie w Cieszynie.

1.5. Okres lat 30. i 40. XX w. w rozwoju pstrągarstwa w Polsce

Lata 30. ubiegłego wieku zaowocowały budową kolejnych ośrodków zarybieniowych w Foluszu (1930), Zawadzie (1932), Ojcowie i Czatkowicach (1934), Olszówce (1936) i Zawoi pod Babią Górą (1937). W tym czasie, w 1936 r., z inicjatywy prof. Bronisława Romaniszyna, muzyka Konserwatorium w Katowicach i zarazem prezesa Krajowego Towarzystwa Rybackiego w Krakowie, powstał zamysł budowy ośrodka zarybieniowego i Domu Kultury Wędkarskiej w Łopusznej nad Dunajcem (fot. 1.2). Miała to być rekompensata za przyszłe straty w rybostanie łososiowatych (!) po planowanym przegrodzeniu Dunajca zaporami w Rożnowie i Czorsztynie, i to pomimo przewidywanej budowy przepławek.

Pomimo wybuchu wojny i okresu okupacji ośrodek ten, utworzony w stylu podhalańskim (według projektu architekta B. Tretera), otwarto 18 lipca 1942 r. i obecnie obchodzi swoje 70-lecie działalności. Do dziś zachował się akt erekcyjny tego ośrodka, który poświęcony został już po wyzwoleniu, 9 sierpnia 1948 r., a w uroczystościach jego otwarcia wzięli udział m.in. znani profesorowie: Walery Goetel, Stanisław Żarnecki, Franciszek Hendzel i Bronisław Romaniszyn.

Wzmożona hodowla pstrąga tęczowego konsumpcyjnego (towarowego) nastąpiła najprawdopodobniej dopiero w latach 40. ubiegłego wieku wraz z budową wzorcowego ośrodka pstrągowego w Dolinie Będkowskiej (województwo małopolskie, powiat krakowski), przewidzianego także jako ośrodek szkoleniowy. Ośrodek ten posiadał wylęgarnię i komplet stawów z pełnym cyklem produkcji, którego finalna produkcja wynosiła 10 t ryb towarowych (konsumpcyjnych).

1.6. Okres po drugiej wojnie światowej

Produkcja pstrągowa kraju do lat 50. i 60. ubiegłego wieku była stosunkowo niewielka (do 200––300 t rocznie) i koncentrowała się tradycyjnie na terenach wyżynno-górzystych południowej Polski (głównie województwo małopolskie).

Natomiast pod koniec lat 60. nastąpił szybki rozwój hodowli pstrąga tęczowego na północno-zachodnich terenach Polski, słabo zaludnionych, pozbawionych przemysłu, z licznymi i czystymi wodami rzek uchodzących do Bałtyku. Akcja ta rozwijała się tam pomyślnie, zwłaszcza dzięki entuzjazmowi ichtiologów z Państwowego Gospodarstwa Rybackiego i Polskiego Związku Wędkarskiego w Słupsku i Koszalinie. Do rozwoju polskiego pstrągarstwa walnie przyczynili się jego prekursorzy: Bernard Gliszczyński (1914–1979) – wyśmienity praktyk (fot. 1.3), Janusz Latanowicz (1928–2011) – wieloletni dyrektor Państwowego Gospodarstwa Rybackiego w Słupsku, oraz Konstanty Stefan Bortkiewicz (1919–2010) – dyrektor Państwowego Gospodarstwa Rybackiego w Bydgoszczy, a także wielu innych ichtiologów praktyków.

W 1955 r. z inicjatywy prof. Stanisława Sakowicza oddano do użytku Terenową Pracownię Rzeczną w Gdańsku-Oliwie, należącą do Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie (fot. 1.4). Obiekt ten zlokalizowany był w miejscu starej wylęgarni (XIX w.), należącej do miejscowego leśnictwa. Jej zadaniem było prowadzenie badań i wdrażanie technologii chowu materiału zarybieniowego troci oraz hodowli pstrąga tęczowego.

Pierwszym jej kierownikiem był Jan Jokiel, a od 1959 r. Ryszard Bartel. W placówce tej do połowy lat 80. XX w. opracowano i wdrożono pierwsze w Polsce pasze granulowane dla pstrągów, metodę kontrolowania pory tarła pstrąga tęczowego, a także metodę zimowej inkubacji i podchowu pstrągów tęczowych jesiennego tarła.

1.7. Współcześni prekursorzy

Istotną rolę w budowie podstaw polskiego pstrągarstwa odegrał Polski Związek Wędkarski. W latach 60. ubiegłego wieku organizacja ta dysponowała najnowocześniejszymi w Polsce obiektami hodowli ryb łososiowatych w Łopusznej, Rożnowie, Porąbce (województwo małopolskie), Czarcim Jarze (Mazury) i w Rumi k. Gdyni. Tam też zdobywali wiedzę praktyczną inżynierowie Ryszard Maliszewski, Marek Bartusch, Kazimierz Krasowski i Mieczysław Kowalewski (fot. 1.5), którym zawdzięczamy dzisiejsze sukcesy polskiej hodowli ryb łososiowatych. Jerzy Palladino i Wojciech Brudziński, pracownicy Zarządu Głównego Polskiego Związku Wędkarskiego, stale organizowali specjalistyczne wycieczki zagraniczne i szkolenia krajowe dla ichtiologów ze związku.

Po wędkarzach inicjatywę i ciężar rozwoju pstrągarstwa przejęli pracownicy państwowych gospodarstw rybackich i tzw. prywaciarze. W grupie tych pierwszych pionierami byli wspomniani już Bernard Gliszczyński, Janusz Latanowicz i Konstanty Bortkiewicz, aktywnie wspomagani przez Stefana Kosmulskiego, Józefa Tylendę, Edwarda Krausa, Marka Bartuscha, Józefa Wandtkego i Andrzeja Marczyńskiego. Za ich przykładem poszli olsztyńscy ichtiolodzy: Lech Kotowicz, Jan Stafiniak i Władysław Gilarski, zaś podejmowane przedsięwzięcia wspierał z Warszawy naczelnik Andrzej Galli, a później Witold Milczarzewicz (1940–2010).

Działania wymienionych osób były wspominane głównie przez absolwentów byłego Wydziału Rybackiego WSR-ART w Olsztynie (1951–1999): Romana Aszyka, Jacka Niewęgłowskiego, Piotra Gumowskiego, Jerzego Szarkowskiego, Bogusława Karasia, Antoniego Pirtania, Krzysztofa Greckiego, Jacka Farenholca, Andrzeja Marczyńskiego, a także przez panie: Lidię Pirtań, Halinę Wiśniewską, Bożenę Kacperską i innych.

Dotyczy to także pionierów prywatnych hodowli, m.in. Tadeusza Nowickiego, Jana Łabęckiego, Zenona Krysińskiego, Janusza Skołysza, Antoniego Wawera, Piotra Abako, Piotra Gabriela, Jacka Juchniewicza,

Marka Piszczałę (fot. 1.6), Józefa Łempio czy Dariusza Gorbaczowa (ten ostatni jest obecnie prezesem Stowarzyszenia Hodowców Ryb Łososiowatych).

Istotnymi czynnikami pomyślnego rozwoju polskiego pstrągarstwa była wręcz wzorowa współpraca wszystkich uczestników tej powstającej branży. I tak teoretyczne i trudne podstawy budowy obiektów zawdzięczamy Julianowi Wieniawskiemu z Instytutu Rybactwa Śródlądowego, zaś zasady hodowli w przystępny sposób opisywali wspomniany już Bernard Gliszczyński, George Łękawski i Adam Piller, animator hodowli pstrąga tęczowego (i karpia) w Małopolsce, wieloletni inspektor rybactwa Wojewódzkiej Rady Narodowej w Krakowie.

Okres ten do końca lat 80. ubiegłego wieku charakteryzował się dynamicznym wzrostem produkcji pstrąga, która w 1978 r. przekroczyła magiczny dla ówczesnej Polski próg produkcji 1 000 t, w 1986 r. – 3 000 t, a w 1998 r. – 9 000 t. Rekordowymi pod tym względem były lata 2005–2008, kiedy produkcja pstrąga w Polsce przekroczyła 17 000 t. Kraj nasz stał się potentatem i dziewiątym producentem pstrągów w Europie.

Profesor Krzysztof Goryczko (fot. 1.7), wieloletni prezes Stowarzyszenia Hodowców Ryb Łososiowatych, twórca i kierownik ośrodka naukowego Zakładu Hodowli Ryb Łososiowatych w Rutkach, należącego do Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie im. Stanisława Sakowicza, ceniony dydaktyk i naukowiec UWM w Olsztynie, z dzisiejszej perspektywy o okresie tym mówi: „Zasadniczym czynnikiem rozwoju tej branży były entuzjazm, wiedza i konsekwentne działania zadziwiająco wielu ludzi, którzy kładli podwaliny, zbudowali i nadal rozwijają polskie pstrągarstwo".

Współtwórcami sukcesu byli nie tylko wszyscy wymienieni, ale i znacznie liczniejsza rzesza hodowców i przyjaciół, których należałoby uhonorować zbiorowo, zwłaszcza zaś osobę tego, który był i jest zawsze z pstrągarzami, twórcę atmosfery życzliwości i koleżeństwa – sędziwego profesora Stanisława Bontempsa († 1925).

W upowszechnianiu wiedzy rybackiej, w tym i pstrągarskiej, nieocenioną rolę odegrało branżowe czasopismo „Gospodarka Rybna" (1949–1991), której tradycję kontynuuje „Przegląd Rybacki" (Poznań) oraz „Magazyn Przemysłu Rybnego" (Gdynia), a także Samodzielna Pracownia Upowszechniania Postępu IRS w Olsztynie, kierowana przez wiele lat przez Jerzego Walugę († 1929).

Znaczący jest też wkład dydaktyczno-szkoleniowy i naukowy absolwentów i pracowników Wydziału Rybackiego WSR-ART w Olsztynie, od momentu jego powstania w 1951 r. do chwili obecnej (od 1999 r. działającego w strukturach UWM). Wymianie doświadczeń zawodowych, integracji i zacieśnianiu więzi koleżeńskich służą także organizowane coroczne edycje Konferencji Hodowców Ryb Łososiowatych, zainicjowane przez prof. Ryszarda Bartla w ramach działalności NOT, a z czasem organizowane przez Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie.

Krystyna A. Skibniewska, Jan Kłobukowski, Joanna Łuczyńska

2. Znaczenie „mięsa" pstrąga w diecie człowieka

Rozwój nauki w XX w. w zupełnie nowym świetle postawił znaczenie konsumpcji ryb dla zdrowia człowieka. Przede wszystkim za obowiązującą przyjmuje się teorię wpływu żywności pochodzenia morskiego na ewolucję gatunków; badania archeologiczne potwierdziły, że *homo sapiens* wyewoluował z naczelnych zamieszkujących przybrzeżne obszary Afryki i Azji Mniejszej. To unikalny skład pożywienia, przede wszystkim zaszawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, umożliwił w krótkim czasie znacznie zwiększenie objętości mózgu i umysłowy rozwój naszych przodków. Po dziś dzień organizm człowieka wykorzystuje te kwasy do budowy błon komórkowych, w tym komórek układu nerwowego, a zwłaszcza mózgu, który w swoim składzie zawiera ok. 60% składników tłuszczowych.

Ze względu, że dla wielu struktur organizmu tłuszcze stanowią nie tylko materiał energetyczny, ale także budulcowy, należy dostarczać je z pożywieniem przez cały okres życia człowieka. Wyjątkowo ważna staje się ich podaż w okresie rozwoju, a więc w okresie ciąży i intensywnego rozwoju dziecięcego. Wykazano, że rozwój intelektualny dzieci jest silnie pozytywnie uzależniony od ilości ryb spożywanych przez matki w okresie ciąży. Bardzo ciekawego wykładu na powyższe tematy, wygłoszonego przez prof. Michaela Cawforda z Instytutu Chemii Mózgu i Żywienia Człowieka w Londynie, można wysłuchać na stronie: http://www.seafood.net.au/printerfriendly/?pid=1003&nid=403#4, do czego gorąco zachęcamy.

2.1. Charakterystyka tłuszczu pstrąga

Ogólnie przyjmuje się, że tłuszcze to grupa naturalnych, nierozpuszczalnych w wodzie substancji, których podstawowymi składnikami są estry gliceryny i kwasów tłuszczowych. Te glicerole mogą być powiązane z innymi związkami/substancjami, tworząc tłuszcze złożone, np. z cukrami (glikolipidy), resztami kwasu fosforowego (fosfolipidy), itd. W organizmie związki te pełnią wiele ważnych funkcji. Zwykle pamięta się przede wszystkim o tym, że są one źródłem skoncentrowanej, łatwo dostępnej energii, natomiast zapomina się, że jest to materiał budulcowy dla wielu ważnych struktur organizmu.

Kwasy tłuszczowe o różnej budowie wchodzą w skład ścian komórkowych organizmów żywych. Kwasy nasycone tworzą proste, sztywne łańcuchy, zapewniając właściwy kształt komórek, natomiast kwasy nienasycone rozluźniają ich strukturę, umożliwiając wymianę poprzez błonę komórkową oraz zmianę jej kształtu. Brak dostatecznej ilości właściwych kwasów tłuszczowych powoduje, że organizm do budowy używa innego kwasu, zwykle o tej samej liczbie atomów węgla, co powoduje jednak upośledzenie funkcji komórki. Ta wiedza uświadamia, jak ważne jest dostarczenie organizmowi pożywienia o właściwej proporcji kwasów tłuszczowych.

Kwasy tłuszczowe są składnikami wielu innych związków o biologicznej aktywności, m.in. hormonów tkankowych (prostaglandyny), neurotransmiterów (serotoniny i dopaminy), eikozanoidów o działaniu przeciwzapalnym i przeciwzakrzepowym. Kwasy tłuszczowe wchodzą też w skład cholesterolu; ogólnie

znanym jest fakt, że w zależności od ich rodzaju (nasycone lub nienasycone) powstaje cholesterol „dobry" (HDL) lub „zły" (LDL). W świetle powyższych informacji wyraźnie widać, że błędem jest całkowite rugowanie tłuszczu z diety człowieka; powinien się w niej znajdować w odpowiedniej ilości, dopasowanej do aktywności fizycznej człowieka, oraz w odpowiednim składzie, zapewniającym podaż wszystkich niezbędnych kwasów tłuszczowych. Taki właśnie tłuszcz zawierają ryby.

Omalże każdego miesiąca światowa literatura naukowa dostarcza kolejnych dowodów na korzystny wpływ spożywania ryb na fizyczny i psychiczny stan organizmu człowieka; nierzadko można wręcz mówić o ich leczniczym działaniu. Jako pierwsze pojawiły się informacje o profilaktycznym i wspomagającym leczenie wpływie kwasów z grupy ω-3 pochodzenia rybnego na stan układu sercowo-naczyniowego. Efektem tego odkrycia jest ogromna ilość ogólnie dostępnych aptecznych preparatów parafarmaceutycznych na bazie tranu. Obecnie istnieje szereg dowodów na pozytywny wpływ kwasów ω-3 na zmniejszenie liczby nagłych zgonów sercowych poprzez zapobieganie arytmii związanej z ostrym niedokrwieniem mięśnia sercowego prowadzącym do zawału.

Istnieją liczne prace kliniczne dokumentujące wpływ kwasów wielonienasyconych na obniżenie nadciśnienia tętniczego. Ta metaboliczna choroba dotyczy znacznego odsetka populacji osób dorosłych w krajach rozwiniętych; często obserwuje się występowanie tego schorzenia już u dzieci. Przyczyn upatruje się w obniżeniu aktywności fizycznej oraz w złym składzie diety; zbyt dużo soli oraz nadmierna ilość tłuszczu o złej proporcji kwasów tłuszczowych (wysoki udział kwasów nasyconych, za niski kwasów jedno- i dwunienasyconych oraz stanowczo zbyt mało kwasów wielonienasyconych). Badania populacyjne potwierdzają zdecydowanie mniejszą częstość występowania nadciśnienia w społecznościach o dużym udziale ryb i owoców morza w diecie, mimo równie wysokiego występowania innych czynników ryzyka tej choroby, np. nasilenia stresu lub palenia tytoniu.

Miażdżyca jest kolejną chorobą metaboliczną, w przypadku której obserwuje się nasilenie jej występowania, a której można zapobiegać poprzez systematyczne spożywanie ryb. Kwasy wielonienasycone zmniejszają odczyn zapalny śródbłonka poprzez zmniejszanie ilości wolnych rodników, zwiększają stężenie frakcji HDL cholesterolu i znacząco zmniejszają stężenie trójglicerydów we krwi. W powszechnej opinii powstawanie zmian miażdżycowych wiąże się przede wszystkim z obecnością „złego" cholesterolu, natomiast w świetle najnowszych badań główną ich przyczyną jest obecność wolnych rodników i czynniki prozapalne oraz nadmierna ilość trójglicerydów. Dieta bogata w ryby jest źródłem kwasów wielonienasyconych, które przeciwdziałają tym czynnikom.

Istnieje wiele prac dokumentujących korzystny wpływ kwasów wielonienasyconych na pacjentów z chorobami psychicznymi i układu nerwowego (schizofrenia, depresja, choroby Alzheimera i Parkinsona), z chorobami reumatycznymi czy skórnymi (np. łuszczyca). W celu podniesienia ogólnej odporności organizmu szeroko stosowane są preparaty zawierające kwasy ω-3. Znacznie bardziej korzystnym, niż okazjonalne podawanie preparatów, byłoby jednak wprowadzenie w szerszym wymiarze ryb do codziennej diety przeciętnego Polaka.

2.2. Charakterystyka białka pstrąga

Omawiając znaczenie „mięsa" pstrąga w diecie człowieka, nie można zapominać o białku. Należy ono do podstawowych składników odżywczych w diecie człowieka. Według najnowszych polskich norm dobowe zapotrzebowanie dorosłego człowieka na białko wynosi 0,8 g na 1 kg masy ciała, co odpowiada ok. 50 g czystego białka dziennie. Podkreśla się, że nie tylko ilość, ale i jakość białka ma fundamentalne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Białko ryb należy do grupy białeko najwyższej jakości, porównywalnej z białkiem wzorcowym, jakim jest białko jaja kurzego.

Mimo iż powszechnie znaną jest informacja o walorach odżywczych białka ryb, nie ma zbyt wiele prac poświęconych jego składowi.

Wartość odżywcza białka z danego produktu spożywczego, w tym również białka ryb, zależy od jego składu aminokwasowego. Uwagę poświęca się przede wszystkim aminokwasom, których organizm człowieka nie jest w stanie syntetyzować, tzw. aminokwasom egzogennym. Zalicza się do nich histydynę (aminokwas niezbędny dla dzieci), treoninę, lizynę, leucynę, izoleucynę, fenyloalaninę, metioninę, tryptofan, walinę.

Sumaryczna zawartość aminokwasów egzogennych i względnie egzogennych w rybach zwykle przewyższa tę obliczoną dla białka wzorcowego, tj. 26,5 g w 100 g białka. Białko ryb charakteryzuje się wysoką zawartością lizyny, leucyny, aminokwasów aromatycznych (fenyloalaniny i tyrozyny), aminokwasów siarkowych (metioniny i cysteiny oraz histydyny).

Podstawowym wskaźnikiem przydatnym do oceny wartości odżywczej białka produktów spożywczych jest wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS – *chemical score*), który określa najmniejszą zawartość danego aminokwasu egzogennego w stosunku do jego zawartości w białku wzorcowym. Aminokwas ten nazywamy wówczas aminokwasem ograniczającym wartość odżywczą danego białka. W przypadku ryb aminokwasem ograniczającym wartość odżywczą białka jest walina, należy jednak podkreślić, że wartości CS uzyskane dla tego aminokwasu egzogennego należy uznać za bardzo wysokie. Jest to ważne, ponieważ niedobory waliny mogą powodować zaburzenia w koordynacji ruchów, spadek masy ciała, brak łaknienia, natomiast odpowiednia jej ilość wpływa korzystnie na prawidłowe funkcjonowanie komórek dendrytycznych, szczególnie u osób z marskością wątroby. Obliczone wartości wskaźnika CS pozwalają jednocześnie stwierdzić, że prawie 100% aminokwasów egzogennych z białka ryb może być wykorzystanych do syntezy białek ustrojowych.

Szczególnie korzystnym z punktu widzenia wykorzystania białka ryb w żywieniu ludzi wydaje się być wysoka zawartość lizyny, czyli aminokwasu, w który ubogie są białka zbóż i przetworów zbożowych. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że we wszystkich opracowanych dotychczas piramidach żywieniowych produkty te znajdują się w ich podstawach. Oznacza to, że zaleca się je do najczęstszego spożywania, przy czym w racjach pokarmowych należy zapewnić odpowiednią podaż lizyny z innych grup produktów spożywczych. Jest to istotne, ponieważ niedobory tego aminokwasu w diecie mogą powodować zanik mięśni, odwapnienie kości, a w wyniku procesów gnilnych zachodzących w jelicie grubym człowieka powstawać putrescyna i kadaweryna. Należy jednak uważać, by podaż lizyny w racji pokarmowej nie była zbyt wysoka. Zwiększenie spożycia ryb umożliwi zredukowanie ryzyka chorób serca i nowotworów wynikającego ze zmienionego metabolizmu.

Stwierdzono także, że optymalny poziom leucyny w organizmie człowieka zapobiega zaburzeniom neurologicznym. Ponadto leucyna pomaga w utrzymaniu właściwej masy ciała, powoduje bowiem obniżenie masy tłuszczu w ciele o 25% oraz polepszenie wskaźników metabolizmu glukozy i cholesterolu. Wysoka zawartość aminokwasów aromatycznych (fenyloalanina i tyrozyna) w białku pstrąga nie powinna stanowić żadnego zagrożenia u osób, u których nie obserwuje się zaburzeń w utlenianiu fenyloalaniny do tyrozyny. Wykazano, że dieta pozbawiona lub uboga w tyrozynę przyczynia się do zwiększenia zapotrzebowania na fenyloalaninę ponad aktualne zalecenia żywieniowe.

Wielkość spożycia aminokwasów siarkowych budzi zainteresowanie w kontekście występowania chorób o charakterze przewlekłym, jak choroby sercowo-naczyniowe, Alzheimera czy cukrzyca. Metionina w organizmie jest przekształcana w homocysteinę, której podwyższony poziom w surowicy krwi prowadzi do hiperkalcemii, czynnika ryzyka powstawania zmian miażdżycowych i zakrzepowych w naczyniach krwionośnych, zawału mięśnia sercowego i udaru mózgu. Ponadto wysokie spożycie białek zawierających metioninę i cysteinę zwiększa straty wapnia, prowadząc do istotnego obniżenia gęstości mineralnej kości

oraz ich masy. Ze względu na wielkość spożycia ryb na świecie i w krajach Europy Wschodniej nie stanowi to problemu. Z kolei niedobory metioniny mogą prowadzić do degeneracji wątroby i osłabienia ogólnej odporności organizmu.

2.3. Inne zalety „mięsa" pstrąga

Zawartość substancji niepożądanych w rybach i owocach morza stanowi poważną przeszkodę do zwiększenia spożycia tych produktów; np. w krajach o wysokiej konsumpcji żywności pochodzenia morskiego obserwuje się przekraczanie dopuszczalnych poziomów wartości dziennego pobrania rtęci. W diecie przeciętnego Polaka znajduje się zaledwie kilka procent dopuszczalnej ilości tego bardzo niebezpiecznego pierwiastka, co tłumaczy się faktem niskiego spożycia ryb morskich. Ryby stanowią również ważne źródło zanieczyszczenia organizmu dioksynami. Już obecność niewielkich ilości tych związków wykazuje działanie kancerogenne, teratogenne i estrogenne. Skutkiem ich wszechobecności bywa nie tylko zwiększona liczba zachorowań na nowotwory i występowanie wad wrodzonych u dzieci, ale również kłopoty z utrzymaniem ciąży, spadek liczby żywych plemników w nasieniu mężczyzn, a nawet nasilenie przypadków osteoporozy.

Przeciwwagę dla żywności morskiej stanowią ryby z akwakultury, zwłaszcza z hodowli prowadzonych w Polsce. Surowe wymogi prawa środowiskowego oraz wiedza hodowców ryb i staranność w ich codziennej pracy powodują, żepod względem poziomu zanieczyszczeń środowiskowych polskie pstrągi stanowią przykład żywności o wysokiej jakości. Również dbałość o jakość stosowanej paszy daje nie tylko dobry efekt ekonomiczny, ale i towar o wysokich walorach zdrowotnych.

2.4. Podsumowanie

Należy dążyć do zwiększenia spożycia pstrąga w Polsce, gdyż „mięso" tej ryby zawiera wysokowartościowe, łatwo strawne białko oraz tłuszcz o unikalnym składzie i prozdrowotnym wpływie na organizm człowieka. Zwiększenie spożycia ryb, w tym pstrąga, wzmocniłoby działania profilaktyczne w zakresie przeciwdziałaniu otyłości i chorobom metabolicznym. Szczególnie mocno powinno być popularyzowane spożywanie ryb przez kobiety ciężarne i dzieci, gdyż badania epidemiologiczne wyraźnie wskazują na lepszy rozwój układu nerwowego i wyższy poziom intelektualny u dzieci korzystających z dobrodziejstw kwasów rybich już od czasu życia płodowego. Wysoka jakość zdrowotna pstrąga i możliwość przeznaczenia go do konsumpcji w krótkim czasie po odłowie stanowią dodatkowe argumenty przemawiające za koniecznością zwiększenia konsumpcji tej ryby w Polsce.

Janusz Guziur, Anna Wiśniewska, Stefan Dobosz, Krzysztof Goryczko

3. Wskaźniki hodowlane i biometryczne pstrąga

3.1. Metodyka badań

W projekcie przyjęto podział na dwa typy gospodarstw pstrągowych stosujących różną technologię chowu: OOH – obiekty o ekstensywnym poziomie produkcji (jednokrotne wykorzystanie wody, czyli otwarte obiekty hodowlane) i RAS – obiekty o wysokim stopniu recyrkulacji (obiekty hodowlane wykorzystujące zamknięte systemy wody, czyli zwrotne).

Analizowano dwie grupy parametrów dotyczących pstrągów tęczowych:

1) parametry hodowlane – odłów ryb (kg/m^3), przyrost jednostkowy ryb (g/szt.), przeżywalność obsad (%) oraz współczynnik pokarmowy (wskaźnik FCR liczony jako ilość paszy w kg na 1 kg przyrostu ryb);
2) parametry biometryczne – długość Lc (cm), masa ryb W (g), oraz współczynnik odżywienia (kondycji) wg Fultona.

Badania poszczególnych parametrów prowadzono w dwóch analizowanych sezonach hodowlanych (umownie określonych jako wiosna i jesień). Wynikało to z faktu, iż w trakcie badań wstępnych analizowano dane zebrane w czasie etapu przygotowawczego projektu. Analiza ta, przedstawiona w tym rozdziale, potwierdziła konieczność przyjęcia takiego podejścia badawczego. W efekcie zaistniała możliwość przeprowadzenia porównawczej analizy danych, która pozwoliła wyciągnąć bardziej obiektywne wnioski, dotyczące zarówno przyjętych założeń, jak i technologii.

Zgodnie z przyjętą metodyką badań, w trzech sezonach badawczych, w sześciu gospodarstwach rybackich w kraju (po trzech reprezentantów każdego typu gospodarstw, tj. OOH i RAS) dokonano dwukrotnych (w sezonie hodowlanym wiosna i jesień) pomiarów biometrycznych pstrągów towarowych, pochodzących z dwóch grup: S (od 350 g do 500 g) i D (od 501 g do 800 g). Na bazie tych pomiarów wyliczono klasyczne wskaźniki hodowlano-kondycyjne wg Fultona.

3.2. Wyniki badań wstępnych

Badania wstępne przeprowadzone zostały w ośrodku Instytutu Rybactwa Śródlądowego, Zakładzie Hodowli Ryb Łososiowatych w Rutkach, w jednostce o ekstensywnym poziomie produkcji – czyli w gospodarstwie typu OOH. Badania te miały charakter pilotażowy. Ich głównym celem było przetestowanie metodyki pomiarowej, ustalenie logistyki pobierania prób w pozostałych ośrodkach modelowych i wstępne wskazanie najważniejszych aspektów technologiczno-hodowlanych.

W trakcie badań wstępnych wykonano pomiary i analizę wybranych wskaźników w okresie październik–listopad 2009 r. oraz maj–czerwiec 2010 r. Dane prezentuje tabela 3.1.

Tabela 3.1. Zestawienie analizowanych wskaźników hodowlano technologicznych w badaniach wstępnych

Wskaźniki hodowlano-technologiczne	wiosna (V–VI 2010)	jesień (X–XI 2009)
Powierzchnia (m^2)	56,00	56,00
Objętość wodna (m^3)	56,00	56,00
Przepływ wody (l/s)	8,00	8,00
OBSADA		
Termin pomiaru	IV 2010	VII 2009
Liczebność (szt.)	2058	1987
Masa (kg)	769,00	705,00
Zagęszczenie (kg/m^3)	13,73	12,59
Masa jednostkowa (g/szt.)	380,00	345,00
ODŁÓW		
Termin pomiaru	VI 2010	XI 2009
Liczebność (szt.)	1997	1885
Masa (kg)	1192,00	1225,00
Zagęszczenie (kg/m^3)	21,29	21,88
Masa jednostkowa (g/szt.)	572,00	607,00
Przeżywalność (%)	0,97	0,95
Przyrost ogólny (kg)	423,00	520,00
Przyrost sztuki (g/szt.)	192,00	262,00
Przyrost średni dzienny (%)	0,77	0,62
FCR	1,05	1,09

Porównanie wartości wskaźników hodowlano-technologicznych zanotowanych w okresie przygotowawczym przy użyciu testu *t*-Studenta pozwoliło na stwierdzenie, że obserwowane różnice w poszczególnych wskaźnikach są istotne statystycznie ($t = 0{,}544$; $p = 0{,}682$). Ponieważ czynnikiem różnicującym był sezon hodowlany, w dalszych pracach przyjęto, iż kontynuowane badania będą powtarzane w każdym roku, dwukrotnie w okresie wiosna i jesień, w zaplanowanych sezonach badawczych. Wartości podstawowych parametrów biometrycznych określonych w badaniu wstępnym przedstawia tabela 3.2.

Tabela 3.2. Zestawienie podstawowych parametrów biometrycznych zebranych w okresie wstępnym w ośrodku w Rutkach

Lc (cm)	Masa ciała (g)	Współczynnik Fultona	Sezon	Lc (cm)	Masa ciała (g)	Współczynnik Fultona	Sezon
32,0	458	1,39770508	jesień 2009	31,0	351	1,17820818	wiosna 2010
32,5	438	1,27592171		32,3	366	1,08610926	
33,0	434	1,20766898		33,0	404	1,12418955	
35,0	444	1,03556851		34,2	431	1,07745453	
34,5	490	1,19327020		34,6	454	1,09604291	
34,0	476	1,21107266		32,4	424	1,24661063	
32,0	354	1,08032227		33,8	456	1,18090440	
32,5	397	1,15648612		32,5	386	1,12444242	
33,0	434	1,20766898		33,7	478	1,24893028	
35,0	456	1,06355685		33,6	438	1,15466574	
36,0	496	1,06310014		33,0	423	1,17705985	
34,0	454	1,15509872		33,1	405	1,11678878	
32,0	450	1,37329102		32,0	387	1,18103027	
32,5	430	1,25261721		33,6	424	1,11775861	

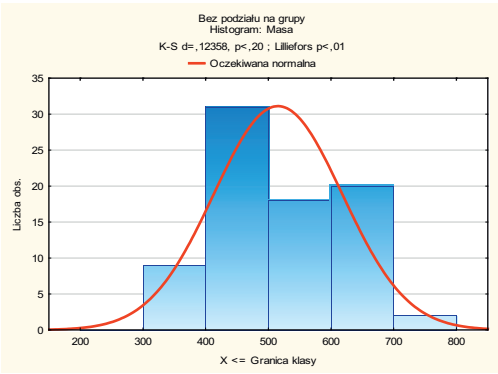
Lc (cm)	Masa ciała (g)	Współczynnik Fultona	Sezon	Lc (cm)	Masa ciała (g)	Współczynnik Fultona	Sezon
33,0	434	1,20766898	jesień 2009	34,3	476,0	1,17957237	wiosna 2010
35,0	445	1,03790087		32,5	344,1	1,00238507	
34,5	480	1,16891775		32,0	357,3	1,09039307	
34,0	471	1,19835131		32,5	417,8	1,21707783	
32,0	440	1,34277344		34,6	331,3	0,79982162	
32,0	436	1,33056641		33,4	458,4	1,23028353	
37,5	630	1,19466667		38,5	595,1	1,04281618	
36,5	545	1,12077364		36,5	570,2	1,17259657	
37,5	620	1,17570370		39,8	788,7	1,25101531	
35,0	502	1,17084548		37,5	575,7	1,09169778	
37,1	635	1,24351777		37,9	570,0	1,04702542	
36,0	610	1,30744170		35,5	600,7	1,34268016	
34,5	545	1,32720869		36,6	527,7	1,07632602	
37,5	643	1,21931852		35,0	543,0	1,26647230	
36,5	630	1,29557320		35,0	509,3	1,18787172	
37,5	640	1,21362963		37,5	608,2	1,15332741	
37,5	645	1,22311111		39,5	693,5	1,12526595	
36,5	621	1,27706501		38,0	635,0	1,15723866	
37,5	647	1,22690370		39,3	678,1	1,11716184	
35,0	510	1,18950437		36,3	529,1	1,10615984	
37,1	623	1,22001822		38,3	727,2	1,29436735	
38,0	692	1,26111678		36,9	598,1	1,19040489	
34,5	555	1,35156114		38,1	588,3	1,06371166	
37,5	620	1,17570370		37,0	577,7	1,14050500	
36,5	611	1,25650036		37,8	521,2	0,965003764	
37,5	630	1,19466667		37,0	518,5	1,02363137	

Ze względu na to, iż w badaniu wstępnym przyjęto przyżyciową formę badań, nie określano wartości rzeźnej.

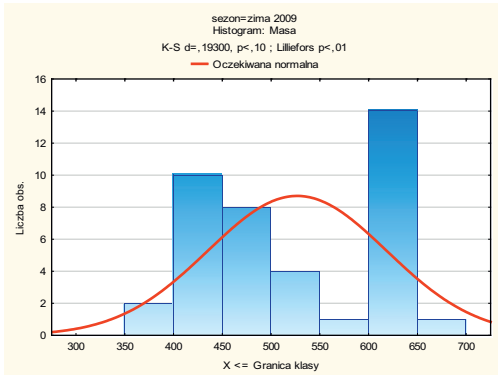
3.2.1. Wyniki analizy danych zebranych w trakcie badania wstępnego

Z uwagi na fakt, że zaobserwowano duży rozrzut wartości masy złowionych ryb, wykreślono histogramy w celu określenia najlepszego podziału sortymentów.

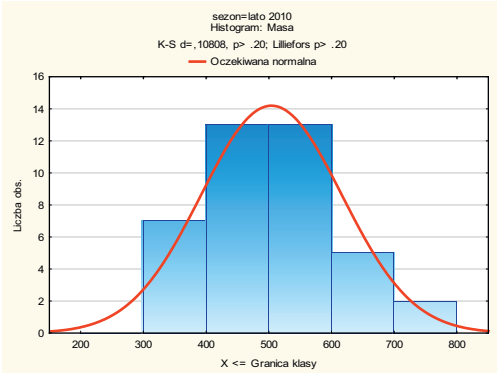
Dokonane obserwacje sugerowały nierównomierny rozkład wartości zależny od sezonu hodowlanego. W dalszych pracach postanowiono pobierać próby w dwóch kategoriach wagowych, w tzw. sortymencie S (od 350 g do 500 g) i D (od 501 g do 800 g). Następnie sprawdzono, czy obserwowane różnice w wartościach badanych parametrów w analizowanych sezonach są istotne statystycznie. W tabeli 3.3 zestawiono wyniki testu *t*-Studenta dla podstawowych parametrów, zarówno bez podziału na wyłonione sortymenty, jak i z podziałem.



bez rozdzielania na sezony



w sezonie jesień 2009



w sezonie wiosna 2010

Tabela 3.3. Analiza różnic otrzymanych wartości badanych parametrów (test *t*-Studenta). Wartości istotne statystycznie wyróżniono na czerwono

Parametry	Średnia		*t*	*df*	*p*	SD	
	jesień 2009	wiosna 2010				jesień 2009	wiosna 2010
Bez rozdziału							
Lc (cm)	35,0425	35,2525	-0,416	78	0,677	2,015	2,468
Masa (g)	526,7750	504,1800	0,985	78	0,327	91,680	112,418
Wsp. Fultona	1,2151	1,1090	3,019	78	0,003	0,087	0,204
Sortyment S							
Lc (cm)	33,4250	33,1050	0,897	38	0,375	1,269	0,963
Masa (g)	445,8500	410,5950	2,896	38	0,006	31,787	44,195
Wsp. Fultona	1,1980	1,0772	1,841	38	0,073	0,108	0,272
Sortyment D							
Lc (cm)	36,6600	37,4000	-1,883	38	0,067	1,105	1,365
Masa (g)	607,7000	597,7650	0,496	38	0,622	49,553	74,496
Wsp. Fultona	1,2322	1,1408	3,636	38	0,000	0,058	0,096

Uwagi: *t* – wartość statystyki testowej, *df* – liczba stopni swobody, *p* – prawdopodobieństwo, *SD* – odchylenie standardowe

W przypadku nierozdzielenia danych na sortymenty różnice istotne statystycznie stwierdzono jedynie dla parametru współczynnik Fultona. Po podzieleniu danych na sortymenty D i S otrzymano następujące wyniki analizy porównawczej: potwierdzenie istotności zróżnicowania dla parametru masa w sortymencie S i parametru współczynnik Fultona dla sortymentu D. Z uwagi na to, że współczynnik ten, świadczący o kondycji ryb, jest zależny od masy ciała ryb, w dalszych pracach rekomenduje się utrzymywanie zbierania danych w podziale na sezony hodowlane stosowane w praktyce hodowli pstrąga.

3.2.2. Podsumowanie badań wstępnych

Wyniki wskazują na poprawność przyjętych założeń w zakresie rozdzielenia okresów poboru prób zgodnie z praktykowanymi sezonami hodowlanymi – ze względu na możliwość wystąpienia różnic istotnych statystycznie. Wartości poszczególnych parametrów wskazują też na konieczność podziału badanego materiału na dwa sortymenty (D > 500 g i S < 500 g) oraz wynikające stąd zwiększenie liczebności prób. Wymagana liczebność próby z każdego sortymentu to minimum 20 sztuk.

Celem zaprezentowania kierunku badań w obrębie wskaźników hodowlanych i biometrycznych pstrągów, jak i charakterystyki uzyskiwanych w tym zakresie wyników przedstawiono badania wykonane w dwóch sezonach: wiosennym i jesiennym.

3.3. Wyniki badań z wiosennego sezonu badawczego

Wskaźniki technologiczne produkcji określono na miejscu poboru prób, dokonując analizy ksiąg stawowych oraz odczytów na urządzeniach. Zestawiono je w tabeli 3.4, natomiast wyniki statystyczne w tabeli 3.5.

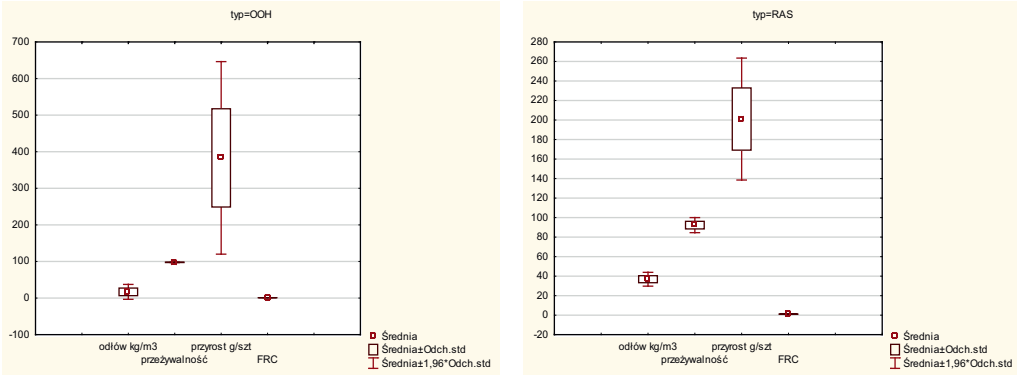
Tabela 3.4. Zestawienie analizowanych wskaźników hodowlano-technologicznych w badanych gospodarstwach rybackich

Wskaźniki	Gospodarstwo rybackie					
	1-OOH	2-OOH	3-OOH	1-RAS	2-RAS	3-RAS
Powierzchnia (m^2)	56	2 700	156	210	250	125
Objętość wodna (m^3)	56	3 500	156	210	470	100
Przepływ wody (l/s)	8	10	8	28	300	14
Recyrkulacja (*n* stopni)	–	–	–	3	5	6
Numer obiektu badanego	–	–	–	II	IV	V
OBSADA						
Liczebność (szt.)	2 549	12 400	7 200	20 230	48 980	10 500
Masa (kg)	745	1 020	1 300	3 357	12 000	1 650
Zagęszczenie (kg/m^3)	13,30	0,29	8,33	15,99	25,53	16,50
Masa jednostkowa (g/szt.)	292	82	180	166	245	157
ODŁÓW						
Liczebność (szt.)	2 514	12 100	7 415	18 625	47 610	9 200
Masa (kg)	1 364	7 863	3 805	6 798	19 425	3 660
Zagęszczenie (kg/m^3)	24,36	2,25	24,39	32,50	41,33	36,60
Masa jednostkowa (g/szt.)	542	649	513	365	408	398
Przeżywalność (%)	98,60	97,60	0,97	92,00	97,20	0,88
Przyrost ogólny (kg)	619	6 843	2 504	3 441	7 425	2 010
Przyrost sztuki (g/szt.)	250,00	567,00	333,00	199,00	163,00	241,00
Przyrost średni dzienny (%)	0,62	0,83	1,05	0,86	0,65	1,01
FCR	0,97	1,08	1,09	1,13	0,98	1,03

Tabela 3.5. Zestawienie wskaźników uzyskanych w wiosennym sezonie badawczym, używanych w analizach statystycznych

Wskaźniki	Gospodarstwo rybackie							
	1-OOH	2-OOH	3-OOH	Średnia	1-RAS	2-RAS	3-RAS	Średnia
Odłów ryb (kg/m³)	24,36	2,25	24,39	**17,01**	32,50	41,33	36,60	**36,81**
Przeżywalność (%)	98,6	97,6	97,1	**97,8**	92,0	97,2	87,6	**92,3**
Przyrost sztuki (g/szt.)	250	567	333	**383**	199	163	241	**201**
FCR	0,97	1,08	1,09	**1,05**	1,13	0,98	1,03	**1,05**

W pierwszym etapie badań, ze względu na niewielką ilość danych, postanowiono sprawdzić, czy wstępnie obserwowane różnice w wartościach analizowanych parametrów są istotne statystycznie, traktując pomiary w grupach OOH i RAS jako składowe próby.



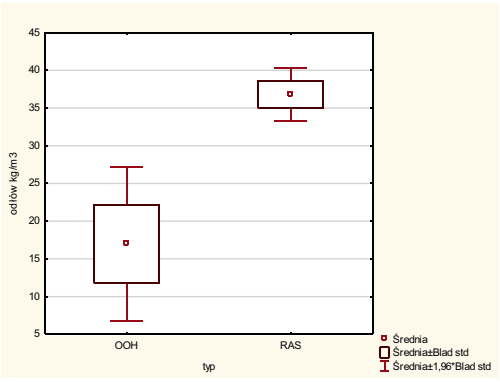
Największy rozrzut wartości i największe odchylenia standardowe obserwowano dla parametru przyrost sztuki (g/szt.). Obserwacje te często notowano w grupie gospodarstw oznaczanych jako OOH. Aby potwierdzić istotność statystyczną obserwowanego zróżnicowania, przeprowadzono analizę przy użyciu testu *t*-Studenta. Wyniki analizy przedstawia tabela 3.6.

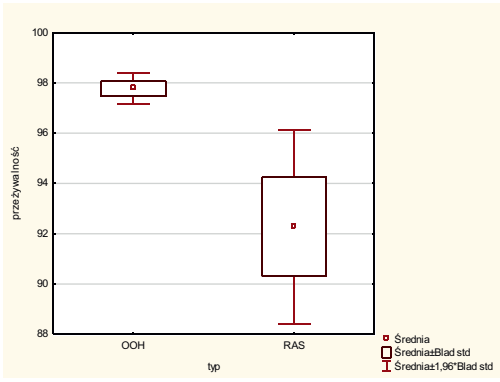
Tabela 3.6. Wyniki analizy wskaźników technologiczno-hodowlanych (test *t*-Studenta). Różnice istotne statystycznie wyróżniono kolorem czerwonym

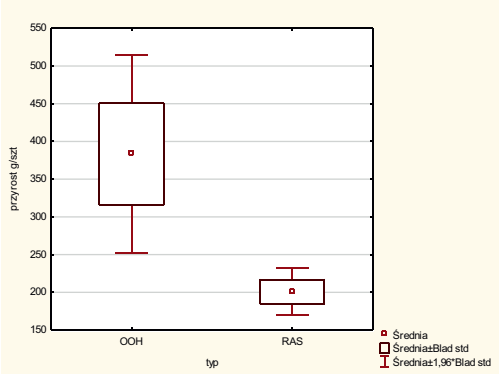
Wskaźniki	Średnia		*t*	*p*	SD	
	OOH	RAS			OOH	RAS
Odłów ryb (kg/m³)	17,0025	36,8100	-3,589	0,011	10,429	3,607
Przeżywalność (%)	97,7750	92,2750	2,768	0,032	0,623	3,923
Przyrost (g/szt.)	383,2500	201,0000	2,642	0,038	134,219	31,874
FCR	1,0475	1,0475	0,000	1,000	0,054	0,062

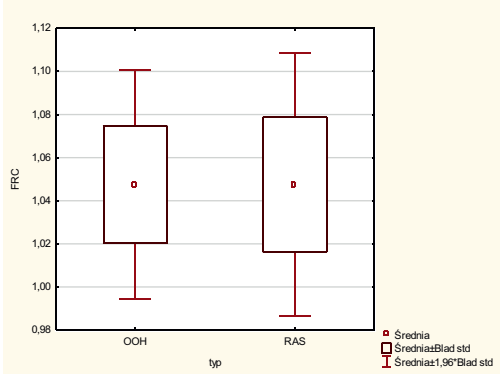
Uwagi: *t* – wartość statystyki testowej, *p* – prawdopodobieństwo, SD – odchylenie standardowe.

Przeprowadzona analiza potwierdziła, iż różnice obserwowane w wielkości odłowu okazały się istotne i na analizowanym etapie badań wskazują na to, iż większe wartości uzyskiwane są w typie hodowli RAS. Obserwowane różnice w parametrach przeżywalność i przyrost sztuki okazały się być istotne, a wyższe wartości uzyskiwano w typie hodowli OOH. Zaskakujące okazały się wyniki dla wskaźnika FCR. Analiza statystyczna nie potwierdziła istotnego statystycznie zróżnicowania wartości tego parametru w obu typach hodowli.









W tabeli 3.7 zestawiono wartości parametrów biometrycznych otrzymanych w trakcie prac wiosennego sezonu badawczego, zarówno bez, jak i z podziałem na typy hodowli. W tabeli 3.8 zestawiono podstawowe statystyki opisowe danych zebranych na podstawie próby w trakcie prac analizowanego sezonu badawczego z podziałem na typy hodowli i sortymenty.

Tabela 3.7. Podstawowe statystyki opisowe danych zebranych w wiosennym sezonie badawczym

Parametry	*N* ważnych	Średnia	Minimum	Maksimum	SD
Lc (cm)	240	34,7900	26,8000	42,4000	2,7706
Masa (g)	240	502,9163	234,0000	825,0000	124,1636
Współczynnik rzeźny (g)	240	429,7197	200,0000	727,0000	106,2284
% Wsp. rzeźnego (%)	240	85,5354	71,8310	90,8000	2,1450
Współczynnik Fultona	240	1,1756	0,8071	1,7088	0,1353
1-RAS					
Lc (cm)	40	34,1975	26,8000	40,1000	3,7213
Masa (g)	40	510,5500	238,0000	825,0000	181,3385
Wsp. rzeźny (g)	40	440,8500	204,0000	727,0000	157,8082
% Wsp. rzeźnego (%)	40	86,2422	82,5397	90,0000	1,5202
Współczynnik Fultona	40	1,2228	1,0110	1,7088	0,1432
2-RAS					
Lc (cm)	40	33,2450	28,8000	38,8000	2,6054
Masa (g)	40	445,0000	234,0000	696,0000	138,8689

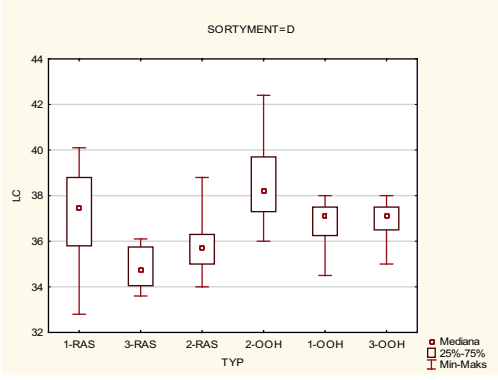
Parametry	*N* ważnych	Średnia	Minimum	Maksimum	SD
Wsp. rzeźny (g)	40	379,1000	200,0000	578,0000	113,0402
% Wsp. rzeźnego (%)	40	85,6374	71,8310	89,6296	2,9128
Współczynnik Fultona	40	1,1688	0,9399	1,4672	0,1363
3-RAS					
Lc (cm)	40	33,4950	29,5000	36,1000	1,75440
Masa (g)	40	473,7750	320,0000	616,0000	79,81340
Wsp. rzeźny (g)	40	402,2250	282,0000	515,0000	61,08820
% Wsp. rzeźnego (%)	40	85,1529	80,9524	89,2183	2,06759
Współczynnik Fultona	40	1,2503	1,0238	1,3793	0,07934
1-OOH					
Lc (cm)	40	35,0425	32,0000	38,0000	2,01595
Masa (g)	40	526,7750	354,0000	692,0000	91,68074
Wsp. rzeźny (g)	40	445,6000	296,0000	592,0000	82,29740
% Wsp. rzeźnego (%)	40	84,5638	71,8310	89,3728	2,38641
Współczynnik Fultona	40	1,2151	1,0356	1,3977	0,08792
2-OOH					
Lc (cm)	40	37,5225	35,8000	42,4000	1,5310
Masa (g)	40	538,7500	450,0000	825,0000	111,4402
Wsp. rzeźny (g)	40	458,6000	377,0000	710,0000	95,3893
% Wsp. rzeźnego (%)	40	85,1038	83,6364	86,9697	1,0944
Współczynnik Fultona	40	1,0095	0,8071	1,2699	0,1065
3-OOH					
Lc (cm)	40	35,2487	32,0000	38,0000	2,09107
Masa (g)	40	523,1538	354,0000	692,0000	90,81982
Wsp. rzeźny (g)	40	452,5128	307,0000	585,0000	81,13954
% Wsp. rzeźnego (%)	40	86,5376	83,6957	90,8000	1,83406
Współczynnik Fultona	40	1,1871	0,9871	1,3733	0,09705

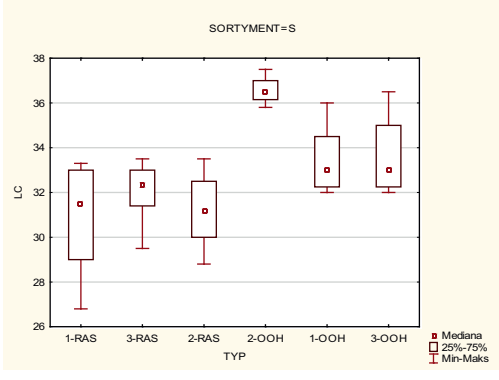
Tabela 3.8. Podstawowe statystyki opisowe danych zebranych w wiosennym sezonie badawczym z podziałem na typy hodowli i sortymenty

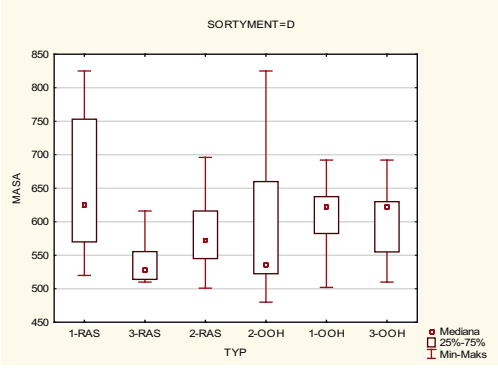
Parametry	Sortyment D				Sortyment S			
	Średnia	Min.	Maks.	SD	Średnia	Min.	Maks.	SD
1-RAS								
Lc (cm)	37,16	32,80	40,10	1,87	30,91	26,80	33,30	2,11
Masa (g)	659,04	520,00	825,00	101,09	346,42	238,00	485,00	75,70
Wsp. rzeźny (g)	570,14	452,00	727,00	87,71	297,94	204,00	416,00	65,96
% Wsp. rzeźnego (%)	86,51	83,92	90,00	1,53	85,93	82,53	89,29	1,48
Współczynnik Fultona	1,28	1,13	1,78	0,15	1,15	1,01	1,34	0,09
2-RAS								
Lc (cm)	35,71	34,00	38,80	1,125	31,23	28,80	33,50	1,451
Masa (g)	581,61	501,00	696,00	48,156	333,23	234,00	459,00	69,659
Wsp. rzeźny (g)	489,17	408,00	578,00	42,896	289,05	200,00	389,00	57,976
% Wsp. rzeźnego (%)	84,14	71,83	89,37	3,499	86,87	83,81	89,63	1,527
Współczynnik Fultona	1,28	1,08	1,47	0,090	1,08	0,94	1,34	0,097
3-RAS								
Lc (cm)	34,91	33,60	36,10	0,876	32,08	29,50	33,50	1,142
Masa (g)	541,95	510,00	616,00	34,827	405,60	320,00	480,00	45,583
Wsp. rzeźny (g)	454,20	427,00	515,00	24,941	350,25	282,00	428,00	36,752
% Wsp. rzeźnego (%)	83,87	80,95	88,24	1,577	86,44	83,48	89,22	1,673
Współczynnik Fultona	1,27	1,17	1,37	0,055	1,23	1,02	1,38	0,094

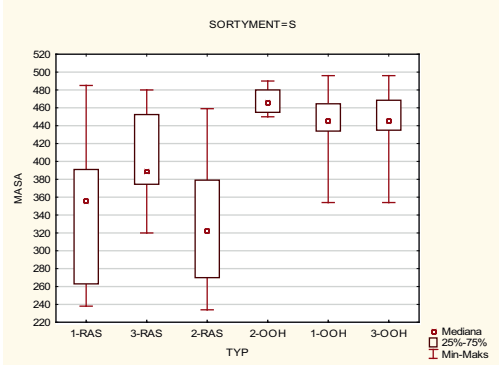
1-OOH								
Lc (cm)	36,7	34,5	38,0	1,11	33,42	32,00	36,00	1,270
Masa (g)	607,7	502,0	692,0	49,55	445,85	354,00	496,00	31,788
Wsp. rzeźny (g)	517,6	420,0	592,0	44,32	373,55	296,00	437,00	31,766
% Wsp. rzeźnego (%)	85,2	83,7	86,1	0,85	83,89	71,83	89,37	3,166
Współczynnik Fultona	1,2	1,1	1,4	0,06	1,20	1,04	1,40	0,109
2-OOH								
Lc (cm)	38,47	36,00	42,40	1,59	36,57	35,80	37,50	0,621
Masa (g)	610,00	480,00	825,00	120,72	467,50	450,00	490,00	15,174
Wsp. rzeźny (g)	521,10	402,00	710,00	101,45	396,10	377,00	421,00	12,715
% Wsp. rzeźnego (%)	85,47	83,64	86,97	1,16	84,73	83,67	86,09	0,907
Współczynnik Fultona	1,06	0,81	1,27	0,12	0,96	0,89	1,01	0,051
3-OOH								
Lc (cm)	36,93	35,00	38,00	0,823	33,65	32,00	36,50	1,607
Masa (g)	605,26	510,00	692,00	48,786	445,15	354,00	496,00	33,089
Wsp. rzeźny (g)	525,53	437,00	585,00	45,927	383,15	307,00	428,00	27,814
% Wsp. rzeźnego (%)	86,87	84,08	90,80	1,737	86,22	83,70	88,92	1,911
Współczynnik Fultona	1,20	1,10	1,30	0,056	1,18	0,99	1,37	0,125

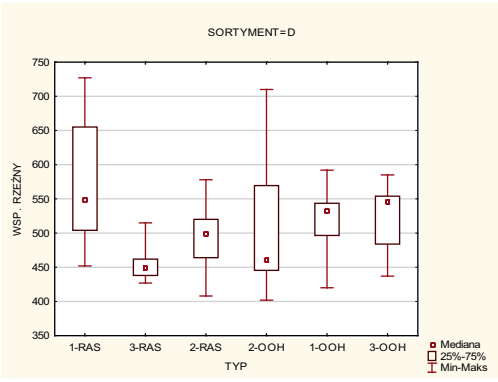
Porównanie typów hodowli w podziale na sortymenty ilustrują poniższe wykresy.

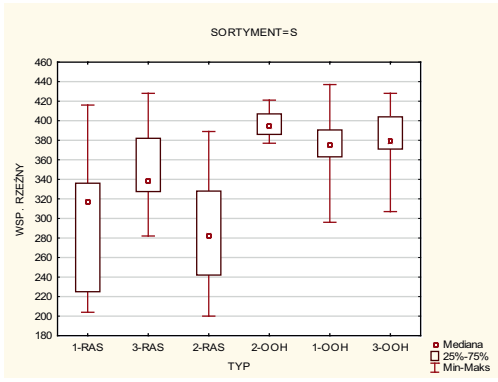


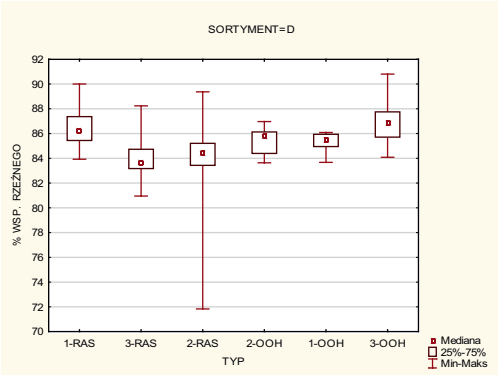


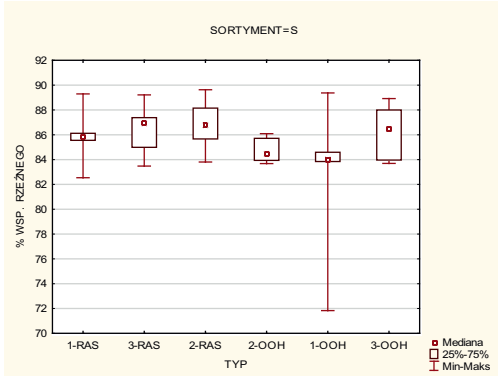


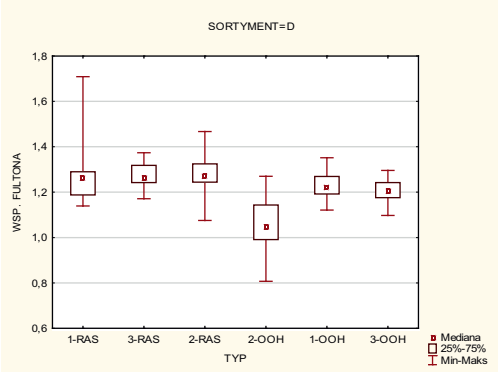


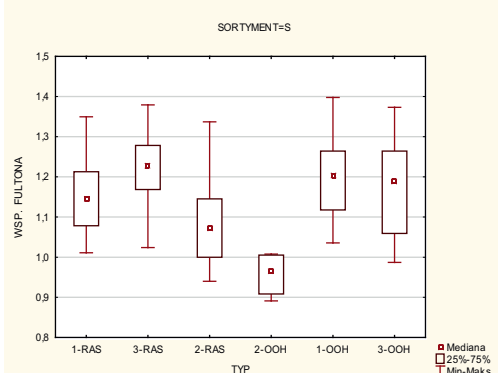












Z uwagi na obserwowane różnice w wartościach otrzymanych parametrów analizie poddano ich istotność statystyczną. W tym celu posłużono się nieparametryczną analizą wariancji – testem Kruskala–Willisa. Wyniki przykładowej analizy dla parametru Lc przedstawia tabela 3.9. Na podstawie analizy przeprowadzonej dla danych niezróżnicowanych na sortymenty stwierdzono, że wartości parametru Lc uzyskiwane w hodowlach typu RAS nie różnią się w sposób istotny statystycznie. Istotnie różne wyniki otrzymano przy porównaniu danych uzyskanych dla gospodarstwa 2-OOH i pozostałych gospodarstw (wartości te zaznaczono na czerwono) oraz dla gospodarstwa 3-OOH, 2-RAS i 3-RAS. W przypadku podziału na sortymenty (S i D) w wiosennym sezonie badawczym stwierdzono istotne statystyczne zróżnicowanie wartości uzyskiwanych dla parametru Lc, natomiast analizy wskazują na wyraźne zróżnicowanie

(różnice istotne statystycznie wyróżniono na czerwono). Podobne analizy przeprowadzono dla wszystkich badanych parametrów. Wartości otrzymanej statystyki *H* przedstawiono w tabeli 3.9.

Tabela 3.9. Wartość statystyki *z* (dolna część tabeli) i prawdopodobieństwa *p* (górna część tabeli, czcionka pochylona, pogrubiona) dla porównań wielokrotnych parametru *Lc*. Nieparametryczna analiza wariancji – test Kruskala–Wallisa: *H* (5, *N* = 240) = 67,74048; *p* =0,0000. Wartości istotne statystycznie wyróżniono kolorem czerwonym

Gospodarstwo	Gospodarstwo rybackie					
	1-RAS	3-RAS	2-RAS	2-OOH	1-OOH	3-OOH
Razem						
1-RAS	–	*0,889*	*0,822*	*0,000*	*1,000*	*1,000*
3-RAS	1,886	–	*1,000*	*0,000*	*0,073*	*0,019*
2-RAS	1,920	0,034	**–**	*0,000*	*0,065*	*0,017*
2-OOH	5,096	6,983	7,017	–	*0,000*	*0,003*
1-OOH	0,931	2,817	2,851	4,166	**–**	*1,000*
3-OOH	1,351	3,226	3,259	3,713	0,426	–
Sortyment D						
1-RAS	–	0,000	0,061	0,527	1,000	1,000
3-RAS	4,527	–	1,000	0,000	0,003	0,000
2-RAS	2,871	1,515	–	0,000	0,515	0,130
2-OOH	2,107	6,554	4,865	–	0,071	0,378
1-OOH	0,751	3,730	2,116	2,824	–	1,000
3-OOH	0,186	4,231	2,625	2,239	0,549	–
Sortyment S						
1-RAS	–	0,046	1,000	0,043	0,002	1,000
3-RAS	2,964	–	1,000	1,000	1,000	0,013
2-RAS	1,205	1,759	–	1,000	0,110	1,000
2-OOH	2,979	0,015	1,774	–	1,000	0,012
1-OOH	3,886	0,922	2,681	0,907	–	0,000
3-OOH	0,393	3,338	1,590	3,353	4,254	–

3.3.1. Podsumowanie analiz

Istotne statystycznie zróżnicowanie ze względu na typ hodowli obserwowano dla parametrów hodowlanych Lc, % wsp. rzeźnego, i współczynnika Fultona. Dla parametrów masa i współczynnik rzeźny istotnego statystycznie zróżnicowania nie stwierdzono. Wyniki analiz zmieniają się po wprowadzeniu dodatkowego parametru – sortyment. Wtedy zróżnicowanie jest obserwowane dla wszystkich parametrów (tab. 3.10).

Tabela 3.10. Tabela wyników statystyki *H* testu Kruskala–Wallisa dla analiz wykonywanych po uwzględnieniu podziału na sortymenty

Parametr	SORTYMENT D	SORTYMENT S
Lc	*H* (5, *N* = 120) =53,49580; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 70,54591; *p* = 0,0000
Masa	*H* (5, *N* = 120) =23,21431; *p* = 0,0003	*H* (5, *N* = 120) = 58,94110; *p* = 0,0000
Wsp. rzeźny	*H* (5, *N* = 120) =3 2,29371; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 56,66255; *p* = 0,0000
% Wsp. rzeźnego	*H* (5, *N* = 120) = 42,06658; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 31,59334; *p* = 0,0000
Współczynnik Fultona	*H* (5, *N* = 120) = 43,39992; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 60,07633; *p* = 0,0000

W przypadku różnicowania przy użyciu obu parametrów: typ hodowli i sortyment, największe zróżnicowanie (w pierwszym sezonie badań) wobec pozostałych grup przejawiały wyniki otrzymane dla hodowli 2-OOH, następnie 3-RAS i 2-RAS.

3.4. Wyniki badań z jesiennego sezonu badawczego

Wskaźniki technologiczne produkcji uzyskano na miejscu poboru prób, dokonując analizy ksiąg stawowych oraz odczytów na urządzeniach. Wyniki badań wskaźników hodowlano-technologicznych charakteryzujących badane gospodarstwa rybackie zestawiono w tabeli 3.11. Natomiast wyniki wskaźników użyte w analizach statystycznych zestawiono w tabeli 3.12.

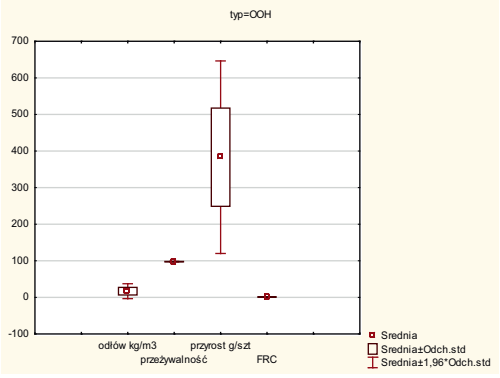
Tabela 3.11. Zestawienie analizowanych wskaźników hodowlano-technologicznych w badanych gospodarstwach rybackich

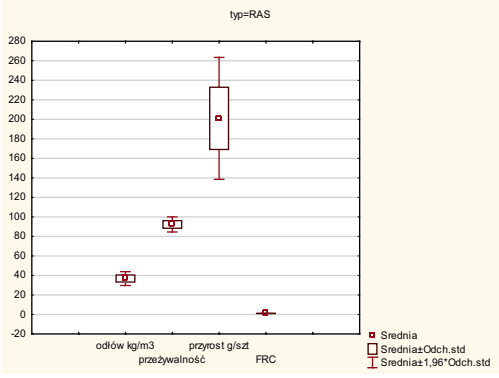
Wskaźniki	Gospodarstwo rybackie					
	1-OOH	2-OOH	3-OOH	1-RAS	2-RAS	3-RAS
Powierzchnia (m^2)	56	2 700	156	210	250	125
Objętość wodna (m^3)	56	3 500	156	210	470	100
Przepływ wody (l/s)	8	10	8	28	300	14
Recyrkulacja (*n* stopni)	–	–	–	3	5	6
Numer obiektu badanego	–	–	–	II	IV	V
OBSADA						
Liczebność (szt.)	2 549	12 400	7 200	20 230	48 980	10 500
Masa (kg)	745	1 020	1 300	3 357	12 000	1 650
Zagęszczenie (kg/m^3)	13,30	0,29	8,33	15,99	25,53	16,50
Masa jednostkowa (g/szt.)	292	82	180	166	245	157
ODŁÓW						
Liczebność (szt.)	2 514	12 100	7 415	18 625	47 610	9 200
Masa (kg)	1 364	7 863	3 805	6 798	19 425	3 660
Zagęszczenie (kg/m^3)	24,36	2,25	24,39	32,50	41,33	36,60
Masa jednostkowa (g/szt.)	542	649	513	365	408	398
Przeżywalność (%)	98,60	97,60	0,97	92,00	97,20	0,88
Przyrost ogólny (kg)	619	6 843	2 504	3 441	7 425	2 010
Przyrost sztuki (g/szt.)	250,00	567,00	333,00	199,00	163,00	241,00
Przyrost średni dzienny (%)	0,62	0,83	1,05	0,86	0,65	1,01
FCR	0,97	1,08	1,09	1,13	0,98	1,03

Tabela 3.12. Zestawienie wskaźników uzyskanych wiosną, używanych w analizach statystycznych

Wskaźnik	Gospodarstwo rybackie							
	1-OOH	2-OOH	3-OOH	Średnia	1-RAS	2-RAS	3-RAS	Średnia
Odłów ryb (kg/m^3)	24,36	2,25	24,39	***17,01***	32,50	41,33	36,60	***36,81***
Przeżywalność (%)	98,6	97,6	97,1	***97,8***	92,0	97,2	87,6	***92,3***
Przyrost sztuki (g/szt.)	250	567	333	***383***	199	163	241	***201***
FCR	0,97	1,08	1,09	***1,05***	1,13	0,98	1,03	***1,05***

W pierwszym etapie badań, ze względu na niewielką ilość danych, postanowiono sprawdzić, czy wstępnie obserwowane różnice w wartościach analizowanych parametrów są istotne statystycznie, traktując pomiary w grupach OOH i RAS jako składowe próby.





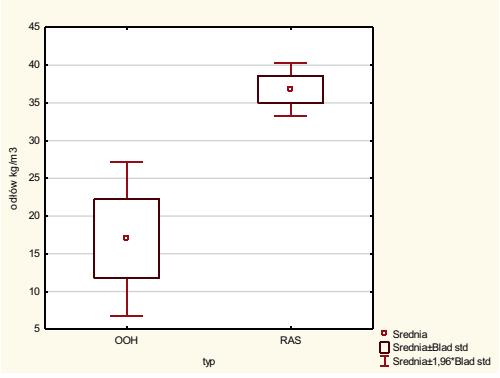
Największy rozrzut wartości i największe odchylenia standardowe obserwowano dla parametru przyrost sztuki. Obserwacji tych często dokonywano w grupie gospodarstw oznaczanych jako OOH. Aby potwierdzić istotność statystyczną obserwowanego zróżnicowania, przeprowadzono analizę przy użyciu testu *t*-Studenta. Wyniki analizy zestawiono w tabeli 3.13.

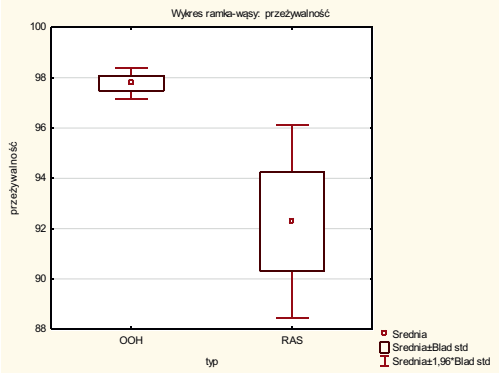
Tabela 3.13. Wyniki analizy wskaźników technologiczno hodowlanych (test *t*-Studenta). Różnice istotne statystycznie wyróżniono kolorem czerwonym

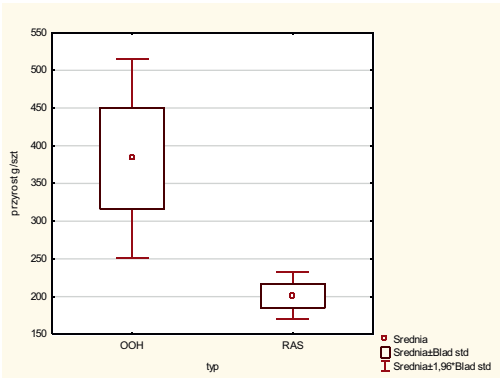
Parametry	Średnia		*t*	*p*	SD	
	OOH	RAS			OOH	RAS
Odłów (kg/m^3)	17,0025	36,8100	-3,589	0,011	10,429	3,607
Przeżywalność (%)	97,7750	92,2750	2,768	0,032	0,623	3,923
Przyrost (g/szt.)	383,2500	201,0000	2,642	0,038	134,219	31,874
FCR	1,0475	1,0475	0,000	1,000	0,054	0,062

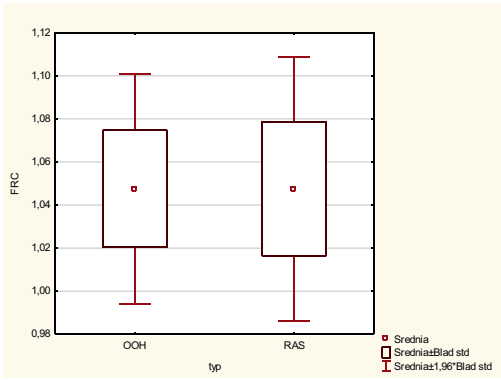
Uwagi: *t* – wartość statystyki testowej, *p* – prawdopodobieństwo, SD – odchylenie standardowe.

Przeprowadzona analiza potwierdziła, iż różnice obserwowane w wielkości odłowu (kg/m^3) okazały się istotne i w okresie jesieni większe wartości uzyskiwane były w typie hodowli RAS, również różnice obserwowane w parametrach przeżywalność i przyrost sztuki okazały się być istotne, a wyższe wartości uzyskiwano w typie hodowli OOH. Zaskakujące okazały się wyniki dla wskaźnika FCR. Analiza statystyczna nie potwierdziła istotnego statystycznie zróżnicowania wartości tego parametru w obu typach hodowli.









W tabeli 3.14 zestawiono wartości parametrów biometrycznych otrzymanych w trakcie prac przeprowadzonych jesienią, zarówno bez, jak i z podziałem na typy hodowli. W tabeli 3.15 zestawiono podstawowe statystyki opisowe danych zebranych na podstawie próby w analizowanym sezonie badawczym z podziałem na typy hodowli i sortymenty.

Tabela 3.14. Podstawowe statystyki opisowe danych zebranych w sezonie jesiennym

Parametry	*N* ważnych	Średnia	Minimum	Maksimum	SD
Lc (cm)	240	34,7900	26,8000	42,4000	2,7706
Masa (g)	240	502,9163	234,0000	825,0000	124,1636
Wsp. rzeźny (g)	240	429,7197	200,0000	727,0000	106,2284
% Wsp. rzeźnego (%)	240	85,5354	71,8310	90,8000	2,1450
Wsp. Fultona	240	1,1756	0,8071	1,7088	0,1353
1-RAS					
Lc (cm)	40	34,1975	26,8000	40,1000	3,7213
Masa (g)	40	510,5500	238,0000	825,0000	181,3385
Wsp. rzeźny (g)	40	440,8500	204,0000	727,0000	157,8082
% Wsp. rzeźnego (%)	40	86,2422	82,5397	90,0000	1,5202
Wsp. Fultona	40	1,2228	1,0110	1,7088	0,1432
2-RAS					
Lc (cm)	40	33,2450	28,8000	38,8000	2,6054
Masa (g)	40	445,0000	234,0000	696,0000	138,8689
Wsp. rzeźny (g)	40	379,1000	200,0000	578,0000	113,0402
% Wsp. rzeźnego (%)	40	85,6374	71,8310	89,6296	2,9128
Wsp. Fultona	40	1,1688	0,9399	1,4672	0,1363
3-RAS					
Lc (cm)	40	33,4950	29,5000	36,1000	1,75440
Masa (g)	40	473,7750	320,0000	616,0000	79,81340
Wsp. rzeźny (g)	40	402,2250	282,0000	515,0000	61,08820
% Wsp. rzeźnego (%)	40	85,1529	80,9524	89,2183	2,06759
Wsp. Fultona	40	1,2503	1,0238	1,3793	0,07934
1-OOH					
Lc (cm)	40	35,0425	32,0000	38,0000	2,01595
Masa (g)	40	526,7750	354,0000	692,0000	91,68074
Wsp. rzeźny (g)	40	445,6000	296,0000	592,0000	82,29740
% Wsp. rzeźnego (%)	40	84,5638	71,8310	89,3728	2,38641
Wsp. Fultona	40	1,2151	1,0356	1,3977	0,08792

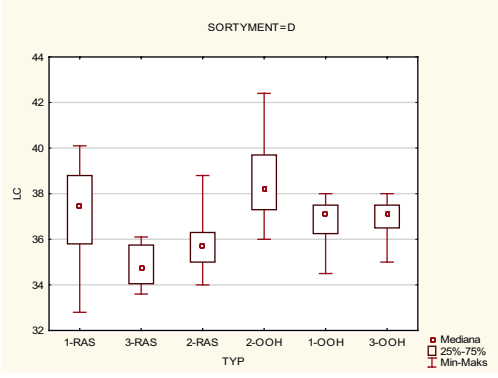
Parametry	*N* ważnych	Średnia	Minimum	Maksimum	SD
2-OOH					
Lc (cm)	40	37,5225	35,8000	42,4000	1,5310
Masa (g)	40	538,7500	450,0000	825,0000	111,4402
Wsp. rzeźny (g)	40	458,6000	377,0000	710,0000	95,3893
% Wsp. rzeźnego (%)	40	85,1038	83,6364	86,9697	1,0944
Wsp. Fultona	40	1,0095	0,8071	1,2699	0,1065
3-OOH					
Lc (cm)	40	35,2487	32,0000	38,0000	2,09107
Masa (g)	40	523,1538	354,0000	692,0000	90,81982
Wsp. rzeźny (g)	40	452,5128	307,0000	585,0000	81,13954
% Wsp. rzeźnego (%)	40	86,5376	83,6957	90,8000	1,83406
Wsp. Fultona	40	1,1871	0,9871	1,3733	0,09705

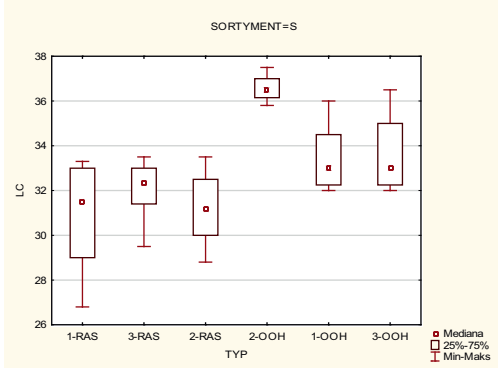
Tabela 3.15. Podstawowe statystyki opisowe danych zebranych na podstawie próby przeprowadzonej jesienią z podziałem na typy hodowli i sortymenty

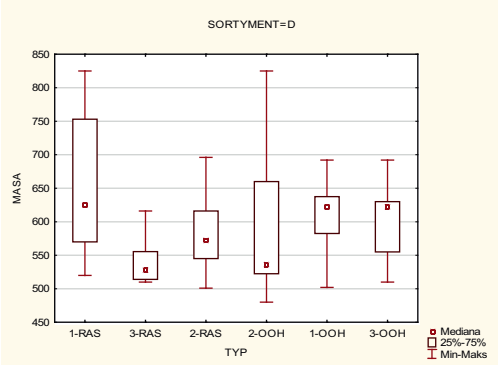
Parametry	Sortyment D				Sortyment S			
	Średnia	Min.	Max.	SD	Średnia	Min.	Max.	SD
1-RAS								
Lc (cm)	37,16	32,80	40,10	1,87	30,91	26,80	33,30	2,11
Masa (g)	659,04	520,00	825,00	101,09	346,42	238,00	485,00	75,70
Wsp. rzeźny (g)	570,14	452,00	727,00	87,71	297,94	204,00	416,00	65,96
% Wsp. rzeźnego (%)	86,51	83,92	90,00	1,53	85,93	82,53	89,29	1,48
Wsp. Fultona	1,28	1,13	1,78	0,15	1,15	1,01	1,34	0,09
2-RAS								
Lc (cm)	35,71	34,00	38,80	1,125	31,23	28,80	33,50	1,451
Masa (g)	581,61	501,00	696,00	48,156	333,23	234,00	459,00	69,659
Wsp. rzeźny (g)	489,17	408,00	578,00	42,896	289,05	200,00	389,00	57,976
% Wsp. rzeźnego (%)	84,14	71,83	89,37	3,499	86,87	83,81	89,63	1,527
Wsp. Fultona	1,28	1,08	1,47	0,090	1,08	0,94	1,34	0,097
3-RAS								
Lc (cm)	34,91	33,60	36,10	0,876	32,08	29,50	33,50	1,142
Masa (g)	541,95	510,00	616,00	34,827	405,60	320,00	480,00	45,583
Wsp. rzeźny (g)	454,20	427,00	515,00	24,941	350,25	282,00	428,00	36,752
% Wsp. rzeźnego (%)	83,87	80,95	88,24	1,577	86,44	83,48	89,22	1,673
Wsp. Fultona	1,27	1,17	1,37	0,055	1,23	1,02	1,38	0,094
1-OOH								
Lc (cm)	36,7	34,5	38,0	1,11	33,42	32,00	36,00	1,270
Masa (g)	607,7	502,0	692,0	49,55	445,85	354,00	496,00	31,788
Wsp. rzeźny (g)	517,6	420,0	592,0	44,32	373,55	296,00	437,00	31,766
% Wsp. rzeźnego (%)	85,2	83,7	86,1	0,85	83,89	71,83	89,37	3,166
Wsp. Fultona	1,2	1,1	1,4	0,06	1,20	1,04	1,40	0,109

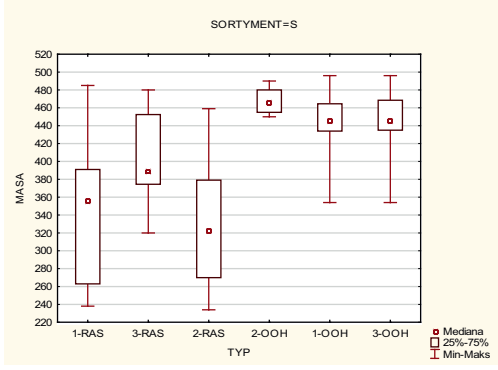
Parametry	Sortyment D				Sortyment S			
	Średnia	Min.	Max.	SD	Średnia	Min.	Max.	SD
2-OOH								
Lc (cm)	38,47	36,00	42,40	1,59	36,57	35,80	37,50	0,621
Masa (g)	610,00	480,00	825,00	120,72	467,50	450,00	490,00	15,174
Wsp. rzeźny (g)	521,10	402,00	710,00	101,45	396,10	377,00	421,00	12,715
% Wsp. rzeźnego (%)	85,47	83,64	86,97	1,16	84,73	83,67	86,09	0,907
Wsp. Fultona	1,06	0,81	1,27	0,12	0,96	0,89	1,01	0,051
3-OOH								
Lc (cm)	36,93	35,00	38,00	0,823	33,65	32,00	36,50	1,607
Masa (g)	605,26	510,00	692,00	48,786	445,15	354,00	496,00	33,089
Wsp. rzeźny (g)	525,53	437,00	585,00	45,927	383,15	307,00	428,00	27,814
% Wsp. rzeźnego (%)	86,87	84,08	90,80	1,737	86,22	83,70	88,92	1,911
Wsp. Fultona	1,20	1,10	1,30	0,056	1,18	0,99	1,37	0,125

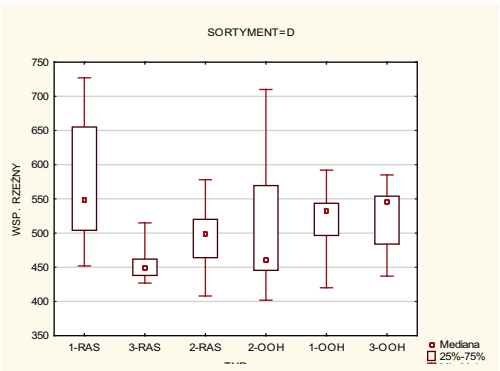
Porównanie typów hodowli w podziale na sortymenty przedstawiono na poniższych wykresach.

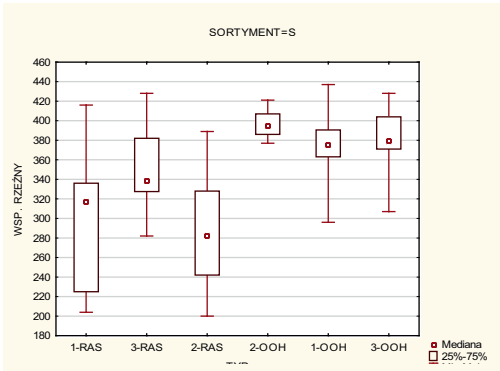


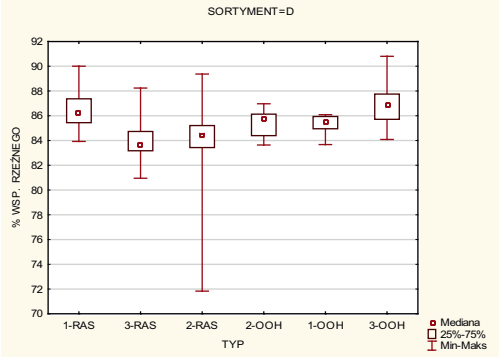


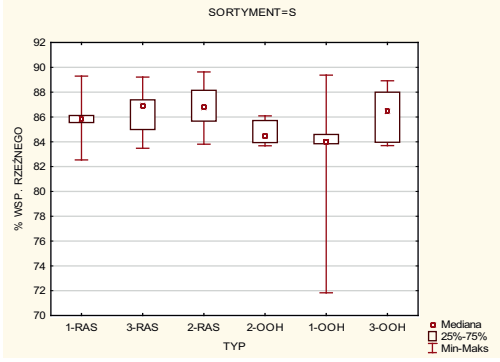


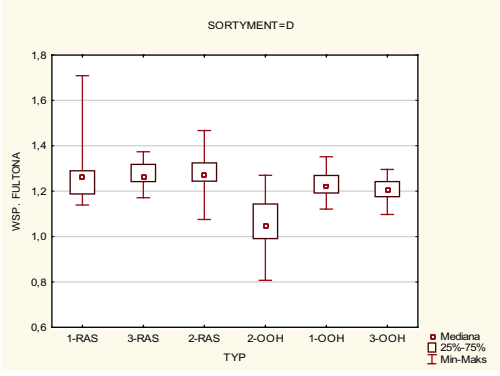


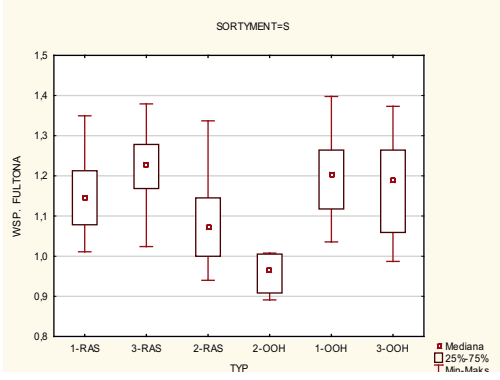












Z uwagi na różnice obserwowane w wartościach otrzymanych parametrów, analizowano ich istotność statystyczną. W tym celu posłużono się nieparametryczną analizą wariancji – testem Kruskala–Willisa. Wyniki przykładowej analizy dla parametru Lc przedstawia tabela 3.16. Na podstawie analizy przeprowadzonej dla danych niezróżnicowanych na sortymenty stwierdzono, że wartości parametru Lc uzyskiwane w hodowlach typu RAS nie różnią się w sposób istotny statystycznie. Istotnie różne wyniki otrzymano, porównując wyniki uzyskane dla gospodarstwa 2-OOH i pozostałych gospodarstw (dane zaznaczone na czerwono) oraz dla gospodarstwa 3-OOH i 2-RAS i 3-RAS. W przypadku podziału na sortymenty obserwowano zróżnicowanie w wynikach hodowli, wyrażanych wartościami badanych parametrów, pomiędzy wszystkimi badanymi gospodarstwami OOH (dla sortymentu D) oraz zróżnicowanie w osiąganych wynikach

hodowli wśród gospodarstw typu RAS (istotne statystycznie różnice dla gospodarstwa 3-RAS). W tym etapie badań stwierdzono istotne statystyczne zróżnicowanie wartości uzyskiwanych dla parametru Lc, natomiast nie udało się uchwycić w tym zakresie wyraźnego trendu. Podobne analizy przeprowadzono dla wszystkich badanych parametrów. Wartości otrzymanej statystyki *H* przedstawiono w tabeli 3.17.

Tabela 3.16. Wartość statystyki *z* (dolna część tabeli) i prawdopodobieństwa *p* (górna część tabeli czcionka pochylona, pogrubiona) dla porównań wielokrotnych parametru Lc. Nieparametryczna analiza wariancji – test Kruskala–Wallisa: *H* (5, *N* = 240) = 67,74048; *p* = 0,0000 (wartości istotne statystycznie wyróżniono kolorem czerwonym)

Gospodarstwo	Gospodarstwo rybackie					
	1-RAS	3-RAS	2-RAS	2-OOH	1-OOH	3-OOH
Razem						
1-RAS	–	***0,889***	***0,822***	***0,000***	***1,000***	***1,000***
3-RAS	1,886	–	***1,000***	***0,000***	***0,073***	***0,019***
2-RAS	1,920	0,034	–	***0,000***	***0,065***	***0,017***
2-OOH	5,096	6,983	7,017	–	***0,000***	***0,003***
1-OOH	0,931	2,817	2,851	4,166	–	***1,000***
3-OOH	1,351	3,226	3,259	3,713	0,426	–
Sortyment D						
1-RAS	–	0,000	0,061	0,527	1,000	1,000
3-RAS	4,527	–	1,000	0,000	0,003	0,000
2-RAS	2,871	1,515	–	0,000	0,515	0,130
2-OOH	2,107	6,554	4,865	–	0,071	0,378
1-OOH	0,751	3,730	2,116	2,824	–	1,000
3-OOH	0,186	4,231	2,625	2,239	0,549	–
Sortyment S						
1-RAS	–	0,046	1,000	0,043	0,002	1,000
3-RAS	2,964	–	1,000	1,000	1,000	0,013
2-RAS	1,205	1,759	–	1,000	0,110	1,000
2-OOH	2,979	0,015	1,774	–	1,000	0,012
1-OOH	3,886	0,922	2,681	0,907	–	0,000
3-OOH	0,393	3,338	1,590	3,353	4,254	–

Istotne statystycznie zróżnicowanie, ze względu na technologię chowu obserwowano dla parametrów hodowlanych Lc, % wsp. rzeźnego i współczynnika Fultona. Dla parametrów masa i współczynnik rzeźny istotnego statystycznie zróżnicowania nie stwierdzono. Wyniki analiz zmieniają się po wprowadzeniu dodatkowego parametru – sortyment. Wtedy zróżnicowanie jest obserwowane dla wszystkich parametrów (tab. 3.17).

Tabela 3.17. Tabela wyników statystyki *H* testu Kruskala–Wallisa dla analizy badań wykonywanych po uwzględnieniu podziału na sortymenty

Parametr	SORTYMENT D	SORTYMENT S
Lc	*H* (5, *N* = 120) = 53,49580; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 70,54591; *p* = 0,0000
Masa	*H* (5, *N* = 120) = 23,21431; *p* = 0,0003	*H* (5, *N* = 120) = 58,94110; *p* = 0,0000
Wsp. rzeźny	*H* (5, *N* = 120) =32,29371; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 56,66255; *p* = 0,0000
% Wsp. rzeźnego	*H* (5, *N* = 120) = 42,06658; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 31,59334; *p* = 0,0000
Wsp. Fultona	*H* (5, *N* = 120) = 43,39992; *p* = 0,0000	*H* (5, *N* = 120) = 60,07633; *p* = 0,0000

W przypadku różnicowania przy użyciu obu parametrów: typ hodowli i sortyment, największe zróżnicowanie (w jesiennym sezonie badań) wobec pozostałych grup przejawiały wyniki otrzymane dla gospodarstw rybackich: 2-OOH, a następnie 3-RAS i 2-RAS.

3.5. Wstępne podsumowanie badań

Wskaźniki technologiczne produkcji uzyskano na miejscu poboru prób, dokonując analizy ksiąg stawowych oraz odczytów na urządzeniach. Wyniki charakteryzujące badane gospodarstwa rybackie zestawiono w tabeli 3.4, natomiast wyniki pomiarów badanych wskaźników użyte w analizach statystycznych zestawiono w tabelach 3.18–3.21.

Tabela 3.18. Wskaźniki technologiczne w gospodarstwach grupy OOH i RAS w trakcie wiosennego etapu badawczego

Wskaźnik	Grupa ekstensywna OOH				Grupa intensywna RAS			
	1-OOH	2-OOH	3-OOH	średnio	1-RAS	2-RAS	3-RAS	średnio
Odłów ryb (kg/m^3)	19,50	2,25	23,49	11,68	34,74	37,72	32,00	34,82
Przeżywalność (%)	97,8	96,8	97,0	96,3	88,0	96,1	86,00	90,0
Przyrost sztuki (g/szt.)	332	516	368	433	225	165	222	204
FCR	1,06	1,14	1,06	1,10	1,19	0,99	1,05	1,08

Tabela 3.19. Wskaźniki technologiczne w gospodarstwach grupy OOH i RAS w trakcie jesiennego etapu badawczego

Wskaźnik	Grupa ekstensywna OOH				Grupa intensywna RAS			
	1-OOH	2-OOH	3-OOH	średnio	1-RAS	2-RAS	3-RAS	średnio
Odłów ryb (kg/m^3)	20,3	2,30	15,90	10,22	35,50	41,05	38,10	38,22
Przeżywalność (%)	98,0	94,5	96,8	96,2	86,1	95,2	91,9	91,1
Przyrost sztuki (g/szt.)	262	454	129	321	250	200	231	227
FCR	1,09	1,11	1,08	1,10	1,18	1,02	1,05	1,08

Tabela 3.20. Podstawowe statystyki opisowe danych zebranych w trakcie prac wiosennego etapu badawczego bez podziału na technologie i sortymenty

Wskaźnik	*N* ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	SD
Lc (cm)	240	34,225	34,400	26,800	41,500	3,154
Masa (g)	240	484,987	496,000	220,000	825,000	145,071
Wartość rzeźna (g)	240	421,619	429,000	190,000	727,000	125,924
% wsp. rzeźny (%)	240	86,464	86,912	81,120	92,545	6,131
Współczynnik Fultona	240	1,1735	1,176	0,843	1,708	0,117

Tabela 3.21. Podstawowe statystyki opisowe danych zebranych w trakcie jesiennego etapu badawczego bez podziału na technologie i sortymenty

Wskaźnik	*N* ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	SD
Lc (cm)	240	35,125	34,000	28,500	45,200	4,294
Masa (g)	240	536,156	475,000	276,000	1120,000	202,960
Wartość rzeźna (g)	240	457,939	393,000	238,000	990,000	172,848
% rzeźny (%)	240	85,505	85,531	65,681	90,909	2,604
Współczynnik Fultona	240	1,185	1,181	0,983	1,497	0,092

Analiza statystyczna dotycząca parametrów technologicznych opisanych w tabelach 3.18 i 3.19 dowiodła, że wyniki otrzymane w sezonie wiosennym i jesiennym można traktować jako jednorodne. Analizę przeprowadzono przy użyciu testu *t*-Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$. Dla żadnego z parametrów nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie.

Tabela 3.22. Wyniki testu *t*-Studenta dla porównania wartości wskaźników technologicznych uzyskiwanych w sezonach badawczych wiosennym i jesiennym

Wskaźnik	Średnia		*t*	*p*	SD	
	jesień 2009	wiosna 2010			jesień 2009	wiosna 2010
Odłów (kg/m³)	23,2933	24,0933	0,119764	0,907042	11,0831	12,0367
Przeżywalność (%)	93,8167	93,9500	0,052060	0,959506	4,3060	4,5623
Przyrost (g/szt.)	418,3333	348,6767	-0,563242	0,585677	235,8302	190,1347
FCR	1,1067	1,0800	-0,736460	0,478372	0,0532	0,0710

Uwagi: *t* – wartość statystyki testowej, *p* – prawdopodobieństwo, SD – odchylenie standardowe.

W dalszej części analiz parametry technologiczne porównywano jedynie w odniesieniu do stosowanych technologii chowu. W tym wypadku stwierdzono spodziewane różnice w odniesieniu do parametrów odłów i przeżywalność, natomiast nie potwierdzono wpływu technologii chowu na wartości uzyskiwanego przyrostu i wartości współczynnika pokarmowego (tab. 3.23).

Tabela 3.23. Wyniki testu *t*-Studenta dla porównania wartości wskaźników technologicznych uzyskiwanych w obu typach chowu. Wartości różniące się statystycznie wyróżniono kolorem czerwonym

Wskaźnik	Średnia		*t*	*p*	SD	
	OOH	RAS			OOH	RAS
Odłów (kg/m³)	15,02	32,37	-4,544	0,0011	9,13	2,02
Przeżywalność (%)	96,72	91,05	3,096	0,0113	1,19	4,32
Przyrost (g/szt.)	480,61	286,40	1,772	0,1068	245,59	108,32
FCR	1,10	1,09	0,361	0,7256	0,03	0,08

Uwagi: *t* – wartość statystyki testowej, *p* – prawdopodobieństwo, SD – odchylenie standardowe.

Ponieważ, podobnie jak w przypadku etapu wstępnego badań, obserwowano różnice w wartościach otrzymanych parametrów biometrycznych, analizie poddano ich istotność statystyczną. Podobnie jak w wypadku parametrów technologicznych najpierw sprawdzono istotność obserwowanych różnic w odniesieniu do sezonów wiosennych i jesiennych, a następnie w odniesieniu do stosowanej technologii i sortymentów. W pierwszym etapie analizy posłużono się testem *t*-Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$ (tab. 3.24–3.26).

Tabela 3.24. Wyniki testu *t*-Studenta dla porównania wartości wskaźników biometrycznych uzyskiwanych w badawczym sezonie wiosennym i jesiennym. Wartości różnic istotnych statystycznie wyróżniono na czerwono

Wskaźnik	Średnia		*t*	*p*	SD	
	jesień 2009	wiosna 2010			jesień 2009	wiosna 2010
Lc (cm)	34,9134	34,2337	2,127393	0,033899	3,8143	3,1540
Masa (g)	523,7950	484,8667	2,549841	0,011088	188,2554	143,1753
Wsp. rzeźny (g)	462,9183	420,8625	3,199778	0,001467	161,0111	124,6392

% Wsp. rzeźny (%)	91,8445	86,8101	2,522032	0,011992	30,8220	2,5136
Wsp. Fultona	1,0860	1,1731	1,098402	0,272582	0,1429	0,1118

Tabela 3.25. Wyniki testu *t*-Studenta dla porównania wartości wskaźników biometrycznych uzyskiwanych w obu typach chowu. Wartości różnic istotnych statystycznie wyróżniono na czerwono

Wskaźnik	Średnia		*t*	*p*	SD	
	OOH	RAS			OOH	RAS
Lc (cm)	35,00	33,81	2,6652	0,0085	2,63	2,99
Masa (g)	526,09	473,28	2,2934	0,0231	125,47	163,35
Wsp. rzeźny (g)	459,87	408,73	2,5208	0,0127	109,63	144,64
% Wsp. rzeźny (%)	87,44	86,07	3,3073	0,0012	2,55	2,65
Wsp. Fultona	1,11	1,08	0,8265	0,4097	0,08	0,22

Uwagi: *t* – wartość statystyki testowej, *p* – prawdopodobieństwo, SD – odchylenie standardowe.

Tabela 3.26. Wyniki testu *t*-Studenta dla porównania wartości wskaźników biometrycznych uzyskiwanych w obu sortymentach (D > 500 g, S < 500 g). Wartości różnic istotnych statystycznie wyróżniono na czerwono

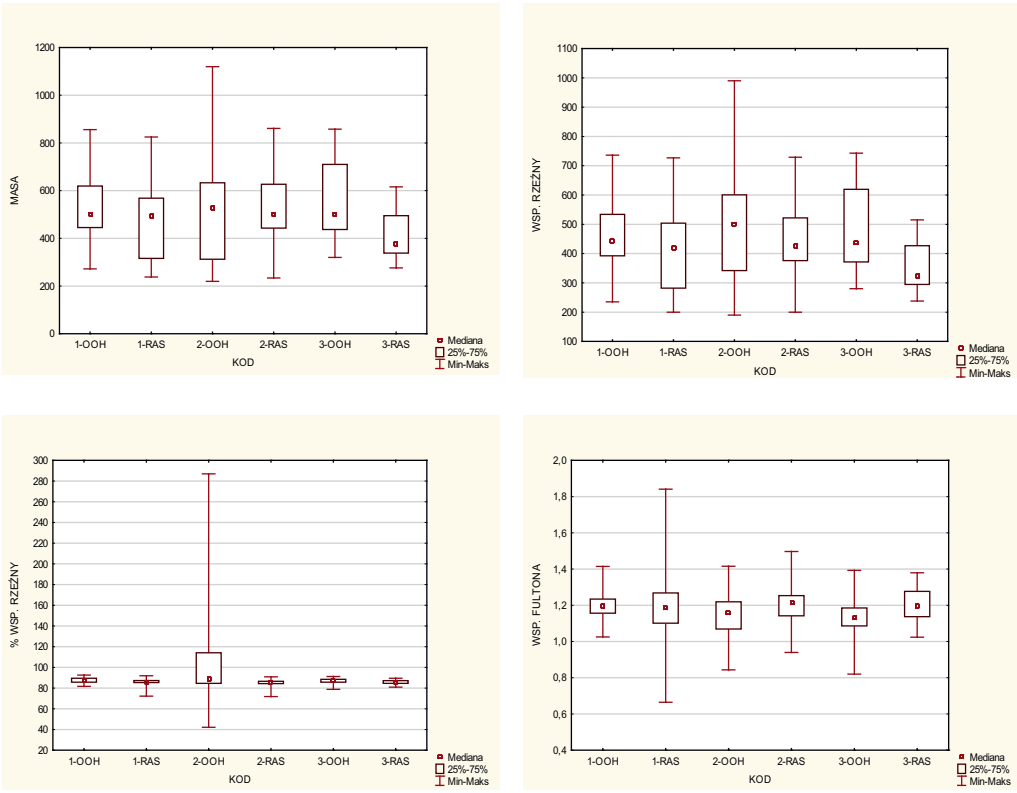
Wskaźnik	Średnia		*t*	*p*	SD	
	sortyment D	sortyment S			sortyment D	sortyment S
LC (cm)	37,13	32,02	23,169	0,0000	2,82	1,92
Masa (g)	630,71	377,95	24,955	0,0000	135,10	79,80
Wsp. rzeźny (g)	526,84	356,94	15,770	0,0000	101,78	132,27
% Wsp. rzeźny (%)	84,46	94,20	-4,970	0,0000	8,98	29,00
Wsp. Fultona	1,12	1,04	7,365	0,0000	0,11	0,13

Uwagi: *t* – wartość statystyki testowej, *p* – prawdopodobieństwo, SD – odchylenie standardowe.

Z uwagi na obserwowane zróżnicowanie, w celu dokładniejszych analiz, posłużono się nieparametryczną analizą wariancji – testem Kruskala–Willisa, biorąc pod uwagę wszystkie zależności. W odniesieniu do badanych gospodarstw dla parametru Lc stwierdzono, że na występowanie różnic istotnych statystycznie mogły mieć wpływ wyniki uzyskiwane w gospodarstwie 3-RAS. Wyniki z tego gospodarstwa, zarówno w okresie wiosennym, jak i jesiennym, różniły się istotnie od wyników pozostały badanych ośrodków. Ponadto obserwowano istotne statystycznie zróżnicowanie pomiędzy ośrodkiem 1-RAS i 3-OOH. W pozostałych przypadkach nie obserwowano różnic istotnych statystycznie.

Tabela 3.27. Przykładowe wyniki analiz wariancji Kruskala-Wallisa parametru Lc, dla badanych ośrodków (okres wiosna)

Gospodarstwo	1-OOH R: 269,64	1-RAS R: 217,81	2-OOH R: 247,66	2-RAS R: 263,17	3-OOH R: 306,09	3-RAS R: 138,63
1-OOH	–	2,363	1,002	0,295	1,662	5,973
1-RAS	2,363	–	1,361	2,068	4,025	3,610
2-OOH	1,002	1,361	–	0,707	2,665	4,971
2-RAS	0,295	2,068	0,707	–	1,957	5,678
3-OOH	1,662	4,025	2,665	1,957	–	7,636
3-RAS	5,973	3,610	4,971	5,678	7,636	–



Podobne analizy przeprowadzono dla wszystkich badanych parametrów biometrycznych, otrzymując podobne rezultaty. Wyniki analiz dla pozostałych parametrów przedstawiono w postaci wykresów poniżej. Wartości otrzymanej statystyki *H* przedstawiono w tabeli 3.28.

Tabela 3.28. Tabela wyników statystyki *H* testu Kruskala–Wallisa dla analizy parametrów biometrycznych

Parametry	Test Kruskala–Wallisa
Lc	H (5, N = 480) = 69,07560; p = 0,0000
Masa	H (5, N = 480) = 45,33375; p = 0,0000
Wsp. rzeźny	H (5, N = 480) = 56,53545; p = 0,0000
% Wsp. rzeźnego	H (5, N = 480) = 45,37242; p = 0,0000
Wsp. Fultona	H (5, N = 480) = 37,26878; p = 0,0000

3.6. Podsumowanie i wnioski

Wartości wskaźników technologiczno-produkcyjnych uzyskane z obu grup gospodarstw w przedstawionych etapach badań (wstępnych, wiosennych i jesiennych) wykazywały wysoką powtarzlność. Obserwowane różnice wynikały raczej z indywidualnych charakterystyk gospodarstw i wartości wskaźników wejściowych aniżeli ze stosowanych technologii. Aby dokonać porównań, w analizach statystycznych stosowano parametryzację wyników uwzględniającą wartości wejściowe i niwelującą różnice wejścia.

Dotychczasowe opracowania pozwalają na stwierdzenie, że wyniki produkcyjne w odniesieniu do parametrów biometrycznych oraz współczynnika kondycji ryb są niezależne od typu chowu. Oczywiście technologia RAS jest zdecydowanie wydajniejsza i charakteryzuje się większym zwrotem produkcji przy wykorzystaniu mniejszej ilości wody. W trakcie prowadzonych badań finalne zagęszczenie ryb (kg/m^3) w stawach i basenach podczas ich końcowego odłowu w gospodarstwach z intensywną technologią tuczu (RAS) było 2-, a nawet 4-krotnie wyższe (średnio z całego okresu badań 36,81 kg/m^3) aniżeli w gospodarstwach z ekstensywną technologią chowu OOH (średnio 17,01 kg/m^3). Wyższe tempo wzrostu, określane na podstawie średniego procentowego przyrostu dziennego, wykazywały ryby w gospodarstwach RAS (0,65–1,34%), co wiązało się z krótkim i intensywnym tuczem, a obserwowane wahania prawdopodobnie spowodowane były temperaturą wody. W grupie technologii ekstensywnej OOH procentowy dzienny przyrost wyniósł 0,40–0,77%. Współczynniki pokarmowe FCR osiągane w basenach, z których pobierano próby, oszacowano na poziomie 0,97–1,19. Oszacowany współczynnik pokarmowy FCR w obu technologiach był bardzo podobny (różnice statystyczne nieistotne, $p = 0{,}9026$) i osiągnął wartości średnie na poziomie 1,08 w technologii OOH i 1,07 w technologii RAS. Efekt ten zgodny jest z obliczonym wcześniej, wyrównanym współczynnikiem kondycji Fultona dla obu grup technologii.

Na szczególną uwagę zasługuje zagadnienie przeżywalności. Podczas końcowego okresu tuczu w obu stosowanych technologiach odnotowano wysoką przeżywalność obsad ryb (maksymalnie do 98,6%). Wyniki osiągane w gospodarstwach były zróżnicowane i ostatecznie wpłynęły na wyniki porównań: w gospodarstwach ekstensywnych OOH była ona wyższa średnio o ok. 5,7% w stosunku do gospodarstw grupy RAS (91,1%). Gospodarstwa z technologią OOH w zakresie przeżywalności miały bardziej wyrównane wyniki i ostatecznie w trakcie badań osiągnęły przeżywalność ryb na poziomie ponad 95%; statystycznie istotnie różniły się ($p = 0{,}0001$) od technologii RAS, gdzie przeżywalność ryb kształtowała się w nieco szerszym zakresie $P = 86{,}1\% – 97{,}2\%$. Takie zróżnicowanie, a raczej pojawienie się wyniku istotnie różnego (86,1%) wpłynęło na całość analizy. W przypadku potraktowania tego wyniku jako odstającego, można stwierdzić, że dla obu typów hodowli przeżywalność obsad jest podobna i nie różni się istotnie.

W gospodarstwach intensywnych RAS cykle produkcyjne były powtarzalne (masa obsady, długość cyklu), a nieznaczne różnice w czasie trwania podchowu ryb wynikały z pory roku. Cykle produkcyjne w gospodarstwach OOH były bardziej zróżnicowane i zależały od pory roku. Końcowy tucz ryb w technologii OOH trwał średnio 5 miesięcy, a średni przyrost jednostkowy sztuki 379 g, zaś w gospodarstwach RAS tucz trwał tylko ok. 2,5 miesiąca, a średni przyrost jednostkowy sztuki ok. 211 g. Z przeprowadzonych badań, realizowanych w sześciu gospodarstwach pstrągowych w kraju, wstępnie wynika, że pomimo zróżnicowanego zagęszczenia obsad, natężenia przepływu wody, wielkości końcowego odłowu i przyrostu jednostkowego ryb, współczynniki pokarmowe paszy FCR są zbliżone (statystycznie różnice nieistotne, $p = 0{,}9026$). Dotyczy to zarówno ryb lekkiego sortymentu S (do 500 g/szt.), jak i ryb większych (do 850 g/szt.). Stwierdzono, że średnia długość całkowita badanych ryb sortymentu S wyniosła 32,4818 cm, sortymentu D – 37,7364 cm, a średnia masa ryb wynosiła odpowiednio 396,01 g oraz 646,11 g. Relatywny wskaźnik wartości rzeźnej ryb (%) w obu grupach technologicznych był statystycznie zbliżony i dla grupy ekstensywnej OOH wyniósł średnio 86,29% (84,8–87,8%), zaś w grupie intensywnej RAS był nieznacznie niższy: średnio 85,32% (83,9–86,6%), przy jednoczesnym braku zróżnicowania tego wskaźnika dla obu wielkości sortymentu S i D.

Krystyna A. Skibniewska, Ewa Siemianowska, Małgorzata Warechowska,
Katarzyna Wojtkowiak, Agnieszka Barszcz, Janusz Zakrzewski

4. Skład chemiczny tkanki mięśniowej pstrągów

4.1. Wstęp

Przemysł spożywczy jest jedną z najważniejszych gałęzi polskiej gospodarki. Ostatnimi laty branża rybna stała się jedną z najszybciej rozwijających się gałęzi sektora żywnościowego. Obecnie wartość rynku ryb i ich przetworów ocenia się na kwotę ok. 4,5 mld zł, co stanowi ponad 3% wartości całego rynku artykułów żywnościowych. Główną działalnością gospodarki rybnej, zaraz po produkcji akwakultury i połowach, jest przetwórstwo ryb. W sektorze tym funkcjonuje ok. 420 przedsiębiorstw, z czego 150 to firmy przemysłowe. Najwięcej firm przetwórstwa rybnego znajduje się w województwach zachodniopomorskim i pomorskim (ok. 75%), reszta firm rozsiana jest po całym terytorium Polski.

Zarówno w Polsce, jak i w całej Unii Europejskiej duży nacisk kładziony jest na bezpieczeństwo żywności, skutkiem czego podmioty przemysłu rybnego, zarówno produkcyjne, jak i przetwórcze, starają się dostarczać surowiec i produkt końcowy o doskonałych parametrach. Artykuł 3 pkt 5 ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia definiuje bezpieczeństwo żywności jako: „ogół warunków, które muszą być spełniane, dotyczących w szczególności: a) stosowanych substancji dodatkowych i aromatów, b) poziomów substancji zanieczyszczających, c) pozostałości pestycydów, d) warunków napromieniania żywności, e) cech organoleptycznych, i działań, które muszą być podejmowane na wszystkich etapach produkcji lub obrotu żywnością – w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka". Ze względu na swój skład chemiczny ryby stanowią doskonały surowiec do przygotowania wysokowartościowych posiłków, choć jest to produkt bardzo łatwo ulęgający zepsuciu.

Skład chemiczny tkanki mięśniowej ryb zależy przede wszystkim od ich gatunku i charakteru odżywiania. Największe różnice, sięgające kilkudziesięciu procent, dotyczą zawartości tłuszczu i obserwowane są zwłaszcza pomiędzy rybami roślinożernymi a drapieżnymi. Pomiędzy rybami morskimi i słodkowodnymi występują też pewne różnice w profilu kwasów tłuszczowych oraz w zawartości niektórych składników mineralnych (zawartość jodu czy selenu). Mięso ryb, podobnie jak mięso zwierząt rzeźnych i drobiu, zawiera kilkanaście procent białka. Jest jednak lepszym jego źródłem niż inne produkty pochodzenia zwierzęcego; ryby dostarczają bowiem znacznych ilości wysokowartościowego białka wraz z niewielką ilością energii. O wysokiej wartości odżywczej białka ryb świadczy wskaźnik jakości żywieniowej (INQ), który dla ryb i przetworów rybnych wynosi 7,61; jest nawet wyższy od wartości określonej dla jaj i dwukrotnie wyższy niż dla produktów mięsnych i mleczarskich.

Na zawartość poszczególnych składników w tkance mięśniowej ryb wpływają bez wątpienia również takie czynniki, jak wiek, stopień dojrzałości płciowej czy stan zdrowotny. Z czynników zewnętrznych

wymienić należy przede wszystkim rodzaj paszy (wpływ na zawartość tłuszczu ogółem i profil kwasów tłuszczowych), stan środowiska wodnego (przede wszystkim możliwość kumulacji w „mięsie" ryby zanieczyszczeń środowiskowych, takich jak: metale ciężkie, pestycydy czy dioksyny). Ponieważ wartość odżywczą ryb omówiono już w rozdziale *Znaczenie „mięsa" pstrąga w diecie człowieka*, tu przedstawiony zostanie wyłącznie skład chemiczny tkanki mięśniowej pstrąga.

4.2. Materiał i metody

W niniejszym rozdziale prezentowane są wyniki oznaczeń podstawowych składników tkanki mięśniowej pstrągów pochodzących z sześciu gospodarstw stosujących podstawowe technologie chowu pstrąga: technologię zbliżoną do naturalnych warunków, a więc opartą na wodzie przepływowej (OOH) oraz technologię z recyrkulacją wody (RAS). Pstrąg należy do ryb drapieżnych, więc wszystkie ryby karmione były sztucznymi paszami granulowanymi: w gospodarstwach OOH stosowano pasze SKRETING lub AQUA-FISH, natomiast w większości gospodarstw RAS – pasze firmy ALLER. Podstawowy skład pasz przeznaczonych dla pstrąga konsumpcyjnego oferowanych przez poszczególnych producentów nie odbiega zbytnio od siebie.

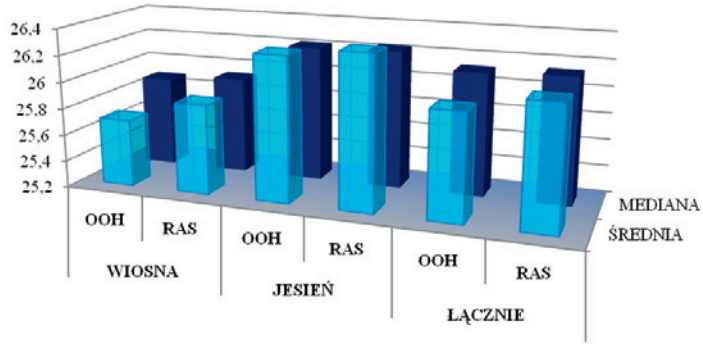
Poborów materiału do badań dokonano czterokrotnie: dwa razy wiosną oraz dwa razy jesienią. Do analizy chemicznej wykorzystano próbki tkanki mięśniowej w postaci wycinka o szerokości ok. 5 cm, pobranego bez skóry i ości, wyciętego ze środkowej części filetu od strony dorsalnej (grzbietowej) do brzusznej. W materiale oznaczono: suchą masę, popiół surowy, białko ogółem, tłuszcz ogółem wraz z profilem kwasów tłuszczowych oraz zawartość wybranych metali ciężkich.

4.3. Wyniki

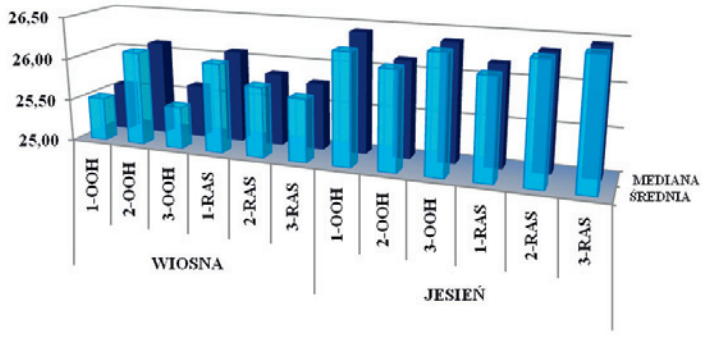
4.3.1. Zawartość suchej masy

Ryby, badane w latach 2010–2012, zawierały średnio 24,41–26,89% suchej masy. Pomiędzy rybami wyprodukowanymi w poszczególnych gospodarstwach, rozmieszczonych w różnych rejonach Polski, nie stwierdzono istotnych różnic. Większe zróżnicowanie zaobserwowano natomiast pomiędzy próbkami ryb pochodzących z poszczególnych, sezonowych terminów pobrań. Najniższą zawartość suchej masy (ryc. 4.1) stwierdzono w mięsie ryb z poborów wiosennych (OOH – 25,70%, RAS – 25,87%); w gospodarstwie oznaczonym symbolem 3-OOH uzyskano 25,49% suchej masy, zaś w technologii z zamkniętym obiegiem wody najniższą wartość uzyskano w gospodarstwie 3-RAS – 25,74% (ryc. 4.2). Dla próbek pochodzących z pobrań wiosennych najwyższą zawartość suchej masy oznaczono w tkance mięśniowej pochodzącej z gospodarstwa 2-OOH (26,11%); dla porównania dla technologii RAS najwyższą zawartość suchej masy oznaczono w próbkach z gospodarstwa 1-RAS (26,05%). Dla próbek z poborów jesiennych oznaczono wyższe wartości suchej masy, co wynika z kalendarza żerowania ryb i związanej z tym ogólnie wyższej zawartości składników tkanki mięśniowej. Najwyższą zawartość suchej masy oznaczono w próbkach pochodzących z gospodarstwa 3-RAS (26,47%), a następnie z gospodarstw 2-RAS (26,38%), 1-RAS (26,17%), 1-OOH (26,31%), 2-OOH (26,16%), 3-OOH (26,37%) (ryc. 4.2).

Zestawiając wyniki analiz próbek z poszczególnych technologii, dla poborów wiosennych większą zawartość suchej masy oznaczono w technologii RAS – 25,87% (mediana – 25,93%, SD – 0,299) niż w OOH – 25,70% (mediana – 25,86%, SD – 0,487). Również dla poborów jesiennych wyższą zawartość suchej masy oznaczono w przypadku próbek z technologii RAS – 26,34% (mediana – 26,24%, SD – 0,213) niż w próbkach z technologii OOH – 26,28% (mediana – 26,22%, SD – 0,318) (ryc. 4.1). Zestawiając wszystkie wyniki uzyskane ze wszystkich poborów, stwierdzić można, że nieco wyższe wartości oznaczono w grupie RAS – 26,10% (mediana – 26,14%, SD – 0,349) niż grupie OOH – 25,99% (mediana – 26,12%, SD – 0,050).



Ryc. 4.1. Zawartość suchej masy w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych technologii produkcji

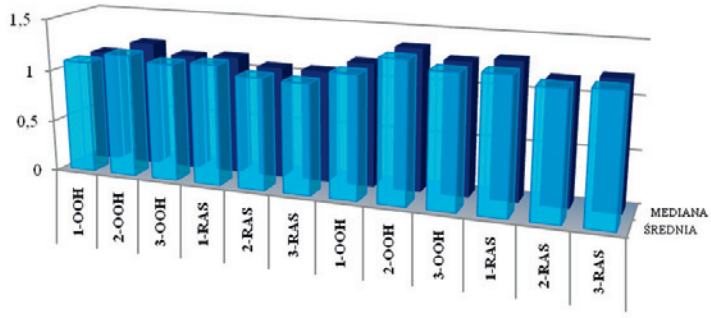


Ryc. 4.2. Zawartość suchej masy w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw

4.3.2. Zawartość popiołu

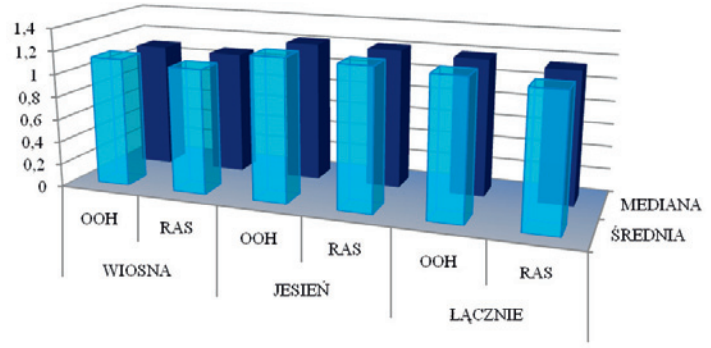
Miarą ogólnej ilości składników mineralnych w produktach spożywczych jest zawartość popiołu ogólnego pozostającego po spaleniu próbki produktu. Skład i ilość tych substancji w mięsie zwierząt hodowlanych, w tym pstrąga, zależy głównie od dostępności pierwiastków mineralnych w paszy, gatunku zwierząt, ich stanu fizjologicznego i wieku.

Wykazano istotną różnicę w zawartości popiołu w „mięsie" pstrągów w zależności od terminu poboru. Zawartość popiołu surowego w próbkach pochodzących z poszczególnych gospodarstw przedstawiono na rycinie 4.3. Analizując poszczególne wyniki uzyskane dla próbek z różnych gospodarstw, stwierdzono, iż w pobraniach wiosennych najwyższą zawartość popiołu uzyskano w próbkach z gospodarstwa 2-OOH – 1,18% (mediana – 1,21%, SD – 0,074) oraz 1-RAS – 1,16% (mediana – 1,14%, SD – 0,045), w pozostałych próbkach ilość popiołu wynosiła średnio: 1-OOH – 1,09% (mediana – 1,09%, SD – 0,019), 3-OOH – 1,13% (mediana – 1,12%, SD – 0,046), 2-RAS – 1,07% (mediana – 1,07%, SD – 0,025), 3-RAS – 1,06% (mediana – 1,07%, SD – 0,045). Wyniki uzyskane z pobrania jesiennego są dla wszystkich gospodarstw wyższe od wyników uzyskanych z pobrań wiosennych. Najwyższe wyniki zawartości popiołu surowego w tkance mięśniowej pstrągów z pobrań jesiennych uzyskano w gospodarstwie 2-OOH (1,34%), 1-RAS (1,28%) oraz 3-OOH (1,26%). W pozostałych próbkach zawartość popiołu ogółem była niższa i wynosiła: 1-OOH – 1,17%, 2-RAS – 1,20%, 3-RAS – 1,22%.



Ryc. 4.3. Zawartość popiołu ogółem w próbkach z poszczególnych gospodarstw rybackich

Analizując wszystkie próbki pod kątem technologii produkcji, wyższą zawartość popiołu ogółem stwierdzono w tkance mięśniowej pstrągów z pobrań wiosennych (ryc. 4.4): w próbkach z technologii OOH wynosiła ona 1,13% (mediana – 1,10%, SD – 0,063), zaś w próbkach z technologii RAS – 1,09% (mediana – 1,08%, SD – 0,060). Próbki z pobrań jesiennych w przypadku obu technologii (OOH i RAS) zawierały identyczne ilości popiołu surowego, tj.: średnia –1,235%, mediana – 1,22%, SD – 0,077 (OOH) i 0,067 (RAS).



Ryc. 4.4. Zawartość popiołu ogółem w próbkach z poszczególnych technologii produkcji

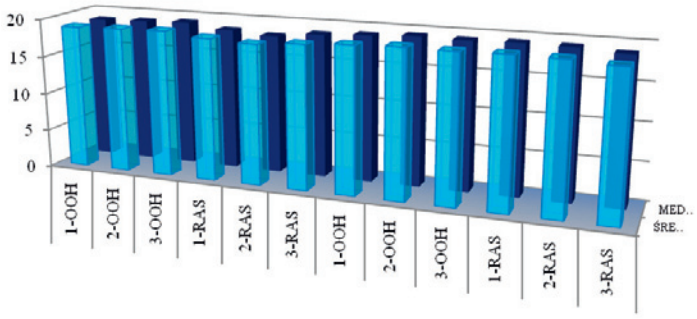
Porównując obie technologie pod względem wyników uzyskanych ze wszystkich pobrań, większą zawartość popiołu ogółem oznaczono w próbkach OOH (średnia – 1,20%, mediana – 1,19%, SD – 0,091) niż w próbkach RAS (średnia – 1,15%, mediana – 1,15%, SD – 0,092) (ryc. 4.4).

4.3.3. Zawartość białka

Wysokiej jakości białko jest jedną z najważniejszych cech „mięsa" ryb. Badane ryby zawierały średnio ok. 17,00–20,22% białka ogółem, co nie odbiega od wartości oznaczanych dla tego składnika pokarmowego w tkance mięśniowej innych gatunków ryb oraz zwierząt rzeźnych. Analiza statystyczna nie potwierdziła różnic pomiędzy grupami uzyskanych wyników, choć zaobserwowano nieco wyższą wartość średnią dla grupy gospodarstw typu OOH (19,10%) w porównaniu do grupy RAS (18,81%). Generalnie można powiedzieć, że podsumowanie wyników z dłuższego okresu czasu prowadzi do zacierania się niewielkich różnic pomiędzy poszczególnymi gospodarstwami lub sezonami pobrań.

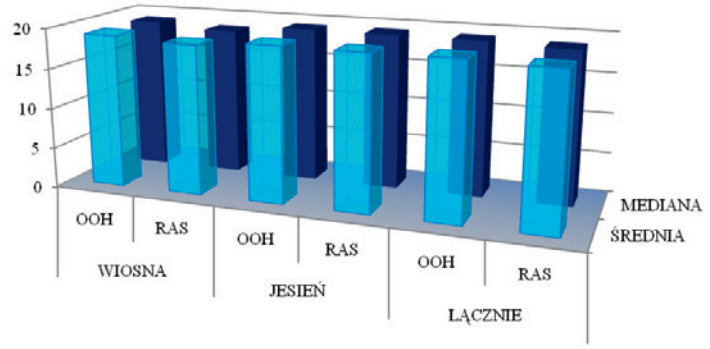
Zawartość białka w pobraniach wiosennych w poszczególnych próbach wynosiła: 1-OOH – średnio 18,93% (mediana – 18,90%, SD – 0,721), 2-OOH – średnio 19,06% (mediana – 19,05%, SD – 0,630), 3-OOH

– średnio 19,17% (mediana – 19,25%, SD – 0,576), 1-RAS – średnio 18,64% (mediana – 18,60%, SD – 0,544), 2-RAS – średnio 18,32% (mediana – 18,20%, SD – 0,692), 3-RAS – średnio 18,73% (mediana – 18,80%, SD – 0,731) . W próbkach z poborów jesiennych oznaczono nieco wyższe wartości: 1-OOH – 19,06%, 2-OOH – 19,24%, 3-OOH – 19,14%, 1-RAS – 19,23%, 2-RAS – 19,14%, 3-RAS – 18,79% (ryc. 4.5).



Ryc. 4.5. Zawartość białka ogółem w próbkach z poszczególnych gospodarstw

Z porównania próbek z technologii RAS i OOH (ryc. 4.6) wynika, że wyższe wartości dla pobrań wiosennych oznaczono w grupie OOH (średnio – 19,05%, mediana – 19,10%, SD – 0,650) niż w grupie RAS (średnio – 18,56%, mediana – 18,50%, SD – 0,682). Z pobrań jesiennych wyższe wartości oznaczono również w próbkach OOH (średnio – 19,15%, mediana – 19,30%, SD – 0,556) niż w grupie RAS (średnio – 19,05%, mediana – 19,30%, SD – 0,729) (ryc. 4.6).



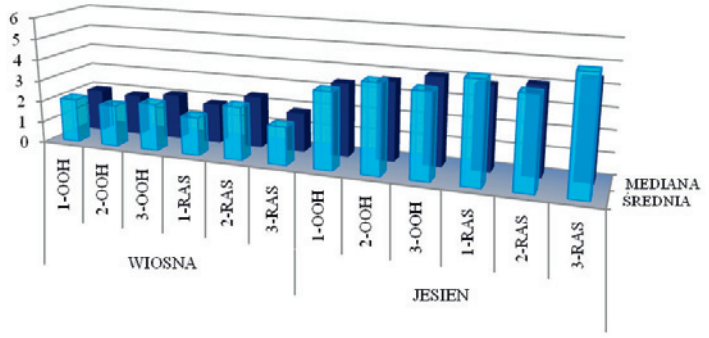
Ryc. 4.6. Zawartość białka ogółem w próbkach z poszczególnych technologii

4.3.4. Zawartość tłuszczu ogółem

Znaczenie tłuszczów w żywieniu człowieka jest jednym z najważniejszych zagadnień we współczesnej problematyce żywieniowej, a rozstrzygnięcie sporów wynikających z badań naukowych ma ogromne znaczenie nie tylko dla producentów i technologów, lecz także dla żywieniowców, a przede wszystkim dla konsumentów. Uważa się, że wysoki poziom spożycia tłuszczu, jak i niewłaściwy jego skład mogą zwiększać zagrożenia takimi chorobami cywilizacyjnymi, jak: otyłość, zaburzenia układu krążenia, nowotwory jelita grubego i piersi, a także osłabienie układu odpornościowego. Tłuszcze rybie są

bogatym źródłem witamin A i D, i w przeciwieństwie do tłuszczów zwierząt rzeźnych mają bardziej złożony skład, który zbawiennie wpływa na stan zdrowia człowieka.

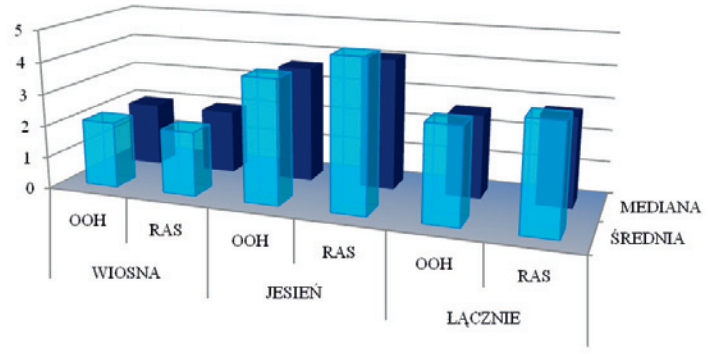
Uzyskane wyniki dość jednoznacznie wskazują na niższą zawartość tłuszczu w tkance mięśniowej ryb odłowionych wiosną niż jesienią (ryc. 4.7). Ryby z jesiennych pobrań są po okresie intensywnego żerowania i należało oczekiwać w ich tkance mięśniowej wyższej zawartości tłuszczu ogółem. W okresie zimy i wczesnej wiosny ryby są dokarmiane w niewielkim stopniu, a przy niskich temperaturach wcale, co powoduje wykorzystywanie tłuszczu zapasowego, np. okołojelitowego. Ponieważ analizowano tkankę mięśniową (a nie filet), w próbkach ryb odłowionych wiosną nie stwierdzono silnych ubytków w zawartości tłuszczu. Analizując próbki z poszczególnych gospodarstw z pobrań wiosennych, najwyższą jego zawartość oznaczono w przypadku gospodarstwa 2-RAS (średnio 2,47%), następnie 1-OOH (2,06%), 2-OOH (1,95%), 3-OOH (2,21%), 1-RAS (1,78%), 3-RAS (1,78%).



Ryc. 4.7. Zawartość tłuszczu ogółem w tkance mięśniowej z poszczególnych gospodarstw

Dla pobrań jesiennych z poszczególnych gospodarstw oznaczono znacznie wyższe zawartości tłuszczu ogółem w tkance mięśniowej pstrąga (ryc. 4.7), przy czym najwyższą jego zawartość oznaczono w próbkach z gospodarstwa 3-RAS – średnio 5,25%. Kolejne próbki zawierały średnio: 1-OOH – 3,56%, 2-OOH – 4,13%, 3-OOH – 3,94%, 1-RAS – 4,63%, 2-RAS – 4,19%.

Porównując ze sobą próbki z poszczególnych technologii, w przypadku pobrań wiosennych oznaczono takie same zawartości tłuszczu ogółem (ok. 2%), w przypadku pobrań jesiennych wyższą zawartość oznaczono dla próbek z technologii RAS (średnio 4,69%), a niższe z technologii OOH



Ryc. 4.8. Zawartość tłuszczu ogółem w tkance mięśniowej pstrąga z różnych technologii

(średnio 3,87%) (ryc. 4.8). Zestawiając łącznie próbki z poszczególnych technologii pod względem zawartości tłuszczu, wyższe wartości oznaczono dla próbek z gospodarstw RAS (średnio 3,35%), niższe dla OOH (średnio 2,98%).

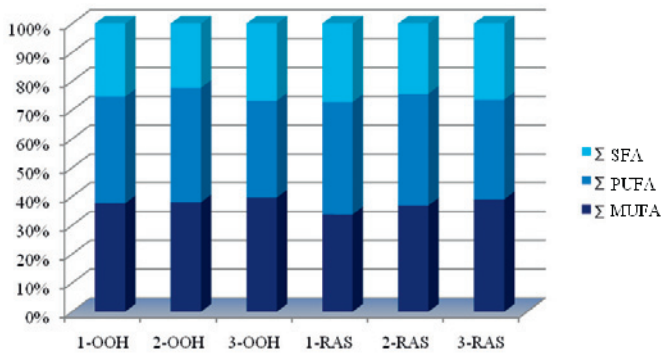
4.3.5. Profil kwasów tłuszczowych

Nasilenie występowania otyłości i chorób metabolicznych w społeczeństwach krajów wysokorozwiniętych wywołało szeroką dyskusję na temat czynników sprzyjających tym niepożądanym zjawiskom. Wiele uwagi poświęcono w tym kontekście tłuszczom, dzieląc je z grubsza na roślinne (zdrowe) i zwierzęce (niezdrowe). Wyjątek w tej ostatniej grupie stanowią tłuszcze ryb, którym przypisuje się walory nie tylko odżywcze, ale i zdrowotne. Szczególnie wartościowymi okazały się tłuszcze zawierające wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA), pojawiające się w diecie osób dorosłych praktycznie tylko w rybach, gdyż ich dostępność np. z pestek czarnej porzeczki czy pomidora jest co najmniej wątpliwa, a i olej lniany nie jest zbyt często spotykany na polskich stołach.

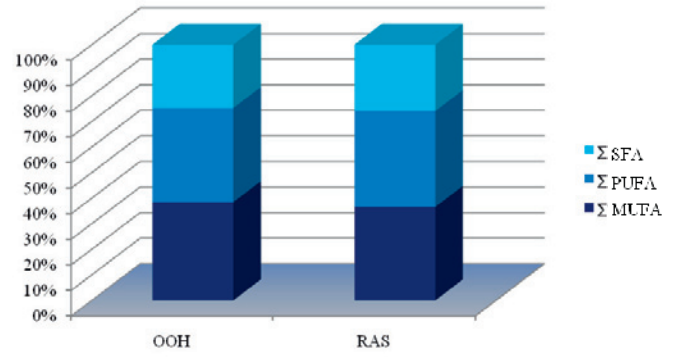
W ramach badań przeprowadzono reakcję hydrolizy kwasowej próbek tłuszczu z ryb i oznaczono dla nich profil kwasów tłuszczowych. Dominującym kwasem okazał się kwas oleinowy $C_{18:1}$, którego udział w całej puli kwasów tłuszczowych wynosił ok. 21–28%. Nieco większą zawartość tego kwasu stwierdzono w osobnikach większych niż w małych. Drugim w kolejności kwasem okazał się nasycony kwas palmitynowy $C_{16:0}$ (15–18%), następnie kwas linolowy $C_{18:2}$ (8–12%) i kwas linolenowy $C_{18:3}$ (2–6%). Tkanka mięśniowa pstrąga zawierała również dość znaczne (bo wynoszące ponad 5%) ilości kwasu eikozapentaenowego (EPA) z grupy ważnych kwasów ω-3 wielonienasyconych.

Na rycinie 4.9 przedstawiono stosunek zawartości kwasów tłuszczowych (wielonienasyconych PUFA, jednonienasyconych MUFA i nasyconych SFA) w tkance mięśniowej pstrąga pochodzącego z poszczególnych gospodarstw. Średnia zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych MUFA dla próbek z poszczególnych gospodarstw wynosiła: 1-OOH – 37,66%, 2-OOH – 38,02%, 3-OOH – 39,63%, 1-RAS – 33,79%, 2-RAS – 36,91%, 3-RAS – 39,03%. Natomiast oznaczona suma wielonienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA wyniosła odpowiednio: 1-OOH – 37,01%, 2-OOH – 39,72%, 3-OOH – 33,61%, 1-RAS – 39,01%, 2-RAS – 38,77%, 3-RAS – 34,58% (ryc. 4.9).

Porównując ze sobą próbki z poszczególnych technologii, suma kwasów MUFA dla OOH wyniosła 38,44%, dla RAS – 36,58%; suma kwasów PUFA dla OOH wyniosła 36,78%, dla RAS – 37,45%, natomiast suma kwasów SFA dla OOH – 24,78%, dla RAS – 25,97% (ryc. 4.10).



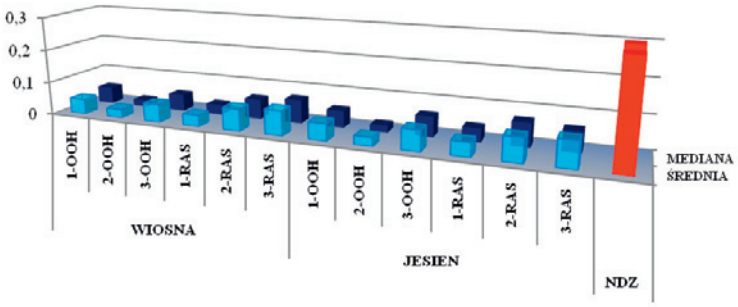
Ryc. 4.9. Skład kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw



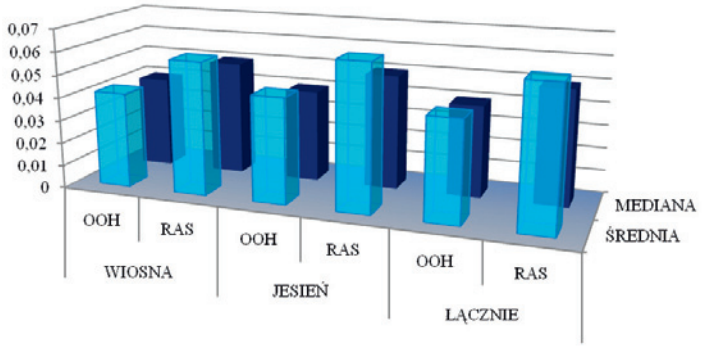
Ryc. 4.10. Skład kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych technologii

4.3.6. Zawartość metali ciężkich

Zawartość ołowiu i kadmu w tkankach roślin i zwierząt (także ludzi) jest wyznacznikiem stopnia czystości środowiska, w jakim one żyją. Zawartość ołowiu w badanych próbkach była niska i mieściła się w zakresie od ilości poniżej granicy wykrywalności do kilkudziesięciu µg/kg (wartości nie przekraczały 0,10 mg/kg) (ryc. 4.11 i 4.12). Dla porównania, na rycinie 4.11 przedstawiono największą dopuszczalną zawartość (NDZ) ołowiu, wynoszącą 0,30 mg/kg.



Ryc. 4.11. Zawartość ołowiu w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw

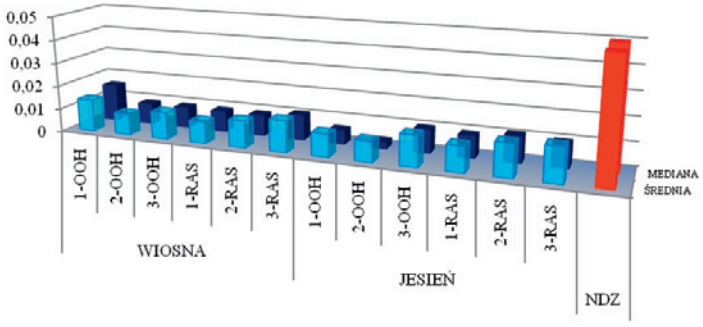


Ryc. 4.12. Zawartość ołowiu w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych technologii

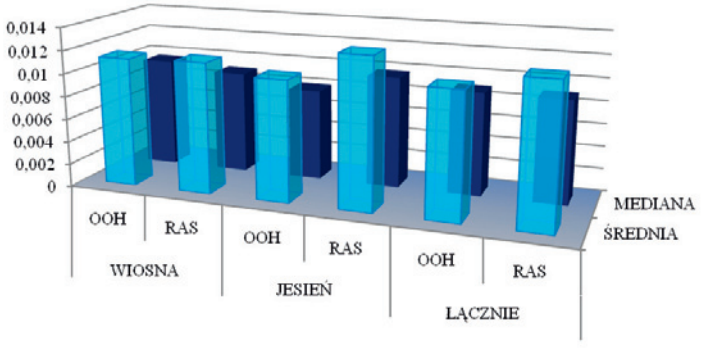
Analizując próbki z poszczególnych technologii, nieco wyższe zawartości ołowiu określono w przypadku technologii RAS (0,061 mg/kg) niż OOH (0,044 mg/kg), przy NDZ wynoszącej 0,30 mg/kg (ryc. 4.12). Wszystkie badane próbki zawierały niewielkie ilości ołowiu, jednak znacznie poniżej NDZ.

Również w przypadku kadmu we wszystkich próbkach z poszczególnych gospodarstw oznaczone ilości tego pierwiastka zawierały się od wartości poniżej granicy wykrywalności do kilku µg/kg. Zawartości kadmu w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw wraz z NDZ przedstawiono na rycinie 4.13.

Dla próbek z poszczególnych technologii nieco niższe zawartości kadmu oznaczono dla technologii OOH (średnio – 0,0109 mg/kg, mediana – 0,009 mg/kg) niż dla technologii RAS (średnio – 0,0122 mg/kg, mediana – 0,009 mg/kg) (ryc. 4.14).



Ryc. 4.13. Zawartość kadmu w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw



Ryc. 4.14. Zawartość kadmu w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych technologii

4.4. Podsumowanie

Analizując przedstawione wyniki badań, należy stwierdzić, że na skład chemiczny tkanki mięśniowej pstrąga, poza składem granulatu używanym do dokarmiania ryb, wpływ ma również pora roku. Próbki uzyskane w poborach wiosennych charakteryzowały się mniejszą zawartością tłuszczu niż próbki z poborów jesiennych. Zaobserwowano, iż w taki sam sposób rozkłada się zawartość suchej masy i popiołu

ogółem. Zawartość białka ogółem waha się nieznacznie w zależności od pory roku. Wszystkie próbki przebadane pod kątem zawartości ołowiu i kadmu zawierały ich niewiele ilości (często na granicy wykrywalności). Podsumowując, należy stwierdzić, że badania potwierdziły wysoką jakość zdrowotną i odżywczą „mięsa" pstrąga z chowu polskiego, i to bez podziału na ryby produkowane w technologii ekstensywnej i intensywnej.

Janusz Zakrzewski, Henryk Białowąs, Krystyna A. Skibniewska,
Maria Dymkowska-Malesa, Emilia Strzyżewska

5. Wartość konsumencka pstrąga

5.1. Wstęp

Jeżeli prawdą jest, że jak pisał Ludwig Andreas Feuerbach w 1863 r. „człowiek jest tym, co zje", to „mięso" pochodzące z pstrąga zgodnie z zaprezentowanymi poniżej badaniami jest idealnym składnikiem diety człowieka. Dynamiczny rozwój przemysłu spożywczego spowodował wzrost podaży żywności na rynku. Dzięki temu konsument ma możliwość wyboru i doboru produktu, który w jak największym stopniu zaspokoi jego potrzeby i upodobania. Do niedawna producenci rynku rybnego uważali, że każda wyprodukowana czy złowiona ryba jest dobrym surowcem. Dzisiaj wszyscy producenci i hodowcy ryb zwracają uwagę na skład chemiczny i wartość odżywczą oferowanego surowca czy produktu. Coraz więcej osób zajmujących się przemysłem rybnym szuka również rozwiązań, umożliwiających poprawę estetyki i smakowitości oferowanych produktów. Oczekiwania współczesnego konsumenta są wyraźnie skierowane w stronę slow-food, do której zalicza się powszechnie żywność nisko przetworzoną, tradycyjną, regionalną, również ekologiczną. O ile w Polsce wypracowano już zasady produkcji i kontroli ekologicznie wytworzonych płodów rolnych, o tyle zasad tych wciąż brakuje w odniesieniu do akwakultury i jej produkcji. Brakuje definicji, jakie ryby można zaliczyć do ekologicznie wyhodowanych, brakuje wiedzy na temat jakości tej żywności oraz wymogów, jakie należy postawić jej producentom. Aby zbudować podwaliny ogólnych założeń dotyczących jakości pstrąga, w ramach projektu postanowiono przeprowadzić badania organoleptyczne ryb pochodzących z różnych technologii produkcji.

Badania organoleptyczne bazują przede wszystkim na człowieku i jego umiejętnościach. Dobór pracowników do zespołu sensorycznego nie jest przypadkowy. Osoby te muszą spełniać wymagania określone w normach PN-ISO 8586-1:1996, PN-ISO 5496:1997 oraz PN-ISO 3972:1998. Osoby ubiegające się o zatrudnienie w pracowni analiz sensorycznych poddawane są weryfikacji sensorycznej pozwalającej na ocenę predyspozycji kandydata w przedmiotowym kierunku. Ocena sensoryczna jest oceną przeprowadzaną przez zespół osób zweryfikowanych sensorycznie, poddawanych testom sprawdzającym ich zdolności sensoryczne (np. test na daltonizm smakowy, zapachowy, wzrokowy, określający progi wrażliwości smakowej i inne) (Olszewska-Siemaszko i wsp. 2009).

Człowiek jest pierwszym elementem potrzebnym do przeprowadzenia rzetelnej oceny sensorycznej, drugim jest otoczenie, czyli warunki w jakich odbywa się ocena. Do przeprowadzenia oceny niezbędna jest zatem pracownia analiz sensorycznych, która zgodnie z normami musi spełniać szereg wymagań, m.in. odpowiedniej temperatury, wilgotności, oświetlenia, w miarę możliwości powinna być

bezwonna, odpowiednio wygłuszona, a także zapewniać oceniającym wygodne stanowiska do pracy. Prawidłowy proces rekrutacji zespołu oceniającego oraz zapewnienie odpowiedniego laboratorium pozwala uzyskać prawidłowe oceny sensoryczne.

5.2. Materiał i metody

5.2.1. Powołanie zespołu oceniającego

Ocenę organoleptyczną przeprowadzono na zasadzie testu konsumenckiego. Do przeprowadzenia oceny wyselekcjonowano zespół oceniający. Selekcji tej dokonano zgodnie z normą PN-ISO 8586-1:1996, która określa sposób naboru, wstępnej selekcji i wprowadzenia, ogólne zasady i metody szkolenia, wybór osób o określonych predyspozycjach, monitoring wyników, możliwość szkolenia oceniających. Docelowo do grupy oceniających zakwalifikowano 20 respondentów.

5.2.2. Materiał

Materiałem do badań były filety pochodzące z sześciu gospodarstw zlokalizowanych w różnych regionach Polski. Trzy gospodarstwa stosowały hodowlę ekstensywną na wodzie przepływowej (OOH) i trzy – recyrkulację wody (RAS).

5.2.3. Przygotowanie materiału do oceny

Natychmiast po odłowieniu ryby usypiano, zabijano, patroszono i myto. Następnie ryby schładzano i przewożono do laboratorium. Do czasu analizy ryby przechowywano w temperaturze ok. 4°C. Do przygotowania próbek pstrąga do oceny tkanki mięśniowej zastosowano metodykę zgodną z zaleceniami Niemieckiego Zrzeszenia Rybackiego, w modyfikacji Białowąsa i Zakrzewskiego. W laboratorium preparowano filety, z których usunięto ości długie z kręgosłupem, następnie umyto, po czym poddawano obróbce termicznej w środowisku pary pod przykryciem przez 10 minut. Nie zastosowano przyprawiania, aby nie zafałszować naturalnego smaku tkanki mięśniowej.

5.2.4. Metody oceny sensorycznej

Do oceny stopnia akceptacji (pożądalności) zastosowano skalę hedoniczną 9-stopniową, zgodnie z opracowaniem Peryama i Pilgrima (1957). Zgodnie z przyjętymi założeniami dokonano oceny w skali od 1 do 9, gdzie:

- 1 oznacza „wybitnie nie lubię/pożądam",
- 2 oznacza „bardzo nie lubię/pożądam"
- 3 oznacza „średnio nie lubię/pożądam",
- 4 oznacza „trochę nie lubię/pożądam",
- 5 oznacza „ani lubię/pożądam, ani nie lubię/pożądam",
- 6 oznacza „dość lubię/pożądam",
- 7 oznacza „średnio lubię/pożądam",
- 8 oznacza „bardzo lubię/pożądam",
- 9 oznacza „ogromnie lubię/pożądam".

5.2.5. Wyróżniki poddane ocenie

Zgodnie z art. 3 ust. 3 ustawy o bezpieczeństwie żywności i żywienia z dnia 25 sierpnia 2006 r. do oceny organoleptycznej wytypowano następujące wyróżniki: barwa, zapach, tekstura, soczystość, smak. Dodatkowo respondenci wystawiali subiektywną ocenę ogólną. W celu zweryfikowania subiektywnej

oceny ogólnej wyliczono ocenę z poszczególnych wyróżników z uwzględnieniem ważności (wag) poszczególnych cech organoleptycznych, zgodnie z tabelą 5.1.

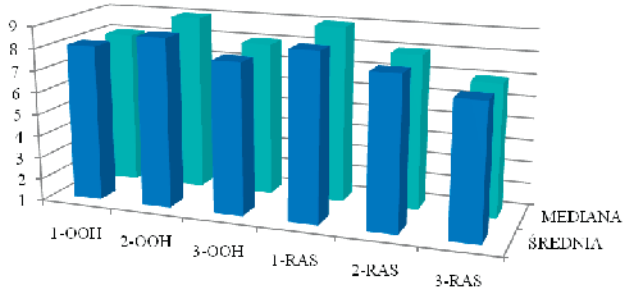
Tabela 5.1. Współczynniki ważności poszczególnych wyróżników zastosowane do obliczenia oceny ogólnej

Wagi poszczególnych wyróżników					Ocena subiektywna
barwa	zapach	tekstura	soczystość	smak	ogólna
15%	25%	13%	12%	35%	100%

5.3. Barwa

5.3.1. Barwa – pobrania wiosenne

Najwyższe średnie oceny barwy z pobrań wiosennych uzyskały próbki pochodzące z dwóch gospodarstw: 2-OOH (średnia – 8,67, mediana – 9, SD – 0,475) oraz 1-RAS (średnia – 8,56, mediana – 9, SD – 0,521). Próbki z gospodarstwa 1-OOH uzyskały ocenę średnią – 8,08 (mediana – 8, SD – 0,534), 3-OOH ocenę średnią – 7,85 (mediana – 8, SD – 0,463), 2-RAS ocenę średnią – 7,87 (mediana – 8, SD – 0,64), 3-RAS ocenę średnią – 7,05 (mediana – 7, SD – 0,897) (ryc. 5.1).



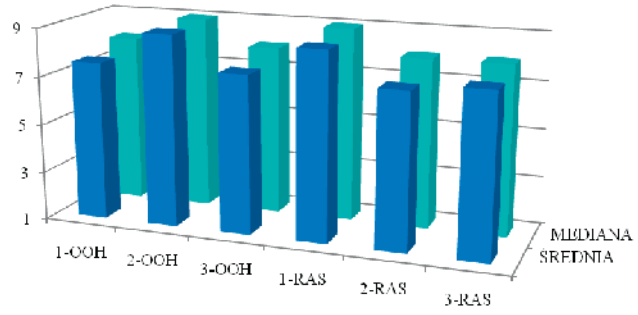
Ryc. 5.1. Wyniki oceny barwy – pobrania wiosenne

5.3.2. Barwa – pobrania jesienne

W otrzymanych ocenach z poboru jesiennego najwyższą ocenę również otrzymały próbki pochodzące z gospodarstwa 2-OOH: średnio – 8,91 (mediana – 9, SD – 0,290), nieznacznie niższą ocenę średnią otrzymały próbki pochodzące z gospodarstwa 1-RAS – 8,73 (mediana – 9, SD – 0,446). Pozostałe próbki otrzymały: 1-OOH średnio – 7,55 (mediana – 8, SD – 0,781), 3-OOH średnio – 7,53 (mediana – 8, SD – 0,697), 2-RAS średnio – 7,40 (mediana – 8, SD – 0,722), 3-RAS średnio – 7,68 (mediana – 8, SD – 0,538) (ryc. 5.2).

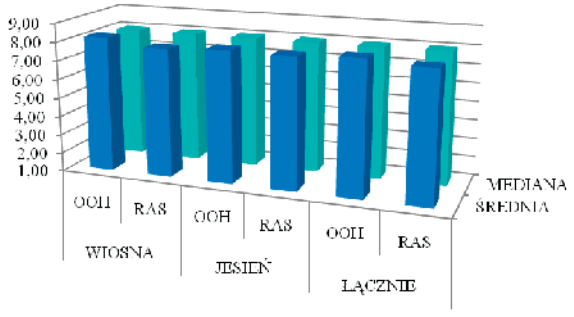
5.3.3. Barwa – wszystkie pobrania, porównanie technologii

Ocena barwy próbek ze wszystkich pobrań pochodzących z technologii OOH wyniosła średnio – 8,10 (mediana – 8, SD – 0,772); nieznacznie niższą średnią ocenę otrzymały próbki z technologii RAS – 7,88 (mediana – 8, SD – 0,880). Powyższe oceny nie różniły się od siebie pod względem statystycznym. Wśród próbek z pobrania wiosennego wyższe oceny otrzymały próbki z gospodarstw w technologii OOH średnio – 8,20 (mediana – 8, SD – 0,602), próbki z gospodarstw technologii RAS



Ryc. 5.2. Wyniki oceny barwy – pobrania jesienne

otrzymały średnio – 7,83 (mediana – 8, SD – 0,939). Wyniki pobrań jesiennych były bardziej wyrównane i dla OOH wynosiły średnio 8,00 (mediana – 8, SD – 0,899), a dla RAS – 7,94 (mediana – 8, SD – 0,814) (ryc. 5.3).



Ryc. 5.3. Wyniki oceny barwy – podsumowanie

5.3.4. Barwa – podsumowanie

Barwa należy do jednych z najważniejszych wskaźników żywności. „Urządzeniem" pomiarowym tej cechy jest wzrok – najdoskonalszy, a zarazem najbardziej skomplikowany zmysł człowieka. Pozwala on doświadczonemu konsumentowi odebrać informację o świeżości produktu czy surowca, a to z uwagi na barwniki wchodzące w skład żywności, które w trakcie dojrzewania i psucia się żywności ulegają przemianie. Idealna barwa danego produktu jest trudna do zdefiniowania, ale w przeciwieństwie do innych wyróżników łatwa do dokładnego pomiaru. Ocena barwy pozwala na wyciągnięcie wstępnych wniosków o produkcie; co zwykle ma bardzo duży wpływ na późniejszą akceptację produktu i jego dalszą ocenę, dokonywaną za pomocą innych zmysłów. Zespół oceniający spotkał się z tym zjawiskiem w czasie przprowadzania równoczesnej oceny smaku próbek tkanki mięśniowej pstrąga o kolorze naturalnym (odcienie szarości) oraz wybarwionym karotenoidami (pomarańczowy). W związku z tym, aby nie doszło do nadmiernego wpływun oceny barwy na ocenę smaku, wykonano najpierw tzw. ocenę ślepą (z zasłoniętymi oczami) różnych próbek, po czym te same próbki ponownie poddano ocenie, zgodnie ze standardami. Okazało się, iż w próbie ślepej respondenci znacznie wyżej oceniali próbki o naturalnej kolorystyce, natomiast w ocenie standardowej wyższe oceny przyznawali

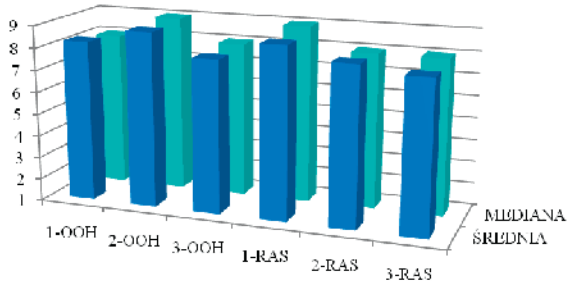
próbkom wybarwionym karotenoidami. Biorąc powyższe pod uwagę, postanowiono przy ocenie obliczanej z wyróżników obniżyć wagę wyróżnika barwa. Takie działanie przyczyniło się do większej obiektywizacji uzyskanych wyników.

Wszystkie uzyskane wyniki w zakresie oceny barwy wskazują na brak różnic statystycznych w barwie tkanki mięśniowej w próbkach z różnych technologii chowu.

5.4. Zapach

5.4.1. Zapach – pobrania wiosenne

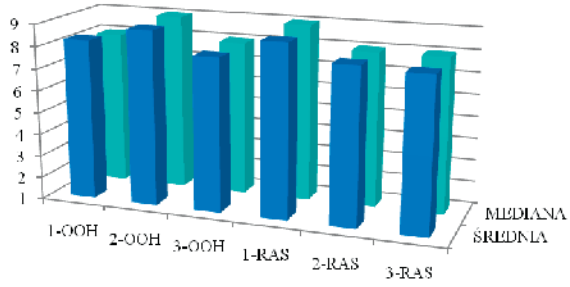
Z pobrań wiosennych najwyższe wyniki pod względem wyróżnika zapach uzyskały próbki pochodzące z gospodarstw: 2-OOH średnio – 8,88 (mediana – 9, SD – 0,331) i 1-RAS średnio – 8,72 (mediana – 9, SD – 0,451). Pozostałe próbki otrzymały: 1-OOH średnio – 8,25 (mediana – 8, SD – 0,533), 3-OOH średnio – 7,89 (mediana – 8 , SD – 0,601), 2-RAS średnio – 8,13 (mediana – 8, SD – 0,560), 3-RAS średnio – 7,81 (mediana – 8, SD – 0,579) (ryc. 5.4).



Ryc. 5.4. Wyniki oceny zapachu – pobrania wiosenne

5.4.2. Zapach – pobrania jesienne

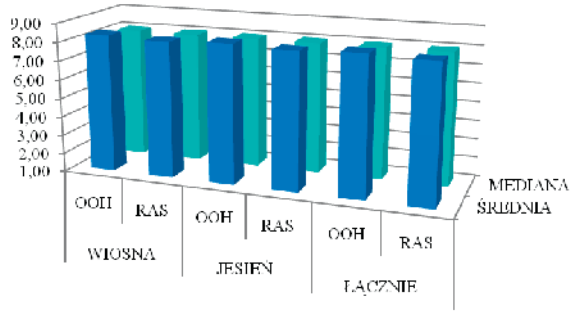
Z pobrań jesiennych najwyższe oceny wyróżnika zapach otrzymały próbki z gospodarstw 2-OOH średnio – 8,89 (mediana – 9, SD – 0,313) i 1-RAS średnio – 8,78 (mediana – 9, SD – 0,416). Pozostałe próbki uzyskały następujące oceny: 1-OOH średnio – 8,26 (mediana – 8, SD – 0,514), 3-OOH średnio – 7,92 (mediana – 8, SD – 0,606), 2-RAS średnio – 8,03 (mediana – 8, SD – 0,585), 3-RAS średnio – 7,89 (mediana – 8, SD – 0,582) (ryc. 5.5).



Ryc. 5.5. Wyniki oceny zapachu – pobrania jesienne

5.4.3. Zapach – wszystkie pobrania, porównanie technologii

Dla wszystkich próbek z wszystkich pobrań pochodzących z technologii OOH ocena zapachu wyniosła średnio – 8,35 (mediana – 8, SD – 0,641); nieznacznie niższą średnią ocenę otrzymały próbki z technologii RAS średnio – 8,23 (mediana – 8, SD – 0,656). Powyższe oceny nie różniły się od siebie pod względem statystycznym. Oceny próbek z technologii OOH z poborów wiosennych i jesiennych pod względem wyróżnika zapach były niemal identyczne i wynosiły odpowiednio średnio – 8,34 (mediana – 8, SD – 0,646) i 8,36 (mediana – 8, SD – 0,635). Również próbki z technologii RAS uzyskały niemal identyczne wyniki dla poborów wiosennych i jesiennych, które wynosiły odpowiednio: średnio – 8,22 (mediana – 8, SD – 0,652) i 8,23 (mediana – 8, SD – 0,661) (ryc. 5.6).



Ryc. 5.6. Wyniki oceny zapachu – podsumowanie

5.4.4. Zapach – podsumowanie

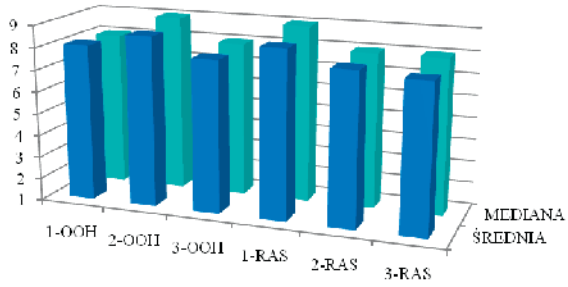
Zapach jest drugim po barwie wyróżnikiem mającym wpływ na przedkonsumpcyjną stymulację zachowań związanych z akceptowalnością produktu czy surowca. Do analizy zapachu człowiek wykorzystuje zmysł węchu, zwany niekiedy zmysłem powonienia. Jest on uważany za najstarszy i najbardziej czuły. „Sercem" tego zmysłu jest niepozorny nabłonek węchowy znajdujący się w górnej części jamy nosowej. Na powierzchni ok. 5 cm^2 znajduje się blisko 5 mln komórek receptorowych. Aby móc ocenić woń produktu, substancja zapachowa musi być lotna i dotrzeć do nozdrzy. Wrażenie zapachowe jest kreowane przez związki elementarne i ich mieszaniny, często o bardzo złożonej budowie. W związku z powyższym ocena tego wyróżnika ograniczała się do potwierdzenia swoistości zapachu przypisanego tradycyjnie do tkanki mięśniowej pstrąga oraz stwierdzenia ewentualnej obecności innych, niepożądanych zapachów.

Wszystkie próbki zostały ocenione bardzo wysoko, w żadnej z nich nie stwierdzono obecności obcych zapachów. Analizując wszystkie próbki z wszystkich technologii i wszystkich pobrań, nie stwierdzono różnic statystycznych.

5.5. Tekstura

5.5.1. Tekstura – pobrania wiosenne

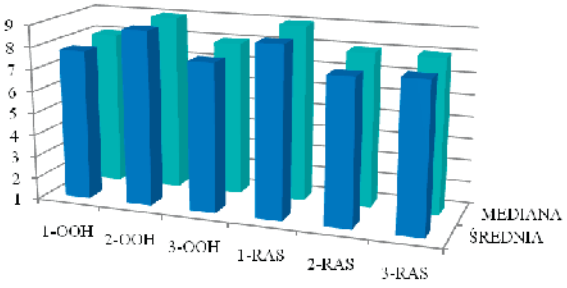
Najwyższe oceny tekstury tkanki mięśniowej pstrągów pochodzących z pobrań wiosennych uzyskały próbki z gospodarstw: 2-OOH średnio – 8,67 (mediana – 9 SD – 0,475) oraz 1-RAS średnio – 8,56 (mediana – 9, SD – 0,521). Pozostałe próbki z poborów wiosennych zostały ocenione: 1-OOH średnio – 8,08 (mediana – 8, SD – 0,534), 3-OOH średnio – 7,86 (mediana – 8, SD – 0,452), 2-RAS średnio – 7,88 (mediana – 8, SD – 0,631), 3-RAS średnio – 7,66 (mediana – 8, SD – 0,725) (ryc. 5.7).



Ryc. 5.7. Wyniki oceny tekstury – pobrania wiosenne

5.5.2. Tekstura – pobrania jesienne

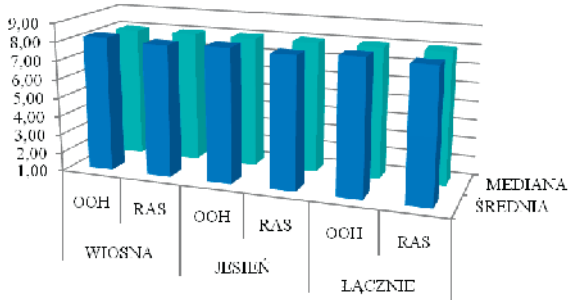
Najwyższe oceny wyróżnika tekstura z pobrań jesiennych otrzymały próbki z gospodarstw: 2-OOH (średnio – 8,91, mediana – 9, SD – 0,290) oraz 1-RAS (średnio – 8,73, mediana – 9, SD – 0,446). Pozostałe próbki z poborów jesiennych zostały ocenione: 1-OOH średnio – 7,81 (mediana – 8, SD – 0,699), 3-OOH średnio – 7,72 (mediana – 8, SD – 0,605), 2-RAS średnio – 7,59 (mediana – 8, SD – 0,594), 3-RAS średnio – 7,71 (mediana – 8, SD – 0,585) (ryc. 5.8).



Ryc. 5.8. Wyniki oceny tekstury – pobrania jesienne

5.5.3. Tekstura – wszystkie pobrania, porównanie technologii

Wszystkie uzyskane oceny próbek pochodzących z różnych technologii chowu różniły się nieznacznie i wyniosły dla wszystkich pobrań: technologia OOH średnio – 8,17 (mediana – 8, SD – 0,693), technologia RAS średnio – 8,02 (mediana – 8, SD – 0,743) (ryc. 6.9). Uzyskane oceny próbek z poborów wiosennych i jesiennych z poszczególnych technologii przedstawiały się podobnie jak dla wszystkich pobrań łącznie.



Ryc. 5.9. Wyniki oceny tekstury – podsumowanie

5.5.4. Tekstura – podsumowanie

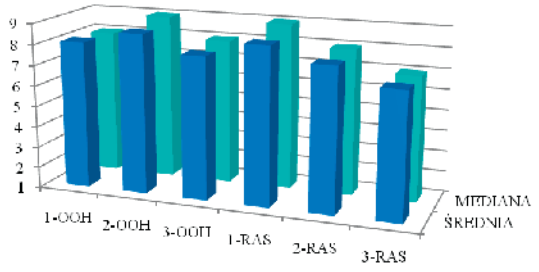
Tekstura to wszystkie reologiczne i strukturalne właściwości produktu spożywczego, które mogą być odbierane przez człowieka za pomocą receptorów dotyku, mechanicznych oraz wizualnych i słuchowych (jeżeli to możliwe). Tekstura żywności jest jednym z jej najbardziej złożonych wyróżników. Substancjami strukturotwórczymi produktu, a co za tym idzie wywołującymi wrażenia sensoryczne są podstawowe składniki żywności: węglowodany, białka i tłuszcze. To ich ilość i jakość oraz przemiany zachodzące w trakcie ich obróbki termicznej odpowiadają za odpowiednią, specyficzną dla każdego produktu strukturę.

Wszystkie uzyskane oceny próbek pochodzących z różnych technologii chowu różniły się nieznacznie i nie wykazały różnic statystycznych.

5.6. Soczystość

5.6.1. Soczystość – pobrania wiosenne

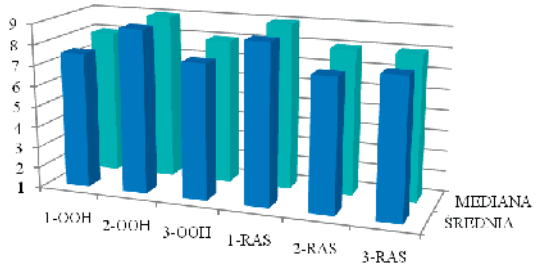
Najwyższe wyniki oceny pod względem wyróżnika soczystość otrzymały próbki pochodzące z gospodarstw 2-OOH (średnio – 8,67, mediana – 9, SD – 0,475) i 1-RAS (średnio – 8,56, mediana – 9, SD – 0,521). Pozostałe próbki z pobrań wiosennych otrzymały następujące oceny: 1-OOH średnio – 8,08 (mediana – 8, SD – 0,534), 3-OOH średnio – 7,85 (mediana - 8, SD – 0,463), 2-RAS średnio – 7,87 (mediana - 8, SD – 0,645), 3-RAS średnio – 7,05 (mediana – 7, SD – 0,897) (ryc. 5.10).



Ryc. 5.10. Wyniki oceny soczystości – pobrania wiosenne

5.6.2. Soczystość – pobrania jesienne

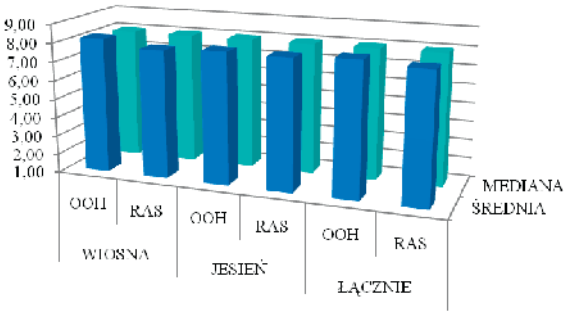
Próbki pochodzące z poborów jesiennych z gospodarstwa 2-OOH otrzymały najwyższe oceny (średnio – 8,91, mediana – 9, SD – 0,290), równie wysokie oceny otrzymały próbki pochodzące z gospodarstwa 1-RAS (średnio – 8,73, mediana – 9, SD – 0,446). Pozostałe próbki otrzymały następujące oceny: 1-OOH średnio – 7,55 (mediana – 8, SD – 0,781), 3-OOH średnio – 7,53 (mediana – 8, SD – 0,697), 2-RAS średnio – 7,40 (mediana – 8, SD – 0,722), 3-RAS średnio – 7,68 (mediana – 8, SD – 0,538) (ryc. 5.11).



Ryc. 5.11. Wyniki oceny soczystości – pobrania jesienne

5.6.3. Soczystość – wszystkie pobrania, porównanie technologii

Podsumowując wszystkie uzyskane wyniki z wszystkich pobrań, nieco wyższe oceny otrzymały próbki z technologii OOH (średnio – 8,10, mediana – 8, SD – 0,772), natomiast próbki pochodzące z gospodarstw w technologii RAS nieco niższe (średnio – 7,88, mediana – 8, SD – 0,880) (ryc. 5.12). Dla poborów wiosennych i jesiennych uzyskane oceny próbek z poszczególnych technologii przedstawiały się podobnie jak dla wszystkich pobrań łącznie.



Ryc. 5.12. Wyniki oceny soczystości – podsumowanie

5.6.4. Soczystość – podsumowanie

Soczystość mięsa i tkanki mięśniowej ryb po poddaniu ich procesowi gotowania zależy od dwóch czynników: wrażenia wilgotności w pierwszym momencie przeżuwania (na skutek wydzielenia płynów z tkanki mięśniowej) oraz podtrzymanie odczuwania soczystości (prawdopodobnie na skutek powolnego wydzielania się surowicy z tkanki mięśniowej oraz bodźcowego działania tłuszczu międzymięśniowego i śródmięśniowego na wydzielanie śliny u osoby przeżuwającej). Ponieważ podtrzymywanie odczuwania soczystości podczas żucia pozostawia trwalsze wrażenie niż wstępne odczucie wydzielania płynu, zrozumiałe jest, że większość badań nad soczystością mięsa i tkanki mięśniowej ryb wykazuje ściślejszą korelację między soczystością mięsa a zawartością tłuszczu niż między soczystością a ilością wyciśniętego z mięsa płynu. Soczystość mięsa, pochodzącego z różnych gatunków zwierząt i z różnych jego elementów, jest bardzo zmienna i ściśle uzależniona od ilości tłuszczu śródmięśniowego zawartego w tkance. Zatem silnie marmurkowate mięso dorosłego zwierzęcia o względnie wysokim stopniu dojrzałości będzie soczystsze od mięsa młodych zwierząt o mniejszej marmurkowatości. Mięso młodych zwierząt (np. cielęcina) w pierwszej chwili wywołuje odczucie wodnistości, natomiast wrażeniem ostatecznym jest jego suchość. Również w przypadku tkanki mięśniowej ryb ocenie poddaje się jej suchość bądź wodnistość. Obie skrajne wartości obniżają jej ocenę i mają wpływ na ogólne wrażenie odbierane przez konsumenta.

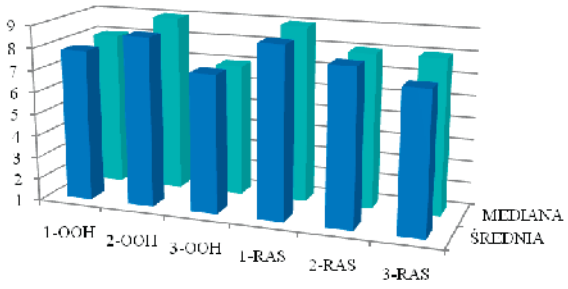
Wszystkie uzyskane próbki z wszystkich gospodarstw uzyskały wysokie oceny w tym zakresie, co świadczy o doskonałej soczystości tkanki mięśniowej pstrągów hodowanych w Polsce.

5.7. Smak

5.7.1. Smak – pobory wiosenne

Z pobrań wiosennych najwyższe wyniki pod względem smaku uzyskały próbki pochodzące z gospodarstw: 1-RAS (średnio – 8,75, mediana – 9, SD – 0,432) i 2-OOH (średnio – 8,66, mediana – 9, SD – 0,475). Pozostałe próbki pochodzące z poborów wiosennych otrzymały: 1-OOH średnio – 7,85 (mediana – 8,

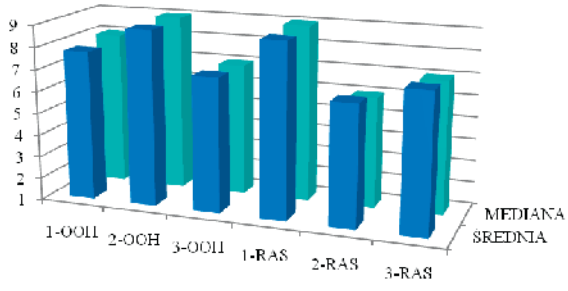
SD – 0,549), 3-OOH średnio – 7,25 (mediana – 8, SD – 0,720), 2-RAS średnio – 8,05 (mediana – 8 SD – 0,490), 3-RAS średnio – 7,37 (mediana – 8, SD – 0,990) (ryc. 5.13).



Ryc. 5.13. Wyniki oceny smaku – pobrania wiosenne

5.7.2. Smak – pobory jesienne

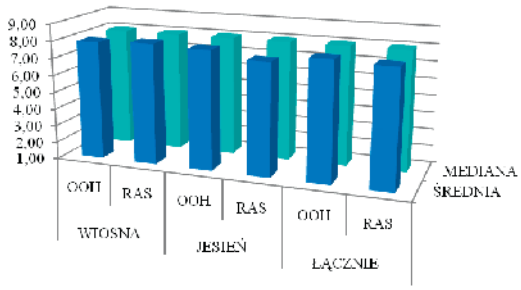
Najwyższe oceny pod względem smaku z pobrań jesiennych otrzymały próbki z gospodarstw 2-OOH (średnio – 8,94, mediana – 9, SD – 0,242) i 1-RAS (średnio – 8,88, mediana – 9, SD – 0,331). Pozostałe próbki uzyskały następujące oceny: 1-OOH średnio – 7,77 (mediana – 8, SD – 0,601), 3-OOH średnio – 7,09 (mediana – 7, SD – 0,623), 2-RAS średnio – 6,47 (mediana – 6, SD – 0,700), 3-RAS średnio – 7,27 (mediana – 7, SD – 0,766) (ryc. 5.14).



Ryc. 5.14. Wyniki oceny smaku – pobrania jesienne

5.7.3. Smak – wszystkie pobrania, porównanie technologii

Dla wszystkich próbek z wszystkich pobrań pochodzących z technologii OOH ocena barwy wyniosła średnio – 7,93 (mediana – 8, SD – 0,875). Nieznacznie niższą średnią ocenę otrzymały próbki z technologii RAS – średnio 7,80 (mediana – 8, SD – 1,076). Powyższe oceny nie różniły się od siebie pod względem statystycznym. Dla próbek z pobrania wiosennego wyższe oceny otrzymały próbki z gospodarstw w technologii RAS (średnio – 8,06, mediana – 8, SD – 0,888) niż próbki z gospodarstw technologii OOH (średnio – 7,92, mediana – 8, SD – 0,825). Dla pobrań jesiennych wyniki były bardziej wyrównane i dla OOH wynosiły średnio 7,93 (mediana – 8, SD – 0,923), zaś dla RAS – średnio 7,54 (mediana – 8, SD – 1,181) (ryc. 5.15).



Ryc. 5.15. Wyniki oceny smaku – podsumowanie

5.7.4. Smak – podsumowanie

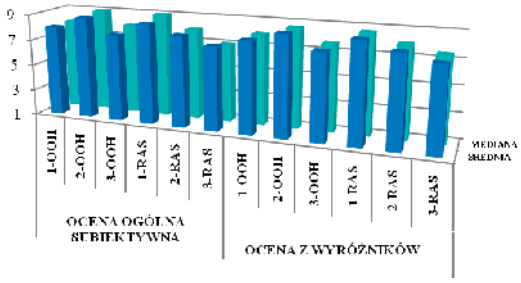
Smak jest zmysłem, który w odżywianiu człowieka ma bardzo istotne znaczenie. Należy pamiętać, że podczas przeżuwania pokarmu powstają również inne wrażenia, których oddzielenie od doznań smakowych jest praktycznie niemożliwe. Dlatego w analizie sensorycznej żywności częściej stosuje się termin smakowitość. Smakowitość jest cechą sensoryczną, na którą składają się odczucia smakowe, zapachowe oraz odczucia związane z wyglądem i dotykiem. Jest to najważniejsza i końcowa cecha, która determinuje przydatność danego produktu do zastosowania w żywieniu człowieka. Zły i nieakceptowany smak eliminuje produkt czy surowiec z diety konsumenta.

Wszystkie badane próbki otrzymały wysokie oceny dotyczące wyróżnika smakowitość. O ile próbki z poszczególnych poborów z poszczególnych gospodarstw znacznie różniły się między sobą, o tyle w przypadku analizy poszczególnych technologii uzyskano oceny nieróżniące się od siebie pod względem statystycznym. Należy pamiętać, że na ocenę smaku ryb, a zwłaszcza ryb łososiowatych ogromny wpływ ma granulat, jaki stosuje się w trakcie cyklu produkcyjnego, mniejsze znaczenie mają warunki środowiskowe.

5.8. Ocena ogólna subiektywna (OOS) i ocena obliczona z wyróżników (OZW)

5.8.1. OOS i OZW – pobory wiosenne

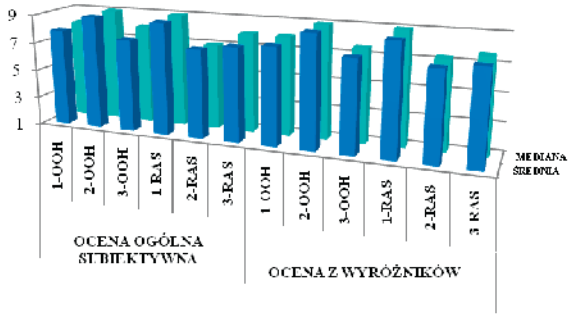
Najwyższe średnie wartości OOS z pobrań wiosennych uzyskały próbki pochodzące z dwóch gospodarstw: 2-OOH (średnio – 8,84, mediana – 9, SD – 0,365) oraz 1-RAS (średnio – 8,73, mediana – 9, SD – 0,446). Próbki z gospodarstwa 1-OOH uzyskały ocenę średnią – 8,00 (mediana – 8, SD – 0,283), 3-OOH – średnio 7,68 (mediana – 8, SD – 0,468), 2-RAS – średnio 8,02 (mediana – 8, SD – 0,378), 3-RAS – średnio 7,41 (mediana – 7, SD – 0,523) (ryc. 5.16). Dla wszystkich próbek została obliczona ocena ogólna z zastosowaniem poszczególnych wag wyróżników (OZW). Uzyskane wyniki były podobne do OOS i nie różniły się istotnie pod względem statystycznym.



Ryc. 5.16. Wyniki OOS i OZW – pobrania wiosenne

5.8.2. OOS i OZW – pobory jesienne

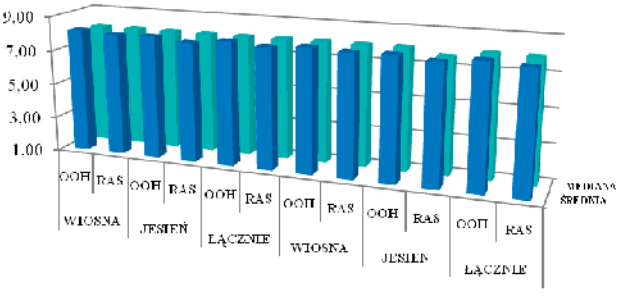
Również w przypadku poboru jesiennego próbki pochodzące z gospodarstwa 2-OOH otrzymały najwyższą OOS – średnio 8,98 (mediana – 9, SD – 0,140), nieznacznie niższą ocenę otrzymały próbki pochodzące z gospodarstwa 1-RAS – średnio 8,89 (mediana – 9 SD – 0,313). Pozostałe próbki otrzymały: 1-OOH – średnio 7,85 (mediana – 8 SD – 0,426), 3-OOH – średnio 7,52 (mediana – 8, SD – 0,520), 2-RAS – średnio 7,24 (mediana – 7, SD – 0,477), 3-RAS – średnio 7,59 (mediana – 8, SD – 0,488) (ryc. 5.17). Próbki pochodzace z gospodarstw 2-OOH i 1-RAS z poborów jesiennych uzyskały nieco niższą OZW w stosunku do OOS. Pozostałe próbki uzyskały wyższą ocenę OZW niż OOS.



Ryc. 5.17. Wyniki OOS i OZW – pobrania jesienne

5.8.3. OOS i OZW – wszystkie pobrania, porównanie technologii

Wszystkie średnie OOS dla wszystkich pobrań z poszczególnych technologii analizowanych łącznie i osobno były bardzo zbliżone do siebie i zawierały się w przedziale od 7,98 (RAS łącznie wszystkie pobrania) do 8,15 (OOH łącznie wszystkie pobrania). Również OZW była bardzo zbliżona do OOS i zawierała się w zakresie od 7,96 (RAS) do 8,11 (OOH) (ryc. 5.18).



Ryc. 5.18. Wyniki OOS i OZW – podsumowanie

5.8.4. OOS i OZW – podsumowanie

Jakość sensoryczna produktu jest jedną z najważniejszych cech, jeśli nie najważniejszą. To ona decyduje o atrakcyjności i akceptowalności danego artykułu żywnościowego dla konsumenta. W związku

z uzyskanymi wynikami OOS i OZW można stwierdzić, iż polscy hodowcy ryb przykładają ogromną wagę do jakości organoleptycznej pstrągów pochodzących z ich hodowli. Przedstawione wyniki (dotyczące próbek pochodzących ze wszystkich technologii we wszystkich pobraniach) są dowodem bardzo wysokiej akceptowalności próbek badanych przez zespół oceniający.

5.9. Wnioski

Wszystkie zaprezentowane w niniejszym rozdziale wyniki pozwalają stwierdzić, iż stosowane w Polsce technologie produkcji pstrąga tęczowego zapewniają jego wysoką jakość sensoryczną, a co za tym idzie, zapewniają produkt bezpieczny pod względem cech organoleptycznych.

Wszystkie badane próbki uzyskały wysoką i bardzo wysoką akceptowalność pod względem wszystkich wyróżników oraz wartosci OOS, co równocześnie potwierdzone zostało uzykaną wartością OZW.

Elżbieta Terech-Majewska, Andrzej K. Siwicki

6. Mikrobiologiczna i immunologiczna ocena pstrąga tęczowego pochodzącego z technologii stosowanych w Polsce

6.1. Badanie kliniczne

Badania dotyczyły oceny stanu zdrowotnego ryb pochodzących z sześciu gospodarstw o zróżnicowanym poziomie produkcji: trzy obiekty z jednokrotnym wykorzystaniem wody – otwarte obiekty hodowlane (OOH), trzy obiekty o wysokim stopniu recyrkulacji – zamknięte systemy wody (RAS).

W każdym obiekcie objętym badaniami oceniano stan zdrowotny u 40 sztuk pstrągów tęczowych podzielonych na dwie grupy o zróżnicowanej masie ciała (sortymenty S i D). Prezentowane badania wykonano w okresie maj–czerwiec (2011 r. i 2012 r.) oraz październik–listopad (2011 r.), a więc w czasie zmian temperatury wody, co ma stresujący wpływ na organizm ryb.

Ocena stanu kondycyjnego i zdrowotnego pstrąga tęczowego wymagała przygotowania nowatorskiego programu postępowania diagnostycznego oraz procedur, które obejmowały następujące badania: kliniczne, bakteriologiczne i wirusologiczne, immunologiczne oraz biochemiczne.

Każdorazowo badania kliniczne pstrągów wykonywano przed rozpoczęciem innych analiz. Aby ograniczyć wpływ stresu polietiologicznego (manipulacyjnego) na organizm, ryby były wprowadzane w stan znieczulenia ogólnego preparatem Propiscin (produkcji Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie) w stężeniu 1 ml preparatu na 1 l wody oraz przetrzymywane w pojemnikach plastikowych z napowietrzaniem do momentu rozpoczęcia określonych procedur badawczych. Propiscin – to roztwór etomidatu (0,2%), który pozwala na znieczulenie trwające do pół godziny. Jest to preparat o bardzo niskiej toksyczności, testowany na wielu gatunkach ryb, głównie łososiowatych (Kazuń i wsp. 2001). Krew do badań immunologicznych pobierano z żyły ogonowej igłą do jałowych probówek i przetrzymywano w pojemnikach plastikowych w temperaturze 4°C.

Pstrągi sortymentu S i D badano klinicznie, oceniając ich stan faktyczny. Uzyskane wyniki wskazały brak istotnych różnic odbiegających od obrazu fizjologicznego. Ryby były w dobrej kondycji, bez zmian wskazujących na toczący się proces chorobowy. Obserwacje te odnoszą się zarówno do poszczególnych gospodarstw rybackich, jak i systemu chowu, tj. OOH i RAS.

6.2. Badanie bakteriologiczne

Badanie bakteriologiczne prowadzono przy zastosowaniu rutynowych metod biologicznych, które pozwalały na izolację, namnażanie i identyfikację bakterii ze skóry, płetw, skrzeli oraz z narządów wewnętrznych pstrągów. Materiał do badań bakteriologicznych pobierano każdorazowo od 40 sztuk ryb z każdego gospodarstwa na podłoża transportowe i przewożono do laboratorium bakteriologicznego. Następnie wykonywano posiewy na podłoża stałe i przetrzymywano w optymalnych warunkach, izolowano czyste kultury i identyfikowano przy zastosowaniu testu API (BioMerieux, Polska). Uzyskane wyniki badań bakteriologicznych wykonanych w określonych okresach przedstawiono w tabelach 6.1–6.3.

Tabela 6.1. Wyniki badań bakteriologicznych pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2011 r.

Pochodzenie ryb (badane gospodarstwo)	Miejsce izolacji bakterii			
	skóra	płetwy	skrzela	narządy wewnętrzne
1-OOH	–	–	–	–
2-OOH	–	*A. hydrophila*	*P. fluorescens*	*A. salmonicida* *P. fluorescens*
3-OOH	–	–	–	–
1-RAS	–	–	–	–
2-RAS	*A. hydrophila*	–	*A. hydrophila*	–
3-RAS	–	–	–	–

Uwagi: *A. hydrophila – Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida – Aeromonas salmonicida*, *P. fluorescens – Pseudomonas fluorescens*.

Tabela 6.2. Wyniki badań bakteriologicznych pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych jesieni 2011 r.

Pochodzenie ryb (badane gospodarstwo)	Miejsce izolacji bakterii			
	skóra	płetwy	skrzela	narządy wewnętrzne
1-OOH	*A. hydrophila*	*A. hydrophila*	*A. hydrophila*	–
2-OOH	*A. hydrophila* *F. oryzihabitans*	*A. hydrophila* *F. oryzihabitans*	*A. hydrophila* *F. oryzihabitans*	–
3-OOH	*A. hydrophila*	*A. hydrophila*	*A. hydrophila*	–
1-RAS	*A. hydrophila*	*A. hydrophila*	*A.s hydrophila*	–
2-RAS	*A. hydrophila*	*A. hydrophila*	*A. hydrophila*	*P. fluorescens*
3-RAS	*P. fluorescens* *A. hydrophila*	*P. fluorescens* *A. hydrophila*	*P. fluorescens* *A. hydrophila*	–

Uwagi: *A. hydrophila – Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida – Aeromonas salmonicida*, *F. oryzihabitans – Flavimonas oryzihabitans*, *P. fluorescens – Pseudomonas fluorescens*.

Tabela 6.3. Wyniki badań bakteriologicznych ryb objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2012 r.

Pochodzenie ryb		Miejsce izolacji bakterii			
badane gospodarstwo	sortyment	skóra	płetwy	skrzela	narządy wewnętrzne
1-OOH	S	*P. fluorescens* *S. aureus*	*P. fluorescens* *S. aureus*	*P. fluorescens* *S. aureus*	*P. fluorescens* *H. alvei*
	D	*P. fluorescens* *S. aureus*	*P. fluorescens* *S. aureus*	*P. fluorescens* *S. aureus*	*P. fluorescens* *S. aureus*

Pochodzenie ryb		Miejsce izolacji bakterii			
badane gospodarstwo	sortyment	skóra	płetwy	skrzela	narządy wewnętrzne
2-OOH	S	*A. hydrophila* S. maltophilia *F. oryzihabitans* *Ch. luteola*	*A. hydrophila* *S. maltophilia* *F. oryzihabitans* *Ch. luteola*	*A. hydrophila* *S. maltophilia* *F. oryzihabitans* *Ch. luteola*	–
	D	*A. hydrophila* *S. maltophilia* *F. oryzihabitans* *Ch. luteola*	*A. hydrophila* *S. maltophilia* *F. oryzihabitans* *Ch. luteola*	*A. hydrophila* S. maltophilia *F. oryzihabitans* *Ch. luteola*	–
3-OOH	S	*A. salmonicida* *P. fluorescens* *Staphylococcus* sp.	*A. salmonicida* *P. fluorescens* *Staphylococcus* sp.	*A. salmonicida* *P. fluorescens* *Staphylococcus* sp.	*A. salmonicida* *P. fluorescens* *Staphylococcus* sp.
	D	*A. salmonicida* *P. fluorescens* *S. pneumotica* *K. oxytoca*	*A. salmonicida* *P. fluorescens* *S. pneumotica* *K. oxytoca*	*A. salmonicida* *P. fluorescens* *S. pneumotica* *K. oxytoca*	–
1-RAS	S	*A. hydrophila* *P. fluorescens* *V. fluvialis* *S. aureus* *Ervinia* sp.	*A. hydrophila* *P. fluorescens* *V. fluvialis* *S. aureus* *Ervinia* sp.	*A. hydrophila* *P. fluorescens* *V. fluvialis* *S. aureus* *Ervinia* sp.	*H. alvei*
	D	*A. hydrophila* *P. fluorescens* *V. fluvialis* *S. aureus* *Ervinia* sp.	*A. hydrophila* *P. fluorescens* *V. fluvialis* *S. aureus* *Ervinia* sp.	*A. hydrophila* *P. fluorescens* *V. fluvialis* *S. aureus* *Ervinia* sp.	*H. alvei*
2-RAS	S	*P. fluorescens* *A. salmonicida* *Staphylococcus* sp.	*P. fluorescens* *A. salmonicida* *Staphylococcus* sp.	*P. fluorescens* *A. salmonicida* *Staphylococcus* sp.	*P. fluorescens* *Staphylococcus* sp. *P. pneumotica*
	D	*P. fluorescens* *A. salmonicida* *Staphylococcus* sp.	*P. fluorescens* *A. salmonicida* *Staphylococcus* sp.	*P. fluorescens* *A. salmonicida* *Staphylococcus* sp.	*H. alvei*
3-RAS	S	*P. fluorescens* *S. aureus* *V. fluvialis*	*P. fluorescens* *S. aureus* *V. fluvialis*	*P. fluorescens* *S. aureus* *V. fluvialis*	*P. fluorescencje* *S. aureus* *V. fluvialis* *H. alvei*
	D	*V. fluvialis*	*V. fluvialis*	*V. fluvialis*	*P. fluorescens* *V. fluvialis*

Uwagi: *A. hydrophila – Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida – Aeromonas salmonicida, Ch. luteola – Chryseomonas luteola, F. oryzihabitans – Flavimonas oryzihabitans, H. alvei – Hafnia alvei, K. oxytoca – Klebsiella oxytoca, P. fluorescens – Pseudomonas fluorescens, S. pneumotica – Serratia pneumotica, S. aureus – Staphylococcus aureus, S. maltophilia – Stenotrophomonas maltophilia, V. fluvialis – Vibrio fluvialis*.

Rezultaty analiz bakteriologicznych wykazały, że u pstrągów pochodzących z tego samego gospodarstwa, ale o różnej masie ciała nie stwierdzono zróżnicowanej obecności patogennej flory bakteryjnej. We wszystkich gospodarstwach o technologii chowu OOH i RAS izolowano głównie saprofityczną, warunkowo chorobotwórczą florę bakteryjną, z rodzaju *Aeromonas* i *Pseudomonas*, powszechnie występującą w wodach otwartych oraz na powłokach zewnętrznych ryb hodowlanych i wolnożyjących. Natomiast u pstrągów sortymentu S i D z gospodarstwa 3-OOH oraz gospodarstwa 2-RAS wiosną 2012 r. stwierdzono

obecność bakterii *Aeromonas salmonicida*, które są czynnikiem etiologicznym furunkulozy u ryb łososiowatych. Brak występowania objawów chorobowych oraz śnięć jest wynikiem wysokiego potencjału odporności przeciwzakaźnej u ryb z tych gospodarstw, co zostało potwierdzone badaniami immunologicznymi. Natomiast izolacja i identyfikacja innej flory bakteryjnej na powłokach zewnętrznych oraz skrzelach badanych ryb, należącej do rodzaju *Staphylococcus* czy *Vibrio*, nie stanowi zagrożenia dla ich stanu zdrowotnego.

6.3. Badanie wirusologiczne

Badania wirusologiczne miały na celu określenie występowania patogennych dla pstrąga tęczowego wirusów. Badania ukierunkowano na obecność wirusów powodujących choroby wywołujące największe straty w hodowli pstrągów tęczowych:

- wirusową posocznicę krwotoczną (VHS) wywołaną przez wirus z rodziny *Rhabdoviridae*,
- zakaźną martwicę układu krwiotwórczego (IHN) wywołaną przez wirus z rodziny *Rhabdoviridae,*
- zakaźną martwicę trzustki (IPN) wywołaną przez wirus z rodziny *Birnaviridae*,
- herpeswirusową chorobę ryb łososiowatych wywołaną przez Salmonid Herpesvirus Type 2 (SalHV-2) z rodziny *Herpesviridae*.

Materiał do badań obejmował skrzela, nerkę, wątrobę oraz mózg. Pobierano go jałowo do pojemników transportowych i przetrzymywano w stanie zamrożenia (-20°C). Izolację i identyfikację wirusów przeprowadzano przy zastosowaniu metod molekularnych PCR i Nested-PCR według procedur stosowanych w Zakładzie Patologii i Immunologii Ryb Instytutu Rybactwa Śródlądowego i zalecanych przez laboratoria referencyjne. W przypadku diagnostyki wirusów VHS, IHN i IPN posługiwano się procedurami:

- izolacji wirusowego RNA z badanego materiału (narządy i skrzela) przy użyciu odczynnika Tri-reagent,
- optymalizacji odwrotnej transkrypcji dla wirusowego RNA,
- metodą Multiplex PCR z użyciem primerów specyficznych dla genów wirusów VHS, IHN oraz IPN.

Natomiast w przypadku diagnostyki wirusa SalHV-2 stosowano następujące procedury:

- izolacji DNA z badanego materiału (narządy, skrzela) z zastosowaniem odczynnika Tri-reagent lub zestawu QIAamp Virus Spin Kit,
- z zastosowaniem metody PCR z użyciem primerów specyficznych dla genu wirusa SalHV-2.

Wyniki badań wirusologicznych przeprowadzonych w różnych okresach przedstawiono w tabelach 6.4–6.6.

Tabela 6.4. Wyniki badań wirusologicznych pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2011 r.

Pochodzenie ryb (badane gospodarstwo)	Wyizolowane wirusy			
	VHS	IHN	IPN	SalHV-2
1-OOH	–	–	–	–
2-OOH	–	–	–	–
3-OOH	–	–	+	–
1-RAS	–	–	–	–
2-RAS	–	–	–	–
3-RAS	–	–	+	–

Tabela 6.5. Wyniki badań wirusologicznych pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych jesienią 2011 r.

Pochodzenie ryb (badane gospodarstwo, grupa)	Wyizolowane wirusy			
	VHS	IHN	IPN	SalHV-2
1-OOH	–	–	–	–
2-OOH	–	–	–	–
3-OOH	–	–	+	–
1-RAS	–	–	–	–
2-RAS	–	–	–	–
3-RAS	–	–	+	–

Tabela 6.6. Wyniki badań wirusologicznych pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2012 r.

Pochodzenie ryb (badane gospodarstwo)	Wyizolowane wirusy			
	VHS	IHN	IPN	SalHV-2
1-OOH	–	–	–	–
2-OOH	–	–	–	–
3-OOH	–	–	–	–
1-RAS	–	–	–	–
2-RAS	–	–	–	–
3-RAS	–	–	–	–

Analiza uzyskanych rezultatów badań wirusologicznych wykazała, że u ryb pochodzących z systemów OOH i RAS w dwóch okresach badań 2011 r. oraz w 2012 r. nie stwierdzono obecności wirusów VHS i IHN zwalczanych z urzędu oraz SalHV-2. Jedynie w dwóch obiektach, jednego o systemie OOH (3-OOH) oraz jednego o systemie RAS (3-RAS), stwierdzono obecność wirusa IPN w dwóch okresach badań. Jednak duży potencjał odporności przeciwzakaźnej stwierdzany u ryb pochodzących z tych gospodarstw nie pozwolił na wystąpienie objawów klinicznych i zmian anatomopatologicznych doprowadzających do śnięć.

6.4. Badanie immunologiczne

Badania miały na celu określenie potencjału nieswoistych komórkowych i humoralnych mechanizmów obronnych u pstrąga tęczowego w zróżnicowanych systemach chowu. W tym celu przygotowano procedury i metody, które pozwalały na obiektywną ocenę wpływu różnych systemów chowu pstrąga na nieswoiste mechanizmy obronne i odporność przeciwzakaźną. Po wprowadzeniu ryb w stan znieczulenia ogólnego preparatem Propiscin pobierano krew do badań immunologicznych. Po odwirowaniu krwi uzyskiwano surowicę, którą zamrażano do dalszych badań w temperaturze -70°C w plastikowych probówkach oznakowanych według schematu przyjętego w badaniach: symbol gospodarstwa, numer indywidualny badanej ryby, data pobrania. Równocześnie po wykonaniu badań klinicznych i pobraniu materiału do badań bakteriologicznych i wirusologicznych izolowano śledzionę, którą przetrzymywano w jałowych pojemnikach plastikowych w medium RPMI-1640 (Sigma-Aldrich) z dodatkiem antybiotyków w temperaturze 4°C, a następnie transportowano do laboratorium w celu przeprowadzenia dalszych badań immunologicznych. Oznaczenia wybranych parametrów nieswoistej odporności komórkowej i humoralnej wykonywano przy zastosowaniu metod opublikowanych i stosowanych do oceny potencjału obronnego u ryb w zróżnicowanych systemach

chowu (Siwicki i wsp. 2010, 2011). Aktywność komórkowych mechanizmów obronnych obejmującą fagocyty krwi i makrofagi oraz limfocyty T i B określano przy zastosowaniu następujących metod:

a) RBA (*respiratory burst activity*) – aktywność metaboliczną fagocytów (zdolność do wewnątrzkomórkowego wybuchu tlenowego), izolowanych z krwi oraz ze śledziony, oznaczano metodą spektrofotometryczną po stymulacji komórek PMA (*phorbol myristate acetate*), opisanej przez Siwickiego i wsp. (2010). Fagocyty krwi oraz makrofagi ze śledziony izolowano po wirowaniu komórek w gradiencie Gradisol G (Polfa, Polska);
b) PKA (*potential killing activity*) – ocenę aktywności bójczej fagocytów krwi oraz makrofagów izolowanych ze śledziony oznaczano przy użyciu metody spektrofotometrycznej, po stymulacji komórek bakteriami *Aeromonas hydrophila*, podanej przez Siwickiego i wsp. (1993). Fagocyty krwi oraz makrofagi ze śledziony izolowano po wirowaniu komórek w gradiencie Gradisol G;
c) aktywność limfocytów określano na podstawie poziomu odpowiedzi proliferacyjnej limfocytów T (LyTP) stymulowanych konkanawaliną A (ConA; Sigma-Aldrich) oraz limfocytów B (LyBP) stymulowanych lipopolisacharydem (LPS) przy zastosowaniu metody MTT opisanej dla ryb przez Siwickiego i wsp. (2010). Limfocyty z krwi oraz ze śledziony izolowano po wirowaniu komórek w gradiencie Gradisol L.

Aktywność nieswoistych humoralnych mechanizmów w surowicy krwi określano przy zastosowaniu następujących metod:

a) aktywność lizozymu w surowicy oznaczano za pomocą metody turbidymetrycznej, z użyciem bakterii *Micrococcus lysodeikticus*, w modyfikacji dokonanej przez Siwickiego i wsp. (1993);
b) poziom białka całkowitego oznaczono spektrofotometrycznie, używając metody biuretowej przy zastosowaniu gotowego zestawu Diagnostic Kits – Prot in Total Reagents (Sigma-Aldrich) opisanej przez Siwickiego i wsp. (1993);
c) poziom gamma-globulin oznaczono spektrofotometrycznie z użyciem metody biuretowej (zestaw Diagnostic Kits – Protein Total Reagents) oraz glikolu polietylenowego 10 000 (Sigma-Aldrich), opisanej przez Siwickiego i wsp. (1993);
d) poziom ceruloplazminy, białka ostrej fazy oznaczano metodą spektrofotometryczną przy zastosowaniu metody opisanych po raz pierwszy dla ryb przez Siwickiego i wsp. (1986).

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej, określając wartości średnie, odchylenie standardowe (SD) przy użyciu programu Statistica for Windows 7.1 (Stat-Soft, Inc 2004) oraz istotności różnic na poziomie $P < 0.05$ przy zastosowaniu jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).

Wyniki badań immunologicznych określających aktywność metaboliczną i bójczą fagocytów i makrofagów ryb objętych programem badań przeprowadzonych w różnych okresach 2011 r. i 2012 r. przedstawiono w tabelach 6.7–6.9.

Tabela 6.7. Wyniki badań immunologicznych określających aktywność metaboliczną i bójczą fagocytów krwi i makrofagów pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2011 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry			
badane gospodarstwo	sortyment	RBA f	RBA m	PKA f	PKA m
1-OOH	S	0,38 ± 0,05	0,36 ± 0,03	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,03
	D	0,42 ± 0,05	0,37 ± 0,04	0,31 ± 0,03	0,31 ± 0,04
2-OOH	S	0,37 ± 0,04	0,34 ± 0,05	0,28 ± 0,03	0,27 ± 0,04
	D	0,40 ± 0,06	0,36 ± 0,05	0,27 ± 0,04	0,29 ± 0,05
3-OOH	S	0,32 ± 0,03* 1,2	0,32 ± 0,03* 1	0,24 ± 0,04* 1	0,25 ± 0,03*1
	D	0,33 ± 0,04* 1,2	0,31 ± 0,05* 1	0,25 ± 0,03* 1	0,24 ± 0,04* 1,2R

1-RAS	S	0,35 ± 0,04	0,34 ± 0,04	0,28 ± 0,04	0,27 ± 0,04
	D	0,36 ± 0,04	0,33 ± 0,05	0,29 ± 0,04	0,29 ± 0,05
2-RAS	S	0,37 ± 0,05	0,35 ± 0,04	0,28 ± 0,04	0,28 ± 0,03
	D	0,38 ± 0,05	0,37 ± 0,04	0,29 ± 0,05	0,29 ± 0,04
3-RAS	S	0,31 ± 0,05* 1,2,2R	0,31 ± 0,03* 1	0,24 ± 0,03* 1,2	0,23 ± 0,02* 1,2R
	D	0,32 ± 0,03* 1,2,2R	0,32 ± 0,04* 1	0,22 ± 0,04* 1,2	0,24 ± 0,03* 1,2R

Uwagi: RBA f – aktywność metaboliczna fagocytów krwi (OD 620 nm), RBA m – aktywność metaboliczna makrofagów (OD 620 nm), PKA f – aktywność bójcza fagocytów krwi (OD 620 nm), PKA m – aktywność bójcza makrofagów (OD 620 nm); * różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$, w stosunku do 1 (1-OOH), 2 (2-OOH), 1R (1-RAS), 2R (2-RAS).

Tabela 6.8. Wyniki badań immunologicznych określających aktywność metaboliczną i bójczą fagocytów krwi i makrofagów pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych jesienią 2011 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry			
badane gospodarstwo	sortyment	RBA f	RBA m	PKA f	PKA m
1-OOH	S	0,40 ± 0,05	0,38 ± 0,05	0,32 ± 0,05	0,30 ± 0,04
	D	0,43 ± 0,05	0,39 ± 0,05	0,34 ± 0,05	0,31 ± 0,04
2-OOH	S	0,40 ± 0,05	0,38 ± 0,04	0,32 ± 0,05	0,29 ± 0,05
	D	0,42 ± 0,05	0,40 ± 0,04	0,33 ± 0,05	0,30 ± 0,04
3-OOH	S	0,35 ± 0,04*1,2	0,32 ± 0,03*1,2	0,26 ± 0,04*1,2	0,24 ± 0,05*1,2R
	D	0,34 ± 0,03*1,2,1R,2R	0,33 ± 0,04*1,2,2R	0,25 ± 0,05*1,2,1R,2R	0,23 ± 0,05*1,2,1R,2R
1-RAS	S	0,38 ± 0,05	0,35 ± 0,05	0,30 ± 0,05	0,29 ± 0,04
	D	0,41 ± 0,05	0,36 ± 0,04	0,31 ± 0,05	0,30 ± 0,04
2-RAS	S	0,40 ± 0,05	0,37 ± 0,04	0,30 ± 0,05	0,30 ± 0,04
	D	0,41 ± 0,05	0,38 ± 0,04	0,32 ± 0,05	0,31 ± 0,04
3-RAS	S	0,35 ± 0,03*1,2	0,34 ± 0,03*1,2	0,27 ± 0,04*1,2	0,25 ± 0,04*1,2R
	D	0,36 ± 0,03*1,2	0,32 ± 0,04*1,2,2R	0,26 ± 0,05*1,2	0,26 ± 0,03*1,2R

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 6.7.

Tabela 6.9. Wyniki badań immunologicznych określających aktywność metaboliczną i bójczą fagocytów krwi i makrofagów pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2012 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry			
badane gospodarstwo	sortyment	RBA f	RBA m	PKA f	PKA m
1-OOH	S	0,45 ± 0,04	0,43 ± 0,05	0,36 ± 0,05	0,35 ± 0,05
	D	0,43 ± 0,04	0,42 ± 0,05	0,34 ± 0,05	0,33 ± 0,05
2-OOH	S	0,45 ± 0,05	0,38 ± 0,05	0,34 ± 0,04	0,31 ± 0,03
	D	0,46 ± 0,05	0,41 ± 0,03	0,35 ± 0,04	0,33 ± 0,05
3-OOH	S	0,39 ± 0,04* 1,2	0,37 ± 0,04* 1	0,32 ± 0,05	0,31 ± 0,04
	D	0,41 ± 0,03	0,35 ± 0,04*1	0,30 ± 0,04	0,30 ± 0,05

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry			
badane gospodarstwo	sortyment	RBA f	RBA m	PKA f	PKA m
1-RAS	S	0,39 ± 0,04	0,36 ± 0,05*1	0,31 ± 0,05	0,30 ± 0,05
	D	0,42 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,33 ± 0,05	0,31 ± 0,05
2-RAS	S	0,39 ± 0,05* 1,2	0,32 ± 0,05* 1,2	0,30 ± 0,05* 1	0,31 ± 0,03
	D	0,37 ± 0,05* 1,2	0,31 ± 0,03* 1,2	0,29 ± 0,05* 1	0,30 ± 0,04
3-RAS	S	0,36 ± 0,04* 1,2	0,35 ± 0,04* 1	0,28 ± 0,05* 1,2	0,28 ± 0,04* 1
	D	0,37 ± 0,05* 1,2	0,36 ± 0,03* 1	0,29 ± 0,05* 1,2	0,30 ± 0,05

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 6.7.

Rezultaty analiz immunologicznych określających aktywność limfocytów izolowanych ze śledziony stymulowanych mitogenami konkanawaliną A i lipopolisacharydem oraz aktywność lizozymu i ceruloplazminy w surowicy u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych w różnych okresach 2011 r. i 2012 r. zilustrowano w tabelach 6.10–6.12.

Tabela 6.10. Wyniki badań immunologicznych określających aktywność limfocytów stymulowanych mitogenami: konkanawaliną A i lipopolisacharydem oraz aktywność lizozymu i ceruloplazminy u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2011 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry			
badane gospodarstwo	sortyment	LyP ConA	LyP LPS	LZM	Cp
1-OOH	S	0,48 ± 0,05	0.30 ± 0.05	19,5 ± 2,5	75,5 ± 5,0
	D	0,49 ± 0,05	0,32 ± 0,04	20,5 ± 3,0	77,0 ± 4,5
2-OOH	S	0,47 ± 0,05	0,27 ± 0,04	18,5 ± 3,5	72,4 ± 4,8
	D	0,45 ± 0,05	0,30 ± 0,05	16,5 ± 4,0	75,5 ± 4,5
3-OOH	S	0,38 ± 0,03* 1,2,1R	0,23 ± 0,03* 1,2	10,5 ± 2,5* 1,2,1R,2R	85,5 ± 3,5* 1,2,1R,2R
	D	0,39 ± 0,04* 1,2,1R	0,26 ± 0,04* 1,2	11,5 ± 2,0* 1,2,1R,2R	84,5 ± 3,5* 1,2,1R,2R
1-RAS	S	0,45 ± 0,04	0,30 ± 0,04	20,5 ± 6,5	75,0 ± 6,0
	D	0,44 ± 0,03	0,29 ± 0,05	19,5 ± 5,0	78,0 ± 5,5
2-RAS	S	0,43 ± 0,05	0,28 ± 0,04	18,5 ± 6,5	75,0 ± 6,0
	D	0,44 ± 0,05	0,30 ± 0,05	19,0 ± 5,0	78,0 ± 5,5
3-RAS	S	0,35 ± 0,05* 1,2,1R, 2R	0,21 ± 0,03* 1,2,1R,2R	9,5 ± 1,5*1,2, 1R,2R	83,5 ± 3,0* 1,21R,2R
	D	0,33 ± 0,05* 1,2,1R,2R	0,23 ± 0,04* 1,2,1R,2R	10,5 ± 1,5* 1,2,1R,2R	84,0 ± 2,5* 1,21R,2R

Uwagi: LyP ConA – aktywność proliferacyjna limfocytów T stymulowanych ConA (OD 620 nm), LyP LPS – aktywność proliferacyjna limfocytów B stymulowanych LPS (OD 620 nm), LZM – aktywność lizozymu w surowicy (mg/l), Cp – aktywność ceruloplazminy w surowicy (IU); * różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$, w stosunku do 1 (1-OOH), 2 (2-OOH), 1R (1-RAS), 2R (2-RAS).

Tabela 6.11. Wyniki badań immunologicznych określających aktywność limfocytów stymulowanych mitogenami: konkanawaliną A i lipopolisacharydem oraz aktywność lizozymu i ceruloplazminy u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych jesienią 2011 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry			
badane gospodarstwo	sortyment	LyP ConA	LyP LPS	LZM	Cp
1-OOH	S	0,47 ± 0,05	0,31 ± 0,05	22,5 ± 4,5	72,5 ± 10,0
	D	0,48 ± 0,05	0,30 ± 0,05	21,5 ± 3,5	75,0 ± 10,5
2-OOH	S	0,45 ± 0,06	0,29 ± 0,05	20,7 ± 3,4	73,2 ± 8,7
	D	0,47 ± 0,05	0,31 ± 0,04	22,0 ± 2,7	76,0 ± 8,2
3-OOH	S	0,41 ± 0,04*1	0,26 ± 0,04*1	15,0 ± 3,8*1,2	69,5 ± 8,0
	D	0,38 ± 0,05*1,2,1R,2R	0,27 ± 0,03*1,2	16,8 ± 3,6*1,2	68,5 ± 5,8
1-RAS	S	0,44 ± 0,05	0,30 ± 0,04	22,3 ± 5,3	75,1 ± 8,5
	D	0,43 ± 0,05	0,29 ± 0,04	22,1 ± 6,1	75,4 ± 9,3
2-RAS	S	0,48 ± 0,05	0,30 ± 0,05	21,7 ± 5,4	70,5 ± 6,2
	D	0,49 ± 0,05	0,31 ± 0,06	20,3 ± 4,0	77,2 ± 8,6
3-RAS	S	0,40 ± 0,05*1	0,26 ± 0,04*1	13,6 ± 3,8*1,2	70,1 ± 6,4
	D	0,41 ± 0,05*1,2,1R,2R	0,25 ± 0,04*1,2	15,0 ± 3,2*1,2	69,8 ± 7,4

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 6.10.

Tabela 6.12. Wyniki badań immunologicznych określających aktywność limfocytów stymulowanych mitogenami: konkanawaliną A i lipopolisacharydem oraz aktywność lizozymu i ceruloplazminy u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2012 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry			
badane gospodarstwo	sortyment	LyP ConA	LyP LPS	LZM	Cp
1-OOH	S	0,47 ± 0,05	0,35 ± 0,05	20,9 ± 4,7	81,1 ± 6,3
	D	0,45 ± 0,05	0,34 ± 0,05	20,5 ± 5,7	76,2 ± 4,2
2-OOH	S	0,46 ± 0,05	0,32 ± 0,04	20,1 ± 4,7	81,4 ± 7,1
	D	0,45 ± 0,04	0,34 ± 0,05	20,2 ± 7,3	77,5 ± 8,3
3-OOH	S	0,43 ± 0,05	0,34 ± 0,05	20,9 ± 7,9	85,7 ± 10,3
	D	0,42 ± 0,05	0,32 ± 0,04	19,0 ± 5,8	80,5 ± 13,0
1-RAS	S	0,43 ± 0,05	0,34 ± 0,05	19,2 ± 5,4	75,1 ± 8,9
	D	0,44 ± 0,05	0,35 ± 0,05	20,9 ± 3,2	82,0 ± 9,6
2-RAS	S	0,42 ± 0,05	0,34 ± 0,05	19,4 ± 8,7	76,7 ± 8,3
	D	0,43 ± 0,05	0,31 ± 0,05	20,9 ± 4,7	78,5 ± 7,7
3-RAS	S	0,42 ± 0,05	0,32 ± 0,05	20,5 ± 4,8	80,1± 9,4
	D	0,44 ± 0,05	0,31 ± 0,05	21,4 ± 3,5	78,9 ± 10,9

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 6.10.

Wyniki badań immunologicznych określających poziomy białka całkowitego oraz immunoglobulin u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną i jesienią 2011 r. oraz wiosną 2012 r. przedstawiono w tabelach 6.13–6.15.

Tabela 6.13. Wyniki badań immunologicznych określających poziom białka całkowitego oraz immunoglobulin u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2011 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry	
badane gospodarstwo	sortyment	Bc	Ig
1-OOH	S	54,5 ± 4,5	14,5 ± 2,5
	D	56,0 ± 4,0	15,8 ± 2,8
2-OOH	S	52,5 ± 3,5	14,8 ± 2,4
	D	53,5 ± 3,0	14,5 ± 2,5
3-OOH	S	52,5 ± 2,5	18,5 ± 6,5
	D	54,5 ± 4,0	18,0 ± 5,5
1-RAS	S	55,8 ± 4,2	18,5 ± 5,5
	D	56,0 ± 3,0	19,6 ± 6,4
2-RAS	S	55,5 ± 3,5	19,5 ± 7,5
	D	52,0 ± 4,0	19,0 ± 6,0
3-RAS	S	51,5 ± 3,5	17,5 ± 4,5
	D	52,5 ± 3,0	18,0 ± 5,0

Uwagi: Bc – poziom białka całkowitego w surowicy (g/l), Ig – poziom całkowity immunoglobulin w surowicy (g/l); * różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$, w stosunku do 1 (1-OOH), 2 (2-OOH), 1R (1-RAS), 2R (2-RAS).

Tabela 6.14. Wyniki badań immunologicznych określających poziom białka całkowitego oraz immunoglobulin u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych jesienią 2011 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry	
badane gospodarstw	sortyment	Bc	Ig
1-OOH	S	52,5 ± 5,5	11,4 ± 2,8
	D	54,0 ± 6,0	12,5 ± 2,5
2-OOH	S	54,4 ± 5,2	12,9 ± 3,1
	D	51,8 ± 4,8	12,5 ± 6,4
3-OOH	S	42,7 ± 4,2*1,2,2R	14,9 ± 4,5
	D	41,6 ± 5,8*1,2,1R,2R	15,0 ± 5,7
1-RAS	S	48,9 ± 7,7	11,4 ± 6,0
	D	50,1 ± 3,2	14,4 ± 6,4
2-RAS	S	48,2 ± 3,9	12,0 ± 2,1
	D	47,3 ± 4,4	11,1 ± 2,7
3-RAS	S	43,7 ± 6,8*1,2	11,4 ± 2,3
	D	42,1 ± 5,3*1,2,1R,	10,4 ± 2,5

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 6.13.

Tabela 6.15. Wyniki badań immunologicznych określających poziom białka całkowitego oraz immunoglobulinu u pstrągów objętych programem badań przeprowadzonych wiosną 2012 r. (wartości średnie ± SD)

Pochodzenie ryb		Oznaczane parametry	
badane gospodarstwo	sortyment	Bc	Ig
1-OOH	S	43,6 ± 7,4	10,6 ± 2,6
	D	44,5 ± 6,1	10,3 ± 2,3
2-OOH	S	44,6 ± 5,0	10,2 ± 3,1
	D	46,9 ± 5,0	9,8 ± 2,8
3-OOH	S	45,1 ± 4,5	11,6 ± 3,4
	D	47,0 ± 9,5	11,4 ± 3,0
1-RAS	S	42,5 ± 4,3	11,6 ± 1,6
	D	43,5 ± 6,3	10,7 ± 2,9
2-RAS	S	44,3 ± 6,4	10,5 ± 2,7
	D	44,8 ± 5,4	10,4 ± 2,9
3-RAS	S	50,0 ± 6,9	9,6 ± 2,1
	D	50,3 ± 4,9	9,3 ± 2,8

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 6.13.

Wstępna analiza wyników badań immunologicznych uzyskanych w dwóch okresach sezonu hodowlanego wyraźnie sugeruje, że u wszystkich ryb pochodzących z obiektów OOH i obiektów RAS obserwowano wzrost aktywności nieswoistych komórkowych mechanizmów obronnych w drugim okresie cyklu hodowlanego (październik–listopad). Równocześnie w surowicy wszystkich ryb pochodzących z badanych obiektów obserwuje się wzrost aktywności lizozymu oraz spadek poziomu gamma-globulin. Jest to zjawisko wskazujące na zmniejszenie negatywnego wpływu stresu polietiologicznego (środowiskowego) na organizm ryb. Podwyższenie aktywności komórek immunokompetentnych, które są odpowiedzialne na odporność przeciwzakaźną, jest bardzo pozytywnym zjawiskiem obserwowanym zarówno w gospodarstwach typu OOH, jak i RAS. Najwyższy potencjał odporności komórkowej i humoralnej stwierdzono w gospodarstwie 1-OOH we wszystkich okresach badawczych, zarówno w 2011 r., jak i 2012 r. Jednocześnie stwierdzono statystycznie istotne obniżenie aktywności komórkowych mechanizmów obronnych u ryb obu sotymentów w gospodarstwach 3-OOH i 3-RAS (gdzie w 2011 r. w dwóch okresach badawczych stwierdzono obecność wirusa IPN) w porównaniu z innymi gospodarstwami (gdzie nie stwierdzono obecności tego wirusa). Równocześnie u badanych ryb z gospodarstw 3-OOH i 3-RAS obserwowano obniżenie aktywności lizozymu w dwóch okresach badawczych 2011 r. Uzyskane wyniki badań jednoznacznie sugerują, że wirus IPN ma silne działanie obniżające aktywność fagocytów krwi i makrofagów oraz limfocytów T i B, czego wynikiem jest obserwowane obniżenie aktywności lizozymu. Natomiast w okresie wiosennym 2011 r. obserwowano statystycznie istotny wzrost aktywności ceruloplazminy, białka ostrej fazy, co jednoznacznie wskazuje na aktywację hepatocytów związaną z infekcją wirusową. Poziom białka całkowitego oraz immunoglobulin był zbliżony zarówno u ryb z gospodarstw OOH, jak i RAS. Statystycznie istotny spadek białka całkowitego obserwowano jedynie w okresie badań jesiennych u ryb z gospodarstw 3-OOH i 3-RAS, w których stwierdzono obecność wirusa IPN.

Podsumowując, należy zatem stwierdzić, że nie obserwowano istotnych różnic w parametrach nieswoistej odporności komórkowej i humoralnej u pstrągów tęczowych pochodzących ze zróżnicowanych systemów chowu OOH i RAS, a wysoki potencjał odporności przeciwzakaźnej nie pozwalał na pojawienie się objawów chorobowych u badanych ryb. Stwierdzenie obecności wirusa IPN pozwoliło na obiektywną ocenę jego wpływu na komórkowe i humoralne mechanizmy obronne w gospodarstwach o odmiennych systemach chowu. Ma to istotne znaczenie poznawcze i praktyczne oraz pozwala na opracowanie skutecznych metod profilaktycznych.

Józef Szarek, Izabella Babińska, Emilia Strzyżewska, Magdalena Szweda, Beata Szynaka, Krystyna Dublan, Krystyna Skibniewska, Janusz Zakrzewski, Joanna Wojtacka, Janusz Guziur, Stefan Dobosz, Józef Koc, Marcin Sidoruk, Elżbieta Terech-Majewska, Krzysztof Wąsowicz, Henryk Białowąs, Jan Miciński

7. Ocena makroskopowa i analiza mikroskopowa wątroby, śledziony i nerek pstrąga tęczowego

7.1. Wstęp

Zwiększenie liczby gospodarstw prowadzących chów i hodowlę pstrąga tęczowego tradycyjnymi metodami (zwiększenie poboru wody) jest w świetle obowiązujących przepisów trudny do wdrożenia, a nawet mało realny. Hodowcy pstrągów coraz częściej stosują takie technologie uzdatniania wody, jak: napowietrzanie, natleniane, usuwanie zagęszczonych osadów, biologiczne oczyszczanie (Ciereszkoi wsp. 2007; Goryczko i wsp. 2003; Molony i wsp. 1999) oraz recyrkulację – częściową (semi RAS) lub pełną (RAS) – umożliwiającą wielokrotne wykorzystanie wody.

Niestety, te nowoczesne rozwiązania technologiczne nie posiadają jeszcze pełnej bazy naukowej umożliwiającej ich całkowitą akceptację przez bioetyków i zwolenników żywności ekologicznej. Aby sprostać tej sytuacji wydana została Dyrektywa Rady 98/58 EC z dnia 20 lipca 1998 r. dotycząca ochrony zwierząt hodowlanych (wyznaczająca minimalne standardy ochrony zwierząt hodowanych i trzymanych w celach gospodarczych, włącznie z rybami) oraz przyjęcie przez Radę Europy w 2005 r. rekomendacji o dobrostanie ryb hodowlanych. W Polsce, podobnie jak w innych krajach Unii Europejskiej, wdrażany jest program zrównoważonego rozwoju terenów wiejskich z uwzględnieniem akwakultury. Program ten uwzględnia propagowanie i wspieranie rozwoju produkcji ekologicznej.

W związku z coraz powszechniejszym stosowaniem wspomnianych kierunków rozwoju chowu i hodowli ryb, w tym również pstrąga tęczowego, wydane zostało Rozporządzenie Komisji (WE) 710/2009 z dnia 5 sierpnia 2009 r. ustanawiające szczegółowe zasady ekologicznej produkcji w sektorze akwakultury. Zgodnie z tym aktem „nie zezwala się na używanie takich systemów [systemu recyrkulacji wody – przyp. aut.] w produkcji ekologicznej do czasu uzyskania szerszej wiedzy".

7.2. Badania morfologiczne narzędziem w ocenie wpływu technologii chowu pstrąga tęczowego na jakość tych ryb

Prezentowane poniżej badania morfologiczne zmierzają zarówno w kierunku szczegółowego poznania wpływu środowiska na organizm pstrąga, jak i końcowego produktu, pozyskiwanego bądź z chowu ekstensywnego na wodzie przepływowej (OOH), bądź z chowu intensywnego przy użyciu recyrkulacji wody (RAS).

Patomorfologia weterynaryjna, przyjęta w prezentowanych badaniach, jest stosowana w diagnostyce zmian morfologicznych zarówno u ryb, jak i u innych zwierząt. Pozwala na ustalenie nawet subtelnych zaburzeń w organizmie, a w przypadkach zgonu na rozpoznaniu jego przyczyny (Barlas 1999; Cengiz 2006; Fischer i wsp. 2000; Peyghan i wsp. 2002). Fakt, iż ocena morfologiczna staje się narzędziem do oceny wpływu środowiska na funkcjonowanie zwierzęcia, w tym również i ryb, nie jest powszechnie wiadomym (Ayas i wsp. 2007; Gul i wsp. 2004; Ozmen i wsp. 2006; Sopińska i wsp. 2000; Szarek i wsp. 2007).

W prezentowanych badaniach, stosując wspomniany warsztat badawczy, podjęto nowatorską próbę oceny wpływu dwóch różnych technologii produkcji pstrąga tęczowego (OOH i RAS) na obraz morfologiczny wątroby, śledziony i nerek tych ryb, świadczący o ich kondycji i stanie zdrowotnym.

7.3. Materiał i metody

Badania morfologiczne pstrągów tęczowych prowadzono w okresie trzech lat, wiosną i jesienią.Pstrągi do badań odławiano w sześciu gospodarstwach rybackich biorących udział w badaniach, tj. z trzech gospodarstw o jednokrotnym wykorzystaniu wody (systemy otwarte, przepływowe – oznaczone jako OOH) i z trzech z wielokrotnym jej wykorzystaniem (tzw. recyrkulaty – oznaczone jako RAS). Dokładny opis technologii chowu przedstawiono w rozdziale *Wpływ technologii chowu pstrąga na jakość wód*. Ocenę morfologiczną przeprowadzano przy każdym poborze ryb (na 40 pstrągach) we wszystkich sześciu gospodarstwach rybackich. Wyróżniono każdorazowo, w zależności od masy ciała, dwie grupy (n = 20): sortyment S (350–500 g) i D (501–850 g). Ryby do badań odławiano w trakcie jednego dnia na terenie danego gospodarstwa, po uprzednim tzw. odpiciu i 1-, 2-dniowym wstrzymaniu karmienia.

Ocena makroskopowa pstrągów polegała na oględzinach zewnętrznych tych ryb (ze szczególnym uwzględnieniem skóry z łuskami, oczu, skrzeli i płetw) oraz ich narządów wewnętrznych.

Do mikroskopowych badań morfologicznych pobrano po pięć wycinków z różnych miejsc każdej wątroby. Do tej analizy pobrano również wycinki ze śledziony i nerki. Skrawki mikroskopowe barwiono hematoksyliną i eozyną (Bancroft i wsp. 2000). Ponadto w celu określenia poziomu i rozmieszczenia wielocukrów skrawki wątroby zabarwiono zgodnie z metodą PAS według McManusa (Bancroft i wsp. 2000). Zawartość wielocukrów w badanym narządzie określono, biorąc pod uwagę wskazania Pearse'a (1968) i półilościową ocenę podaną przez Szarka i wsp. (1985).

Wyniki analiz makroskopowych i mikroskopowych zestawiono w tabelach 7.1–7.10. Dla wszystkich badanych parametrów sporządzono podstawowe statystyki opisowe. Zebrane dane poddano analizie statystycznej przy pomocy testów: U Manna–Whitneya oraz ANOVA Friedmana (nieparametryczna analiza wariancji). Test U Manna–Whitneya służy do zbadania, czy obserwowane różnice są istotne statystycznie oraz czy zależą od rodzaju chowu. Test Friedmana jest nieparametrycznym odpowiednikiem jednoczynnikowej analizy wariancji dla pomiarów powtarzanych. W badaniach był wykorzystywany w sytuacji, gdy oprócz typu hodowli wprowadzano jakiś dodatkowy parametr mogący różnicować otrzymane wartości wyników analiz mikroskopowych. W omawianych analizach jako zmienną różnicującą przyjęto technologię chowu. W przypadku wystąpienia zróżnicowania istotnego statystycznie wprowadzano dodatkowe zmienne wynikające z wielkości sortymentu (S i D) oraz okresu poboru próby (wiosna, jesień).

7.4. Wyniki badań

7.4.1. Wyniki badań makroskopowych

Stwierdzono, że obraz makroskopowy pstrągów prawie w każdym przypadku był prawidłowy. Odstępstwa od normy obserwowano stosunkowo rzadko. Dotyczyło to zarówno zróżnicowania względem

wszystkich okresów poboru ryb (wiosna, jesień), jak i ich wielkości (S, D). Rodzaj i częstość występowania zmian makroskopowych zilustrowano na przykładzie wyników uzyskanych dla pstrągów pochodzących z odłowu jesiennego (tab. 7.1), które poddano ocenie statystycznej (tab. 7.2).

Tabela 7.1. Liczba zmian makroskopowych u 160 pstrągów tęczowych* pobranych do badań jesienią z czterech gospodarstw rybackich w zależności od rodzaju technologii chowu i wielkości ryb

Lokalizacja zmian makroskopowych i ich rodzaj	OOH				RAS			
	2		3		2		3	
	S	D	S	D	S	D	S	D
Skóra i łuska – uszkodzenia mechaniczne	0	2	1	1	1	2	0	0
Skóra i łuska – inne zmiany	0	0	0	0	0	1	0	1
Płetwy – uszkodzenia mechaniczne	0	0	0	1	0	0	0	1
Płetwy – inne zmiany	1	0	0	0	0	0	1	0
Skrzela – zaburzenia w krążeniu	0	0	1	2	0	2	0	1
Oko	0	0	0	0	0	0	0	0
Wątroba – zaburzenia w krążeniu	1	1	2	1	1	2	1	1
Wątroba – zmiany wsteczne	0	1	0	1	1	1	1	1
Śledziona – zaburzenia rozwojowe	1	0	0	0	0	1	0	0
Śledziona – zaburzenia w krążeniu	1	1	1	1	1	1	1	1
Inne zmiany	0		0	0	0	0	0	0
Razem – sortyment	4	5	5	7	4	10	4	6
Razem – rodzaj chowu	21				24			

Uwagi: * każda grupa wagowa (sortyment S i D) liczyła 20 pstrągów tęczowych.

Tabela 7.2. Wyniki testu U Manna–Whitneya dla badanych parametrów oceny makroskopowej

Lokalizacja zmian makroskopowych i ich rodzaj	Suma rang		*U*	*Z*	*p*
	OOH	RAS			
Skóra i łuska – uszkodzenia mechaniczne	19,50000	16,50000	6,500000	0,28868	0,772830
Skóra i łuska – inne zmiany	14,00000	22,00000	4,000000	-1,01036	0,312322
Płetwy – uszkodzenia mechaniczne	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234
Płetwy – inne zmiany	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234
Skrzela – zaburzenia w krążeniu	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234
Oko	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234
Wątroba – zaburzenia w krążeniu	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234
Wątroba – zmiany wsteczne	14,00000	22,00000	4,000000	-1,01036	0,312322
Śledziona – zaburzenia rozwojowe	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234
Śledziona – zaburzenia w krążeniu	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234
Inne zmiany	12,00000	16,00000	6,000000	0,17678	0,859684
Razem – sortyment / rodzaj chowu	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234

Wyniki testu U Manna–Whitneya potwierdziły hipotezę o braku zróżnicowania istotnego statystycznie w odniesieniu do obserwowanych zmian makroskopowych. Ponieważ nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie dla badanych technologii chowu, na tym etapie nie prowadzono dalszych analiz. Przyjęto, że w obu typach technologii występują podobne zmiany makroskopowe.

Na podstawie badania makroskopowego u wszystkich pstrągów stwierdzono brak znamion patognomonicznych wskazujących na występowanie chorób.

Skóra i łuski badanych ryb miały zachowaną ciągłość, a tylko sporadycznie i na niewielkim obszarze obserwowano ubytki. Uszkodzeń skóry i łusek było stosunkowo więcej u ryb w chowie typu RAS (ryc. 7.1). Uszkodzeń tych było też o ponad połowę więcej niż uszkodzeń płetw. Gałki oczne były charakterystyczne dla gatunku. W obrębie skrzeli w kilkunastu przypadkach odnotowano przekrwienie, sporadycznie wybroczyny.

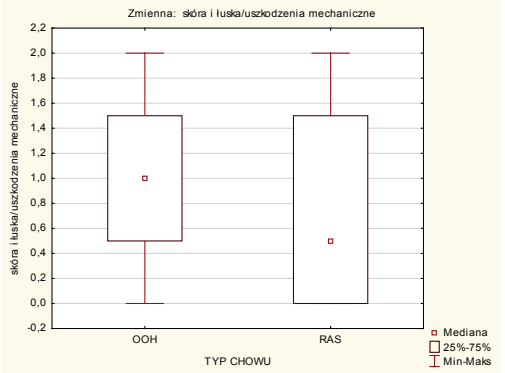
Przekrwienie uzewnętrzniło się bardziej intensywnie w wątrobie, w nieco mniejszym stopniu w śledzionie oraz wyraźnie w mniejszym stopniu w nerkach. Ponadto w wątrobie i śledzionie nielicznych pstrągów obserwowano drobne punkcikowate lub smugowate wybroczyny umiejscowione pod torebką (błoną surowiczą). Opisane makroskopowe zaburzenia w krążeniu miały charakter sporadycznych odstępstw od normy, aczkolwiek w porównaniu do innych zmian odnotowywano je częściej.

U kilkunastu pstrągów stwierdzono stłuszczenie zwykłe wątroby. W tych przypadkach narząd przybierał zabarwienie brunatne z różnym stopniem intensywności odcienia barwy żółtej; taka wątroba miała też zmniejszoną elastyczność, a czasem konsystencję gliniastą. Zmiana ta, o charakterze fizjologicznym, wyraźnie częściej występowała u ryb sortymentu D niż u ryb sortymentu S. Częściej też bywała widoczna u ryb pochodzących z obiektów o wysokim stopniu recyrkulacji i zamkniętym (zwrotnym) systemie wodnym (RAS). Sporadycznie obserwowano zwyrodnienie miąższowe wątroby. Zmiana ta najczęściej była słabo lub bardzo słabo wyrażona.

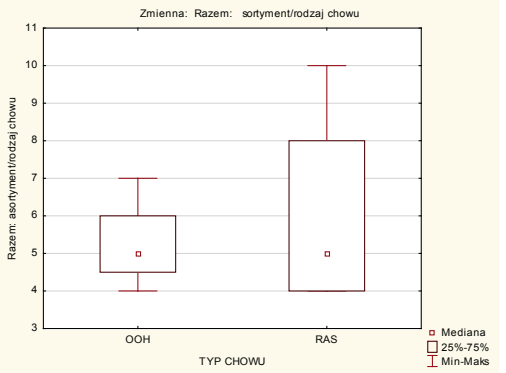
Niekiedy stwierdzano też zmianę kształtu śledziony. Czasem owo odstępstwo od normy miało charakter wady rozwojowej.

Zróżnicowanie zmian makroskopowych w zakresie danych z tabeli 7.1 w stosunku do sortymentu (S i D) i technologii chowu przedstawiono na rycinie 7.2.

Zmiany makroskopowe charakterystyczne dla badanych pstrągów ilustrują fotografie 7.1–7.5.



Ryc. 7.1. Uszkodzenia mechaniczne skóry i łusek pstrągów tęczowych w zależności od technologii chowu (OOH, RAS)



Ryc. 7.2. Zmiany makroskopowe u pstrągów tęczowych w zależności od sortymentu (S i D) i technologii chowu (OOH, RAS)

7.4.2. Wyniki badań mikroskopowych i histochemicznych

7.4.2.1. Badanie mikroskopowe wątroby

Obraz mikroskopowy wątroby pstrągów tęczowych, zarówno w sortymencie S, jak i D, niezależnie od okresu odłowu ryb, był przeważnie zgodny z przyjętymi w tym zakresie kryteriami (fot. 7.6). Na potrzeby publikacji rodzaj i częstość występowania zmian mikroskopowych przedstawiono na przykładzie wyników uzyskanych dla pstrągów tęczowych z technologii chowu typu OOH i RAS z jednego odłowu jesiennego, przeprowadzonego w czterech gospodarstwach rybackich (tab. 7.3). Analizę statystyczną tych wyników ilustruje tabela 7.4.

Tabela 7.3. Liczba wybranych zmian mikroskopowych w wątrobie 160 pstrągów tęczowych* pobranych do badań jesienią z czterech gospodarstw rybackich w zależności od rodzaju technologii chowu i wielkości ryb

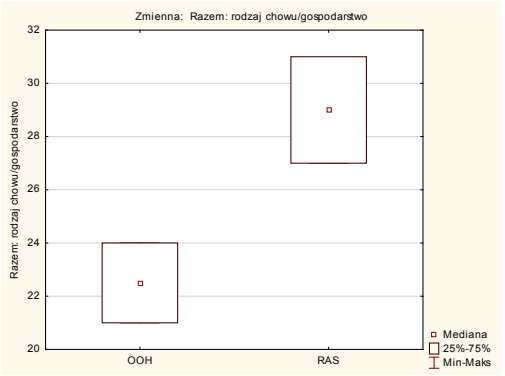
Rodzaj zmian mikroskopowych	OOH				RAS			
	1		2		1		2	
	S	D	S	D	S	D	S	D
Martwica	1	0	0	1	0	0	0	1
Zwyrodnienie tłuszczowe	0	1	0	0	0	1	1	1
Zwyrodnienie miąższowe	2	4	2	3	2	4	4	5
Przekrwienie	3	5	3	4	3	6	3	5
Wynaczynienie	0	1	0	1	1	1	1	1
Naciek melanomakrofagów**	2	3	1	2	2	2	1	3
Naciek komórek limfoidalnych	1	1	1	3	2	3	2	3
Razem – sortyment	9	15	7	14	10	17	12	19
Razem – gospodarstwo	24		21		27		31	
Razem – rodzaj technologii chowu	45 (średnio na 1 gospodarstwo – 22,5)				58 (średnio na 1 gospodarstwo – 29 ,0)			

Uwagi: * każda grupa wagowa (sortyment S i D) liczyła 20 pstrągów tęczowych; ** w polu widzenia przy obiektywie 20× (Nikon Eclipse 80i). Liczba analizowanych preparatów mikroskopowych: 1 wątroba = 5 wycinków (bloczki parafinowe), 1 wycinek = 1 preparat barwiony hematoksyliną i eozyną; 20 pstrągów w grupie S + 20 pstrągów w grupie D = 40 pstrągów × 5 wycinków = 200 wycinków × 1 preparat = 200 preparatów od ryb z danego miejsca pochodzenia × 4 gospodarstwa rybackie = 800 preparatów.

Tabela 7.4. Wyniki testu U Manna–Whitneya dla badanych parametrów oceny mikroskopowej wątroby (na czerwono zaznaczono wartości statystycznie istotne)

Rodzaj zmian mikroskopowych	Suma rang		*U*	*Z*	*p*	*Z* popraw.	*p*
	OOH	RAS					
Martwica	20,00000	16,00000	6,000000	0,43301	0,665006	0,51235	0,608408
Zwyrodnienie tłuszczowe	14,00000	22,00000	4,000000	-1,01036	0,312322	-1,15752	0,247062
Zwyrodnienie miąższowe	14,00000	22,00000	4,000000	-1,01036	0,312322	-1,06221	0,288141
Przekrwienie	16,50000	19,50000	6,500000	-0,28868	0,772830	-0,30966	0,756818
Wynaczynienie	14,00000	22,00000	4,000000	-1,01036	0,312322	-1,33658	0,181359
Naciek melanomakrofagów	18,00000	18,00000	8,000000	0,14434	0,885234	0,15590	0,876110
Naciek komórek limfoidalnych	13,00000	23,00000	3,000000	-1,29904	0,193932	-1,37477	0,169203
Razem – sortyment / rodzaj chowu	14,00000	22,00000	4,000000	-1,01036	0,312322	-1,01036	0,312322
Razem – rodzaj chowu / gospodarstwo	10,00000	26,00000	0,000000	-2,16506	0,030384	-2,21853	0,026519

Wyniki testu U Manna–Whitneya potwierdziły hipotezę o braku zróżnicowania istotnego statystycznie w odniesieniu do obserwowanych zmian mikroskopowych wątroby. Przyjęto, że w obu typach technologii występują podobne zmiany mikroskopowe. W związku z tym, że na tym etapie zaobserwowano różnice istotne statystycznie dla parametru rodzaj chowu / gospodarstwo, rozszerzono prowadzoną analizę, przyjmując jako zmienną grupującą typ gospodarstwa (ryc. 7.3). Przeprowadzona nieparametryczna analiza wariancji Kruskala–Willisa pozwoliła na potwierdzenie tezy przyjętej na podstawie poprzedniego testu, a mówiącej o braku zróżnicowania wynikającego z typu chowu w odniesieniu do liczby obserwowanych zmian mikroskopowych wątroby – test Kruskala-Wallisa: H (3, N = 8) = 6,533333; p = 0,0884.



Ryc. 7.3. Zmiany mikroskopowe wątroby u pstrągów tęczowych w zależności od gospodarstwa i technologii chowu

Spośród zmian wstecznych stosunkowo bardzo rzadko obserwowano martwicę hepatocytów. W tych przypadkach dotyczyła ona pojedynczych komórek (fot. 7.7), a tylko sporadycznie obejmowała ona niewielkie skupiska. Nieco częściej martwica hepatocytów była notowana u ryb sortymentu D niż S. Ta sama tendencja dała się zauważyć w stosunku do zwyrodnienia miąższowego. Zmianę tę dostrzegano stosunkowo rzadko u ryb młodszych, a częściej u starszych, zwłaszcza w chowie typu RAS. U ryb pochodzących z chowu RAS zmiany wsteczne były bardziej intensywne niż z chowu typu OOH.

Spośród zaburzeń w krążeniu najczęściej obserwowano przekrwienie (zob. fot. 8.7). Na uwagę zasługuje też fakt, że zaburzenie to notowano częściej niż każdą ze zmian wstecznych. Najczęściej przekrwienie lokalizowało się w wątrobie 3–5 ryb w obrębie każdej grupy wagowej. Niekiedy obserwowano zastój krwi. Drobne wynaczynienia, przeważnie punkcikowate, występowały jedynie sporadycznie.

Zróżnicowany stopień stłuszczenia zwykłego (zmiana odwracalna) występował w obrębie wszystkich grup pstrągów u znacznej ich liczby, przekraczającej nawet połowę w obrębie danej grupy (fot. 7.9, 7.10). Krople lipidów w tych przypadkach były różnej wielkości i wypełniały cytoplazmę miąższowych komórek wątrobowych, spychając jądro komórkowe na obwód. Tak ukształtowane hepatocyty przypominały swoim wyglądem sygnety. W przypadku takich zmian bardzo rzadko dochodziło do uszkodzenia jądra komórkowego, a więc do zwyrodnienia tłuszczowego. Na uwagę zasługuje fakt, że stłuszczenie zwykłe było częściej obserwowane u pstrągów sortymentu D i w gospodarstwach rybackich typu RAS, zwłaszcza jesienią.

U ok. 5% badanych pstrągów stwierdznono w wątrobie występowanie melanomakrofagów o barwie brązowoczarnej (fot. 7.11). Stosunkowo często tworzyły one skupiska różnych rozmiarów zwane centrami. Centra melanomakrofagów przeważnie lokalizowały się w pobliżu naczyń krwionośnych i przewodów żółciowych. Nieco częściej obserwowano je u ryb pochodzących z chowu typu RAS.

Z podobną częstotliwością notowano w wątrobie nacieki komórek limfoidalnych. Przeważnie tworzyły one skupiska składające się z kilku komórek (fot. 7.12).

7.4.2.2. Badanie histochemiczne wątroby

W cytoplazmie komórek miąższowych wątroby obserwowano zróżnicowaną zawartość wielocukrów. Szczegółową ocenę poziomu wielocukrów w wątrobie pstrągów z dwóch gospodarstw rybackich w dwóch sezonach poboru przedstawiono w tabelach 7.5 i 7.6. Zilustrowano też kształtowanie się zawartości wielocukrów w wątrobie pstrągów tęczowych zbiorczo na przykładzie obejmującym dwa sezony badawcze w czterech gospodarstwach rybackich (tab. 7.7 i 7.8). Dane liczbowe (punkty oceny) kształtowały się od 1 do 5 i odpowiadały kryteriom oceny półilościowej Szarka i wsp. (1985). Podobnie jak w prezentowanym przykładzie (tab. 7.5 i 7.6) w całym okresie badań najczęściej obserwowano zawartość równą 3 i 4 punktom oceny. W tych przypadkach poziom wielocukrów był oceniany jako średni i wysoki (fot. 7.13, 7.15). Stosunkowo bardzo rzadko odnotowywano graniczny poziom omawianych substancji – określany jako bardzo niski i bardzo wysoki. Świadczy to o fakcie, że zaburzenia w rozmieszczaniu glikogenu występowały sporadycznie.

Tabela 7.5. Półilościowa ocena wielocukrów (skala 1–5)* w wątrobie 80 pstrągów tęczowych** pobranych do badań wiosną z dwóch gospodarstw rybackich

Lp. pstrąga	2-OOH		1-RAS	
	S	D	S	D
1	3	5	4	5
2	5	4	5	3
3	1	5	4	5
4	3	4	5	4
5	3	4	1	5
6	5	5	5	5
7	2	4	5	4
8	4	2	4	5
9	5	4	5	4
10	4	4	3	1
11	5	4	5	5
12	3	1	4	4
13	3	4	3	4
14	4	5	5	5
15	3	4	4	5
16	5	4	3	4
17	3	4	5	5
18	3	4	2	5
19	4	4	5	5
20	5	5	4	5
Razem – sortyment	73	80	81	88
Razem – rodzaj chowu	153		169	

Uwagi: * ocena w polu widzenia przy obiektywie 20× (mikroskop Nikon Eclipse 80i). Liczba analizowanych preparatów mikroskopowych: 1 wątroba = 1 wycinek (bloczek parafinowy), 1 wycinek = 1 preparat barwiony wg McManusa zgodnie z metodą PAS; 20 pstrągów w grupie S + 20 pstrągów w grupie D = 40 pstrągów × 1 wycinek = 40 wycinków × 1 preparat = 40 preparatów od ryb z danego miejsca pochodzenia × 2 gospodarstwa rybackie = 80 preparatów; ** podane wartości punktowe dotyczą 1 pstrąga tęczowego w każdej grupie.

Tabela 7.6. Półilościowa ocena wielocukrów (w skali 1–5)* w wątrobie 80 pstrągów tęczowych pobranych do badań jesienią z dwóch gospodarstw rybackich**

Lp. pstrąga	2-OOH		1-RAS	
	S	D	S	D
1	3	4	5	3
2	5	5	4	5
3	4	5	3	4
4	2	5	4	5
5	5	4	5	4
6	4	3	2	5
7	3	5	5	4
8	5	2	4	5
9	5	4	3	3
10	4	5	4	5
11	5	4	4	5
12	4	1	5	3
13	3	4	4	5
14	4	5	3	4
15	3	5	4	5
16	3	4	3	4
17	3	5	4	5
18	3	5	4	5
19	5	3	4	5
20	4	5	4	3
Razem: sortyment	76	83	78	87
Razem: rodzaj chowu	159		165	

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 7.5.

Tabela 7.7. Półilościowa ocena wielocukrów (w skali 1–5) w wątrobie 240 pstrągów tęczowych pobranych do badań wiosną z sześciu gospodarstw rybackich*

Parametry chowu	OOH						RAS					
	1		2		3		1		2		3	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Sortyment pstrągów	75	84	73	80	74	84	81	88	78	86	74	85
Gospodarstwo	159		153		158		169		164		159	
Rodzaj technologii chowu	470 (średnio na 1 gospodarstwo – 156,67)						492 (średnio na 1 gospodarstwo – 164,00)					

Uwagi: * ocena w polu widzenia przy obiektywie 20× (mikroskop Nikon Eclipse 80i). Liczba analizowanych preparatów mikroskopowych: 1 wątroba = 1 wycinek (bloczek parafinowy), 1 wycinek = 1 preparat barwiony wg McManusa zgodnie z metodą PAS; 20 pstrągów w grupie S + 20 pstrągów w grupie D = 40 pstrągów × 1 wycinek = 40 wycinków × 1 preparat = 40 preparatów od ryb z danego miejsca pochodzenia × 6 gospodarstw rybackich = 240 preparatów; **podane wartości punktowe dotyczą 1 pstrąga tęczowego w każdej grupie,.

Tabela 7.8. Półilościowa ocena wielocukrów (skala 1–5)* w wątrobie 240 pstrągów tęczowych pobranych do badań jesienią z sześciu gospodarstw rybackich**

Parametry chowu	OOH						RAS					
	1		2		3		1		2		3	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Sortyment pstrągów	71	85	76	83	75	76	78	87	72	81	71	80
Gospodarstwo	156		159		151		165		153		151	
Rodzaj technologii chowu	466 (średnio na 1 gospodarstwo – 155,34)						469,00 (średnio na 1 gospodarstwo – 156,34)					

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 7.7.

Analiza statystyczna przeprowadzona do prezentowanych przykładów za pomocą testu U Manna–Whitneya potwierdziła hipotezę o braku zróżnicowania istotnego statystycznie w odniesieniu do stwierdzonych poziomów wielocukrów. Z uwagi na fakt, że na tym etapie nie obserwowano różnic istotnych statystycznie dla badanych technologii chowu, nie prowadzono dalszych analiz, przyjmując, że w obu typach technologii występują podobne zawartości wielocukrów w wątrobie pstrągów tęczowych. Niemniej jednak celem zbadania, czy można zaobserwować różnice istotne statystycznie pomiędzy okresem wiosennym i jesiennym, zastosowano nieparametryczną analizę wariancji ANOVA Friedmana. Wyniki testu w ilustrowanym przykładzie (χ^2 ANOVA ($N = 4$, $df = 39$) = 38,53424, $p = 0{,}49095$) potwierdzają tezę o braku zróżnicowania w zależności od okresu badawczego.

Niemniej jednak w wątrobie pstrągów z gospodarstw 2-OOH dało się zaobserwować tendencję do gromadzenia większej ilości wielocukrów. Natomiast w wątrobie ryb pochodzących z gospodarstw rybackich 1-OOH i 1-RAS obserwowano zbliżony poziom wymienionych związków, lecz mniejszy niż u pstrągów z gospodarstwa 2-OOH. W wątrobie ryb przebywających w obiektach hodowlanych 3-OOH i 3-RAS stwierdzono niższy poziom wielocukrów w porównaniu z wymienionymi, lecz nieco wyższy niż odnotowany u ryb z gospodarstwa 2-RAS. Analogiczne zależności wystąpiły również w obrębie sortymentów ryb S i D. Ponadto zauważono, że u ryb odłowionych wiosną występowała skłonność do zwiększania poziomu wielocukrów (fot. 7.15).

7.4.2.3. Badanie mikroskopowe śledziony

W śledzionie, w porównaniu z innymi badanymi narządami, zaobserwowano stosunkowo niewiele zmian mikroskopowych (tab. 7.9). U większości badanych pstrągów tęczowych narząd ten charakteryzował się prawidłowym obrazem mikroskopowym (fot. 7.16). Częściej zmiany mikroskopowe obserwowano w śledzionie pstrągów tęczowych chowanych w technologii RAS niż u ryb z chowu typu OOH. Różnica w liczbie zmian sięgała niekiedy 20%.

Zauważalny był też większy stopień nasilenia tych zmian u ryb z chowu intensywnego. Szczególnie wyraźna była większa liczba melanomakrofagów u ryb z chowu RAS w porównaniu do technologii chowu OOH (fot. 7.17).

Spośród innych zmian morfologicznych stosunkowo często obserwowano zaburzenia w krążeniu. Najczęściej było to przekrwienie, rzadziej drobne wynaczynienia, a sporadycznie zastój krwi.

Liczba pozostałych zmian mikroskopowych w śledzionie badanych ryb była mała – na 40 przebadanych pstrągów było to do 2 zmian. Pstrągi sortymentu D miały więcej morfologicznych odstępstw od normy niż ryby z sortymentu S.

7.4.2.4. Badanie mikroskopowe nerki

7.4.2.4.1. Badanie mikroskopowe nerki głowowej

Nerka głowowa jako narząd krwiotwórczy w badaniu mikroskopowym ukazywała strukturę siateczkowo-śródbłonkową. W sieci tej znajdowały się komórki krwi w różnym stadium dojrzewania (fot. 7.18). Poza naczyniami krwionośnymi obserwowano też dużą liczbę erytrocytów, leukocytów i kryształów hemoglobiny. Obserwowane cechy wskazują na prawidłowy obraz mikroskopowy omawianego narządu, który w przeprowadzanej analizie wyraźnie dominował u pstrągów tęczowych wszystkich grup i sezonów odłowu.

Spośród niewielu odnotowanych zmian histologicznych stosunkowo często miało miejsce przekrwienie (tab. 7.10, fot. 7.19), a sporadycznie inne zaburzenia w krążeniu.

Niemal w każdym skrawku narządu obecne były melanomakrofagi (fot. 7.18–7.20). Częściej obserwowano je w nerce głowowej pstrągów odławianych z chowu RAS niż OOH. Najczęściej grupowały się one w centra złożone z kilku takich komórek (fot. 7.20). Inne zmiany obserwowano tylko sporadycznie.

Tabela 7.9. Liczba wybranych zmian mikroskopowych w śledzionie 160 pstrągów tęczowych* pobranych do badań jesienią z czterech gospodarstw rybackich

Rodzaj zmian mikroskopowych	OOH				RAS			
	2		3		1		2	
	S	D	S	D	S	D	S	D
Martwica	0	0	0	1	0	0	0	0
Zwyrodnienie miąższowe	0	0	0	0	0	1	0	1
Przekrwienie	3	4	4	5	3	5	4	5
Wynaczynienie	0	1	0	1	1	1	1	1
Naciek melanomakrofagów**	5	7	6	7	6	6	6	7
Razem – sortyment	8	12	10	14	10	13	11	14
Razem – gospodarstwo	20		24		32		25	
Razem – rodzaj technologii chowu	44 (średnio na 1 gospodarstwo – 22)				57 (średnio na 1 gospodarstwo – 28,5)			

Uwagi: * każda grupa wagowa (sortyment S i D) liczyła 20 pstrągów tęczowych; ** w polu widzenia przy obiektywie 20× (mikroskop Nikon Eclipse 80i). Liczba analizowanych preparatów mikroskopowych: 1 śledziona = 1 wycinek, 1 wycinek = 1 preparat barwiony hematoksyliną i eozyną; 20 pstrągów w grupie S + 20 pstrągów w grupie D = 40 pstrągów × 1 wycinek = 40 wycinków × 1 preparat = 40 preparatów od ryb z danego miejsca pochodzenia × 4 gospodarstwa rybackie = 160 preparatów.

7.4.2.4.2. Badanie mikroskopowe nerki tułowiowej

Mikroskopowy obraz nerki tułowiowej pstrągów tęczowych, zarówno w sortymencie S, jak i D, niezależnie od okresu odłowu ryb, wykazywał zazwyczaj cechy zgodne z przyjętymi w tym zakresie kryteriami (fot. 7.21).

Zmiany mikroskopowe w omawianym narządzie były o ok. 30% częstsze niż w nerce głowowej (tab. 7.10). Spośród zmian wstecznych, których obserwowano niewiele, obecne były zwyrodnienia komórek kanalików nerkowych (fot. 7.22), a sporadycznie i w bardzo ograniczonym zasięgu martwica. Zdecydowanie częściej obserwowano przekrwienie, a rzadziej niż wymienioną zmianę – wynaczynienia (fot. 7.23). Przeważnie były to punkcikowate lub małe smugowate wybroczyny.

Spośród badanych narządów pstrąga tęczowego nerka tułowiowa była najbardziej dotknięta naciekiem melanomakrofagów. Obserwowano je przeważnie pod postacią obszernych skupisk tworzących

centra lokalizujące się najczęściej w pobliżu naczyń krwionośnych (fot. 7.22–7.24). Sporadycznie obserwowano naciek komórek limfoidalnych (fot. 7.25).

Zmiany mikroskopowe notowane w nerce tułowiowej częściej dotyczyły pstrągów pozyskiwanych z chowu RAS. Również u ryb pochodzących z tej technologii chowu były one bardziej intensywnie zaznaczone. Dotyczyło to zwłaszcza stopnia rozległości zmian.

Tabela 7.10. Liczba wybranych zmian mikroskopowych w części głowowej (G) i tułowiowej (T) nerki u 160 pstrągów tęczowych* pobranych do badań jesienią

Rodzaj zmian mikroskopowych	OOH								RAS							
	2				3				1				2			
	S		D		S		D		S		D		S		D	
	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T
Martwica	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Zwyrodnienie tłuszczowe (t) / wodniczkowe (w)	0	0	0	1t	0	1w	0	1t 1w	0	0	0	1w	0	1w	0	1w
Zwyrodnienie miąższowe	0	3	0	3	0	3	0	2	0	2	0	3	0	2	0	4
Przekrwienie	3	4	4	6	1	1	0	2	4	4	6	6	4	6	5	5
Wynaczynienie	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1
Naciek melanomakrofagów	5	7	8	8	7	6	8	8	6	8	8	9	7	8	8	9
Naciek komórek limfoidalnych	1	2	0	1	1	2	1	2	0	1	1	3	2	1	1	2
Razem – sortyment	9	17	12	21	9	13	10	18	11	16	16	24	13	19	15	22
Razem – gospodarstwo	59				50				67				69			
Razem – rodzaj technologii chowu	109 (średnio na 1 gospodarstwo – 54,5)								136 (średnio na 1 gospodarstwo – 68,0)							

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 7.9.

Badania statystyczne, przeprowadzone przy użyciu testu Friedmana (nieparametryczna analiza wariancji), wykazały, że zmiany mikroskopowe stwierdzone u pstrągów nie były znamienne dla badanych technologii chowu (OOH i RAS) ani też dla ryb pochodzących z danego gospodarstwa rybackiego. Natomiast zmiany mikroskopowe statystycznie istotnie częściej występowały u ryb sortymentu D niż S oraz u ryb pobranych do badań jesienią.

7.5. Podsumowanie

Badanie morfologiczne makroskopowe pozwoliło na ocenę zewnętrzną i wewnętrzną badanych ryb, a mikroskopowe ukazało stan faktyczny ich wątroby, śledziony oraz nerki głowowej i tułowiowej.

Pierwsza i stosunkowo najłatwiejsza do przeprowadzenia ocena, badanie makroskopowe, wykazała, że w obu technologiach chowu ryby były w dobrej kondycji zdrowotnej. To stwierdzenie jest istotne dla prowadzonych badań i sugeruje dobrą jakość pstrągów tęczowych pozyskiwanych dwoma najbardziej popularnymi w Polsce technologami chowu. Ponadto badanie makroskopowe wewnętrzne pozwoliło na wstępną ocenę występowania bądź braku obecności takich grup zmian, jak zmiany wsteczne i zaburzenia w krążeniu. Nie bez znaczenia jest też fakt, że poprzez ocenę makroskopową ustalono wzajemny stosunek

tych dwóch grup zmian morfologicznych. Aczkolwiek w opisywanych badaniach zmian makroskopowych było stosunkowo niewiele, to pośród tych nielicznych słabą dominację przejęły zaburzenia w krążeniu.

Na uwagę zasługuje również fakt stosunkowo łatwej do przeprowadzenia oceny wystąpienia stłuszczenia zwykłego wątroby – strukturalnej zmiany o charakterze odwracalnym. Może to zrobić sam hodowca pstrągów. Mając do wglądu prezentowane wzorce, może ustalić stopień takiego stłuszczenia i zareagować odpowiednią modyfikacją diety. Bardziej pożądany obraz – to narząd wolny od stłuszczenia zwykłego.

Analizując wyniki badań morfologicznych, należy mieć też na uwadze, że wraz z wiekiem ryby w jej narządach powstaje więcej zmian morfologicznych, na co wskazuje wielu autorów (Ayas i wsp. 2007; Barlas 1999; Fontagne i wsp. 1998; Kong i wsp. 2002; Korwin-Kossakowski i wsp. 2003; Ozmen i wsp. 2006; Szarek i wsp. 2007). Zjawisko takie dało się zauważyć również w przypadku badanych pstrągów: ryby sortymentu D miały więcej zmian mikroskopowych niż te z sortymentu S. Natomiast oceniając stosunek wymienionych zmian, koniecznym podkreślenia jest fakt, że bardziej interesujące jest poznanie w tym procesie samej dynamiki zmian, jak i ich genezy.

W prezentowanych badaniach wskazano na różnice stopnia intensywności morfologicznych zmian mikroskopowych obserwowanych u pstrąga tęczowego, zwłaszcza w jego wątrobie. Zauważono, że wymienione odstępstwa od normy, choć liczbowo zbliżone do siebie, różniły się stopniem intensywności w analizowanych technologiach chowu – OOH i RAS. W drugim typie chowu były bardziej wyraźnie wyrażone – ich stopień nasilenia był większy. Ponadto wykazano, że ryby z chowu RAS miały więcej zmian wstecznych niż chowane w systemie otwartym. Spostrzeżenia te zarówno z punktu widzenia lekarsko-weterynaryjnego, jak i hodowlanego są istotne, gdyż pozwalają przewidzieć dalsze postępowanie oraz odpowiednią profilaktykę.

Wysoce istotne są również badania w zakresie obecności melanomakrofagów w wątrobie, śledzionie, nerce głowowej i tułowiowej. W pierwszym z wymienionych narządów ich obecność sięgała 5% badanych ryb. Natomiast w śledzionie zmiany te były obecne u ok. 20–30% pstrągów. Najwięcej zaobserwowano ich w nerce głowowej i tułowiowej. W tych przypadkach były obecne u dwukrotnie większej liczby pstrągów niż w przypadku śledziony. Występowanie melanomakrofagów w narządach ryb to zjawisko normalne. Makrofagi wychwytują i gromadzą m.in. melaninę, lipofuscynę, ceroid i hemosyderynę, tworząc centra zabarwione na brązowoczarny kolor. Są niejako biologicznymi oczyszczalniami (Prost 2004). Ich obecność w narządach wewnętrznych ryb jest z jednej strony pożądana, z drugiej może wskazywać na stopień zanieczyszczenia środowiska (Dobsikova i wsp. 2006; Gul i wsp 2004; Joerink i wsp. 2006; Poleksic i wsp. 1999; Szarek i wsp. 2008). Naciekowi melanomakrofagów sprzyja postępujący wiek pstrąga i stres wywołany ksenobiotykami pochodzącymi ze środowiska.

Na uwagę zasługuje również fakt, że uzyskane wyniki badań dotyczące obrazu mikroskopowego narządów wewnętrznych dostarczają wiadomości znajdujących swoje odzwierciedlenie we wpływie warunków technologii OOH i RAS na stan kondycyjny i zdrowotny pstrągów tęczowych przeznaczonych do konsumpcji. Sięgając po ten warsztat badawczy, podjęto innowacyjną próbę oceny wpływu dwóch różnych technologii produkcji pstrąga tęczowego na mikroskopowy obraz morfologiczny narządów wewnętrznych tych ryb, a tym samym na ich kondycję i stan zdrowotny.

Józef Szarek, Izabella Babińska, Beata Szynaka, Anna Andrzejewska, Emilia Strzyżewska, Joanna Wojtacka, Krzysztof Wąsowicz, Anna Wiśniewska, Magdalena Szweda, Krystyna Dublan

8. Analiza ultrastrukturalna wątroby pstrąga tęczowego

8.1. Wstęp

Analiza ultrastrukturalna wnosi do badań więcej możliwości niż badanie mikroskopowe, lecz badanie pod mikroskopem świetlnym daje możliwość obserwacji w jednym momencie większego pola widzenia obejmującego strukturę narządu. Niemniej jednak przyjrzenie się strukturze hepatocytu, a w razie potrzeby jego otoczeniu pozwala na ocenę większej liczby szczegółów niż ma to miejsce w analizie mikroskopowej całego narządu. Ponadto w badaniu ultrastrukturalnym bezpośredniej ocenie podlega źródło kształtowania się zmian morfologicznych. W związku z takimi możliwościami w przypadku analizy ultrastrukturalnej stosunkowo często punktem zainteresowania jest hepatocyt (Alvarez i wsp. 2006; Braunbeck 1998; Li i wsp. 2003; Szarek i wsp. 2000).

Obecnie analiza ultrastrukturalna narządów zwierząt jest stosowana jako narzędzie do badania wpływu różnych ksenobiotyków na organizm zwierząt (Alvarez i wsp. 2006; Benedeczky i wsp. 1986; Saez 1984; Schmidt i wsp. 2005; Schramm i wsp. 1998; Szarek i wsp. 2000, 2007; Triebskorn i wsp. 2007; Vera i wsp. 1993). Z uwagi na fakt, że struktury komórki reagują wyraźnie na czynniki pochodzące z zewnętrz, zmieniając się pod ich wpływem w kierunku uszkadzającym lub adaptacyjnym, jest to wysoce czuła metoda (Braunbeck 1998; Miyazaki i wsp. 2005). Wprawdzie jest bardziej skomplikowana niż badanie mikroskopowe, ale w efekcie końcowym daje jednak więcej możliwości (Imagawa 1994; Kovalchuk 1990; Li i wsp. 2007; Miyazaki i wsp. 2005; Szarek i wsp. 2008).

W związku z powyższym w prezentowanych badaniach przeprowadzono ocenę wpływu dwóch różnych technologii chowu pstrąga tęczowego (OOH i RAS) na obraz substrukturalny wątroby ryb tego gatunku, mając na względzie finalną ocenę ich kondycji i stanu zdrowotnego.

8.2. Materiał i metody

Badania ultrastrukturalne pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) prowadzono w okresie trzech lat (2010–1012), wiosną i jesienią. Szczegółowy opis materiału badawczego i technologii chowu zamieszczono w rozdziałach 7 i 9. W tym miejscu ograniczymy się jedynie do informacji, że pstrągi do badań odławiano z sześciu gospodarstw rybackich: z trzech gospodarstw o jednokrotnym wykorzystaniu wody (systemy otwarte, przepływowe – OOH) oraz z trzech gospodarstw z wielokrotnym jej wykorzystaniem (tzw. recyrkulaty – RAS).

Bezpośrednio po uśmierceniu ryb do badań ultrastrukturalnych pobierano wycinek ich wątroby. Próbki utrwalano w 2,5-procentowym roztworze paraformaldehydu i 2-procentowym aldehydu glutarowego w buforze fosforanowym (pH 7,4) przez 2 h. Postfiksację wykonano w 2-procentowym roztworze czterotlenku osmu w buforze fosforanowym (pH 7,4). Wycinki, po przepłukaniu buforem fosforanowym i płynem Ringera, były odwadniane w szeregu alkoholi i acetonie. Materiał zatopiono w Eponie 812. Polimeryzację przeprowadzano w temperaturze 45°C przez 2 h i w temperaturze 60°C przez 48 h. Z uzyskanych bloczków sporządzono skrawki półcienkie, które barwiono według Levisa i Knighta (1977) i oglądano pod mikroskopem świetlnym w celu określenia właściwego miejsca do przygotowania skrawków ultracienkich. Skrawki ultracienkie oglądano pod mikroskopem Opton (Zeiss, Niemcy). Wyniki analiz zestawiono w tabelach 8.1–8.5. Dla wszystkich badanych parametrów sporządzono podstawowe statystyki opisowe, a zebrane dane poddano analizie statystycznej przy pomocy testów: Kruskala–Wallisa, *t*-Studenta.

8.3. Wyniki badań i ich omówienie

Badając obraz wątroby pstrągów tęczowych za pomocą mikroskopu elektronowego, stwierdzono stosunkowo niewielkie odstępstwa od normy, zarówno w przypadku liczby zmian, jak i stopnia ich intensywności (tab. 8.1–8.4, fot. 8.1–8.8). Aczkolwiek bezwzględna liczba tych zmian była większa niż miało to miejsce przy ocenie mikroskopowej, fakt ten wiąże się z bardziej precyzyjnym warsztatem pracy, jakim jest badanie ultrastrukturalne.

Tabela 8.1. Liczba zmian ultrastrukturalnych w wątrobie 80 pstrągów tęczowych* pobranych do badań wiosną z dwóch gospodarstw rybackich

Rodzaj zmian ultrastrukturalnych	2-OOH		1-RAS	
	sortyment S	sortyment D	sortyment S	sortyment D
Martwica	0	1	1	1
Struktury mielinopodobne	2	3	2	3
Zmiany wsteczne w mitochondriach	3	4	3	4
Liczne makrofagi/lizosomy	5	5	3	3
Przekrwienie	4	6	5	6
Wynaczynienie	0	1	2	3
Naciek melanomakrofagów**	2	4	5	6
Proliferacja mitochondriów	7	8	5	7
Naciek komórek limfoidalnych	2	3	3	3
Razem – sortyment	25	35	29	36
Razem – gospodarstwo/ technologia chowu	60		65	

Uwagi: *podane zmiany dotyczą 20 pstrągów tęczowych w każdej grupie; ** w polu widzenia przy powiększeniu 10 000×. Liczba analizowanych preparatów ultrastrukturalnych: 1 wątroba = 1 wycinek (bloczek) = 1 preparat; 20 pstrągów w grupie S i 20 pstrągów w grupie D = 40 pstrągów × 1 wycinek = 40 wycinków × 1 preparat = 40 preparatów od ryb z danego miejsca pochodzenia × 2 gospodarstwa rybackie = 80 preparatów.

Tabela 8.2. Liczba zmian ultrastrukturalnych w wątrobie 80 pstrągów tęczowych* pobranych do badań jesienią z dwóch gospodarstw rybackich

Rodzaj zmian ultrastrukturalnych	2-OOH		1-RAS	
	sortyment S	sortyment D	sortyment S	sortyment D
Martwica	0	3	1	2
Struktury mielinopodobne	3	5	3	5
Zmiany wsteczne w mitochondriach	5	5	4	6
Liczne makrofagi/lizosomy	4	5	3	5
Przekrwienie	4	5	5	8
Wynaczynienie	1	2	2	2
Naciek melanomakrofagów**	3	4	3	4
Proliferacja mitochondriów	6	7	8	7
Naciek komórek limfoidalnych	4	4	4	5
Razem – sortyment	30	40	33	44
Razem – gospodarstwo/ technologia chowu	70		77	

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 8.1.

Zdecydowana większość hepatocytów w każdym z analizowanych obrazów wykazywała cechy prawidłowe (fot. 8.1). Obserwowano zarówno komórki dojrzałe, o jaśniejszej cytoplazmie i większych rozmiarach (fot. 8.5, 8.6A), jak też młode, wyraźnie ciemniejsze, czasem o podwójnym jądrze komórkowym (fot. 8.6B, 8.8B). Te ostatnie hepatocyty szczególnie często spotykano u pstrągów z gospodarstw typu OOH. Miąższowe komórki wątrobowe ściśle przylegały do siebie, łącząc się charakterystycznymi mikrokosmkami (np. fot. 8.1). Jądra komórkowe były przeważnie okrągłe lub owalne, o regularnych obrysach, z dużymi jąderkami (np. fot. 8.1, 8.5, 8.6). Kanały sieci endoplazmatycznej szorstkiej (RER) były liczne, wąskie, o regularnym przebiegu (np. fot. 8.1). Mitochondria zazwyczaj przybierały kształt pałeczkowaty o prawidłowej strukturze (np. fot. 8.7B, 8.8B). Aparaty Golgiego były dobrze rozwinięte i bez uszkodzeń, a najczęściej wokół nich spotykano niewielką liczbę lizosomów (fot. 8.4, 8.6B). Obserwowano też dość liczne ziarnistości glikogenu, które były rozproszone w cytoplazmie (np. fot. 8.5, 8.8B) lub tworzyły niewielkie skupiska (np. fot. 8.1, 8.7C), zwłaszcza w komórkach młodych. Ziarna te występowały z różnym stopniem intensywności i wykazywały korelację z obrazem uzyskanym w mikrogramach wybarwionych zgodnie z metodą PAS według McManusa.

Zmiany ultrastrukturalne najczęściej dotyczyły pojedynczych miąższowych komórek wątrobowych (np. fot. 8.2). Rzadko lokalizowały się w skupiskach tych komórek (np. fot. 8.6–8.8).

Jedną z najbardziej niepożądanych zmian spotykanych u badanych pstrągów była martwica w wątrobie. Obserwowano ją stosunkowo rzadko (zob. tab. 8.1, 8.2). Częściej lokalizowała się fragmentarycznie w obrębie pojedynczych hepatocytów (fot. 8.2). Sporadycznie obejmowała całe hepatocyty lub ich skupiska. W tych przypadkach omawiana zmiana występowała u ryb z chowu typu RAS, zwłaszcza sortymentu D. Dość często spotykano jej wczesne symptomy: rozrzedzenie struktur cytoplazmatycznych (fot. 8.3, 8.4) i obecność struktur mielinopodobnych (fot. 8.4, 8.5, 8.7B). W tym drugim przypadku była też zwiastunem apoptozy (naturalnego obumierania komórki).

Jak zwracają uwagę niektórzy badacze, wskaźnikiem prawidłowego oddychania komórkowego jest właściwa struktura mitochondriów. W przypadku większości badanych elektronogramów organelle te charakteryzowały się prawidłową strukturą. Jednak w próbkach z niektórych gospodarstw rybackich, zwłaszcza 3-OOH (fot. 8.4), 2-RAS i 3-RAS, odnotowano przypadki ich uszkodzeń, a zwłaszcza zatarcie struktury grzebieniastej. Dość często miał miejsce polimorfizm omawianych struktur (fot. 8.2, 8.4, 8.6, 8.7, 8.8B). Rzadziej stwierdzano obecność ciałek gęstych w ich macierzy (fot. 8.1A, 8.4). Oprócz zmian destrukcyjnych w obrębie mitochondriów obserwowano także odstępstwa od normy w kierunku adaptacyjnym. Stosunkowo często dochodziło do proliferacji mitochondriów (fot. 8.6, 8.7B, 8.8B). Zmiana ta wyraźnie nasilała się u ryb z intensywnego typu chowu.

Tabela 8.3. Liczba zmian ultrastrukturalnych w wątrobie 240 pstrągów tęczowych* pobranych do badań wiosną z sześciu gospodarstw rybackich

Parametry chowu	OOH						RAS					
	1		2		3		1		2		3	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Sortyment pstrągów	29	36	25	35	30	36	29	36	30	37	32	37
Gospodarstwo	65		60		66		65		67		69	
Rodzaj technologii chowu	191 (średnio na 1 gospodarstwo – 63,67)						201 (średnio na 1 gospodarstwo – 67,00)					

Uwagi: * podane zmiany dotyczą 20 pstrągów tęczowych w każdej grupie.

Tabela 8.4. Zmiany ultrastrukturalne w wątrobie 240 pstrągów tęczowych* pobranych do badań jesienią z sześciu gospodarstw rybackich

Parametry chowu	OOH						RAS					
	1		2		3		1		2		3	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Sortyment pstrągów	33	41	32	39	35	44	32	43	36	44	32	46
Gospodarstwo	74		71		79		75		80		78	
Rodzaj technologii chowu	224 (średnio na 1 gospodarstwo – 74,67)						233 (średnio na 1 gospodarstwo – 77,67)					

Uwagi: oznaczenia jak w tabeli 8.3.

Sporadycznie w miąższowych komórkach wątrobowych obserwowano poszerzenie kanałów szorstkiej siateczki śródplazmatycznej, falisty lub koncentryczny jej przebieg, albo też jej proliferację (fot. 8.8). Wyjątkowo w kilku przypadkach w gospodarstwach typu RAS miał miejsce fragmentaryczny rozpad omawianej struktury.

Na uwagę zasługuje też częsta obecność wakuolek lipidowych w cytoplazmie hepatocytów (fot. 8.1B, 8.7, 8.8B). Najczęściej były one zlokalizowane na obwodach wymienionych komórek. Zawierające je hepatocyty charakteryzowały się zazwyczaj obecnością prawidłowego jądra. Można więc stwierdzić, że lipidy we wnętrzu tych komórek to stłuszczenie (*steatosis*). Zmiana ta jest całkowicie odwracalna, w odróżnieniu od zwyrodnienia tłuszczowego (*degeneratio adiposa*) – procesu nieodwracalnego, spotykanego u badanych pstrą-

gów jedynie sporadycznie. Można dodać, że intensywność występowania lipidów wzrastała wraz z wiekiem ryb. Pstrągi sortymentu S miały ich mniej niż osobniki starsze. W tych przypadkach krople lipidów były przeważnie małe i najczęściej występowały pojedynczo w obrębie hepatocytu (fot. 8.8B). Nieco większy stopień stłuszczenia wątroby wystąpił u ryb przetrzymywanych w stawach gospodarstw rybackich typu RAS (fot. 8.7A, 8.7B). W tych przypadkach krople lipidów były najliczniejsze i duże, większe niż mitochondria.

Ultrastrukturalny obraz stłuszczenia wątroby pstrągów wykazywał korelację z wymienioną zmianą, której obecność w tym narządzie stwierdzono w badaniu mikroskopowym.

Stosunkowo rzadko obserwowano zmiany morfologiczne jąder hepatocytów. Były to zaburzenia w kształcie jądra (fot. 8.7C) lub też w rozmieszczeniu heterochromatyny. Zmiany te występowały w zasadzie tylko u ryb w chowie intensywnym, a zwłaszcza pochodzących z gospodarstwa 3-RAS.

Zatoki wykazywały przeważnie prawidłową strukturę z wąskimi przestrzeniami Dissego i z wyraźnymi, licznymi mikrokosmkami na powierzchni hepatocytów. Były najczęściej pozbawione jakichkolwiek cech uszkodzenia. Niemniej jednak w świetle niektórych zatok obecne były organelle komórkowe lub fragmenty uszkodzonych komórek. Wtedy poszerzone były przestrzenie Dissego, a mikrokosmki na powierzchni hepatocytów od strony zatok nieregularnie rozmieszczone. Niekiedy fragmenty cytoplazmy hepatocytów wpuklały się do przestrzeni Dissego. Takie obrazy miały miejsce u pstrągów z gospodarstw rybackich 3-OOH oraz 2-RAS i 3-RAS.

Zauważono też niewielki rozplem włókien kolagenowych, zwłaszcza u ryb starszych (fot. 8.5, 8.7C). Ta niepożądana zmiana była bardziej widoczna u ryb z chowu RAS. Czasem, a zwłaszcza przy obecności morfologicznych zmian destrukcyjnych, w obrębie zatok pojawiały się struktury mielinopodobne. Stosunkowo rzadko obserwowano pośród hepatocytów obecność naciekających komórek limfoidalnych, częściej melanomakrofagów.

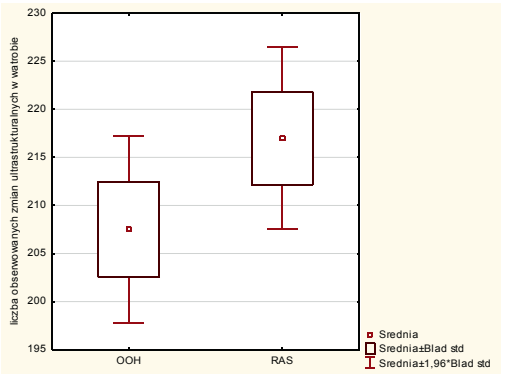
8.4. Badania statystyczne

Prezentowane wyniki badań ultrastrukturalnych poddano analizie statystycznej. Porównano zaobserwowane zmiany submikroskopowe w wątrobie pstrągów między technologiami chowu (niezależnie od okresu badań). Analizowano wszystkie parametry, zakładając, że wykazanie istotnego statystycznie zróżnicowania w parametrach: sortyment pstrągów / rodzaj chowu oraz rodzaj chowu / gospodarstwo, będzie dodatkowo sprawdzane w dalszych analizach. Analizy wykonywano na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$. Otrzymane wyniki świadczą o braku zróżnicowania badanych parametrów w zależności od technologii chowu (tab. 8. 5).

Tabela 8.5. Analiza różnic otrzymanych wartości badanych parametrów (test *t*-Studenta)

Analizowany parametr	Średnia		*t*	*p*	SD	
	OOH	RAS			OOH	RAS
Sortyment pstrągów / rodzaj chowu	34,5833	36,1667	-0,71101	0,484548	5,28219	5,62193
Rodzaj chowu / gospodarstwo	69,1667	72,5000	-1,33360	0,195978	6,53429	5,68091
Rodzaj technologii chowu	207,5000	217,0000	-1,37088	0,184236	17,23369	16,71145

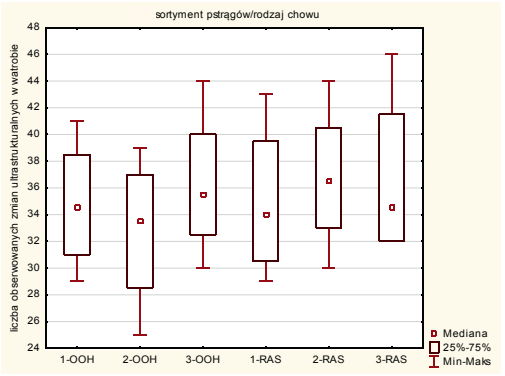
Następnie analizie statystycznej poddano liczbę obserwowanych zmian ultrastrukturalnych w wątrobie pstrągów w zależności od technologii chowu (OOH, RAS). Wyniki analizy wskazują, że obserwowane różnice w tym zakresie mają charakter losowy i nie wynikają ze stosowanej technologii chowu (ryc. 8.1).



Ryc. 8.1. Liczba obserwowanych zmian ultrastrukturalnych w wątrobie pstrągów tęczowych w zależności od rodzaju chowu

Zdecydowano się też na przeprowadzenie bardziej szczegółowych analiz, mających na celu stwierdzenie, czy istnieją różnice statystyczne w liczbie obserwowanych zmian ultrastrukturalnych w zależności od okresu poboru prób (a co za tym idzie od sezonu hodowlanego) oraz czy są one zależne od typu chowu.

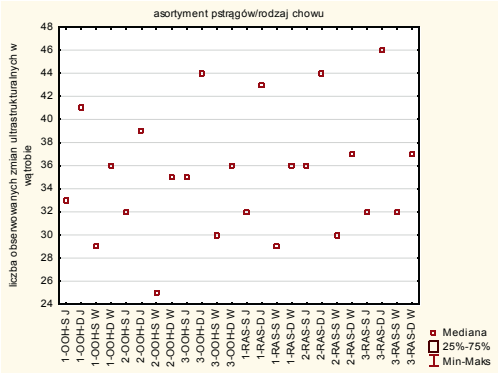
Kolejne analizy przeprowadzono, posługując się testem Kruskala–Wallisa, traktując badane parametry jako zmienne zależne, natomiast jako zmienną grupującą wybierano kod badanego gospodarstwa (np. 1-OOH, 1-RAS). W przypadku tej analizy również nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie (ryc. 8.2).



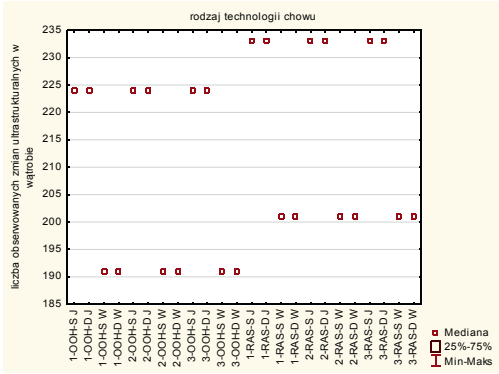
Ryc. 8.2. Liczba obserwowanych zmian ultrastrukturalnych w wątrobie pstrągów w zależności od wytypowanego gospodarstwa rybackiego (bez podziału na sezony – wiosna, jesień)

Nieco inne wyniki otrzymano, analizując uzyskane dane z uwzględnieniem sezonu badawczego (jesień, wiosna). Przy analizie, gdzie zmienną grupującą jest typ chowu, nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie, natomiast obserwowano trend, wskazujący na to, iż liczba zmian obserwowanych u ryb sortymentu D w okresie jesiennym jest wyższa aniżeli u pozostałych ryb (ryc. 8.3, 8.4).

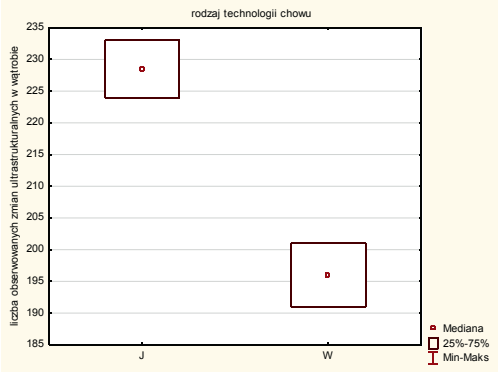
Istotny jest fakt, że po wyborze zmiennej grupującej „sezon poboru prób", stwierdzono różnice istotne statystycznie, każdorazowo wykazując większą liczbę oberwanych zmian w wątrobie pstrągów w okresie jesiennym (ryc. 8.5–8.7).



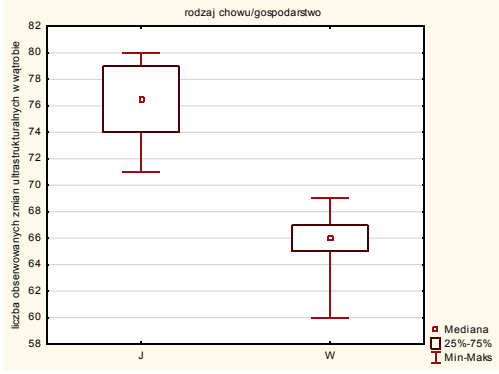
Ryc. 8.3. Liczba zmian ultrastrukturalnych obserwowanych w wątrobie pstrągów z wytypowanych gospodarstw z podziałem na sezony (W – wiosna, J – jesień)



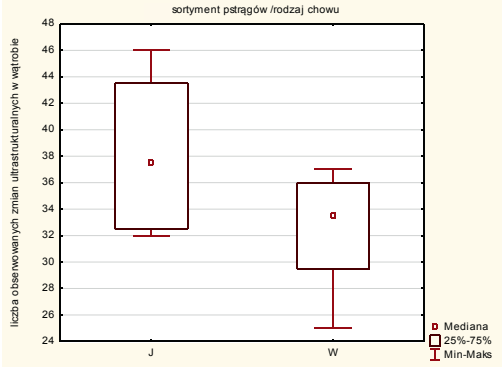
Ryc. 8.4. Liczba zmian ultrastrukturalnych obserwowanych w wątrobie pstrągów w zależności od wszystkich analizowanych parametrów z podziałem na sezony (SJ – sortyment S badany jesienią; SW – sortyment S badany wiosną; DJ – sortyment D badany jesienią; DW – sortyment D badany wiosną)



Ryc. 8.5. Różnice zależne od sezonu w liczbie obserwowanych zmian ultrastrukturalnych w wątrobie pstrągów (podział ze względu na technologię chowu)



Ryc. 8.6. Różnice zależne od sezonu w liczbie obserwowanych zmian ultrastrukturalnych w wątrobie pstrągów (podział szczegółowy na wytypowane gospodarstwa i rodzaj technologii chowu



Ryc. 8.7. Różnice zależne od sezonu (W – wiosna, J – jesień) w liczbie obserwowanych zmian ultrastrukturalnych w wątrobie pstrągów (podział uwzględniający sortyment ryb S i D w wytypowanych gospodarstwach rybackich i rodzaj chowu)

8.5. Podsumowanie

Odstępstwa obserwowane w ultrastrukturalnym obrazie wątroby pstrągów są odpowiedzią na bezpośrednie działanie otoczenia tych ryb, jak i innych czynników stresowych dla organizmu (Schwaiger i wsp. 1997). Prezentowane badania prowadzone w tym kierunku pozwalają na rozróżnienie zmian w narządach w zależności od bodźców wywołujących takie odstępstwa od normy. Należy przy tym pamiętać, że często odpowiedź komórki na bodźce mieści się w granicach jej możliwości fizjologicznych. W takich właśnie przypadkach patologia ultrastrukturalna, umożliwiając powiązanie struktury morfologicznej z funkcją na poziomie subkomórkowym, pozwala określić kinetykę zjawiska chorobowego. Może to ujawniać zmiany subkomórkowe nawet w najwcześniejszych etapach procesu patologicznego (Szarek i wsp. 1999).

Przedstawiona baza danych, uzyskana w badaniu ultrastrukturalnym, wskazuje, że subkomórkowe morfologiczne odstępstwa od normy wystąpiły u badanych pstrągów tęczowych w stosunkowo niewielkim stopniu. Zarówno ich charakter, jak i ich stopień intensywności pozwala jednak na wskazanie – w ujęciu dynamicznym (pstrąg sortymentu S i D) odnośnie oddziaływania bezpośredniego środowiska ryb i sposobu technologii ich chowu – jaka jest odpowiedź organizmu pstrągów ze strony organelli komórkowych w analizowanym narządzie.

Przeprowadzone badania ultrastrukturalne wątroby pozwalają na stwierdzenie, że stosunkowo najczęściej obserwowano zmiany w mitochondriach, i nieco rzadziej w szorstkiej siateczce śródplazmatycznej. Taka lokalizacja odstępstw od normy świadczy o tym, że zmiany miały zarówno charakter adaptacyjny, jak i uszkadzający. Na procesy uszkadzające rzutują również ogniskowe martwice w hepatocytach oraz symptomy tych zmian. Uzyskany obraz daje podstawę do twierdzenia, że newralgicznym punktem w chowie pstrągów jest zapewnienie im dobrych warunków w zakresie oddychania komórkowego, czyli właściwej temperatury wody i poziomu tlenu. Stąd też koniecznym jest wykonywanie bardzo częstych pomiarów zawartości tlenu w zbiornikach (np. za pomocą tlenomierzy).

Zarówno liczba zmian ultrastrukturalnych, jak i stopień ich intensywności zwiększały się wraz z wiekiem ryb. Pstrągi sortymentu D wykazywały więcej odstępstw od normy niż osobniki sortymentu S. Uzewnętrzniało się to zwłaszcza w obrębie zmian wstecznych – ich liczby i stopnia intensywności. Natomiast różnice w zakresie zmian ultrastrukturalnych w wątrobie badanych ryb w zależności od technologii chowu (OOH i RAS) kształtowały się na zbliżonym poziomie. Inaczej kształtował się stopień intensywności tych zmian objawiający się rozległością uszkodzenia ich struktury. Na tle uzyskanych danych należy stwierdzić, że chów intensywny cechował się większym stopniem uszkodzenia narządu niż miało to miejsce w przypadku chowu typu OOH. Niemniej jednak w technologii chowu RAS wystąpiło zróżnicowanie zmian w zależności od gospodarstwa. Stopień nasilenia zmian zaobserwowanych w wątrobie pstrągów z gospodarstwa 1-RAS był wyraźnie mniejszy niż w przypadku dwóch pozostałych gospodarstw. Podobna zależność, lecz widoczna w mniejszym stopniu, wystąpiła w obrębie drugiej z badanych technologii. Pstrągi pochodzące z gospodarstwa rybackiego 1-OOH i 2-OOH miały słabiej wyrażone zmiany w stosunku do ryb z gospodarstwa 3-OOH.

Przedstawione fakty wskazują, że pstrągi tęczowe pozyskiwane w technologii chowu typu OOH i RAS charakteryzują się małymi odstępstwami od normy w ultrastrukturze wątroby. Obserwowane zmiany, będąc charakterystycznymi dla typu chowu pod względem stopnia intensywności dają nową wiedzę na temat możliwości ingerencji w chów zarówno z punktu widzenia hodowcy, jak i lekarza weterynarii.

Józef Koc, Marcin Sidoruk

9. Wpływ technologii chowu pstrąga na jakość wód

9.1. Wstęp

Gospodarcza działalność człowieka stanowi często silną konkurencję dla wymogów ochrony środowiska. Dążenie do jak najbardziej intensywnego wykorzystywania naturalnych zasobów, przekształcenia krajobrazu i pierwotnych siedlisk powodują drastyczne obniżanie ich jakości i bioróżnorodności (Zając i wsp. 2004).

Dynamiczny rozwój akwakultury sprawia, że ma ona coraz większy wpływ na stan czystości wód powierzchniowych. Podczas chowu ryb powstają zanieczyszczenia rozpuszczalne w wodzie, które w wysokiej koncentracji stanowić mogą poważne zagrożenie dla środowiska wodnego (Sikora i wsp. 2009). Głównym źródłem zanieczyszczenia wód w stawach są wydaliny ryb oraz resztki niepobranej i niestrawionej paszy. Zanieczyszczenia te mają wpływ na rozwój organizmów w nich bytujących, w tym niekorzystny względem ryb oraz organizmów z odbiornika wód zrzucanych ze stawów. Chów ryb w stawach wywiera bezpośredni wpływ na ich biocenozę oraz biocenozę odbiornika. Stawy zlokalizowane są najczęściej w górnych częściach zlewni, więc niewielkie nawet zanieczyszczenia mogą istotnie pogorszyć jakość wód w cieku i niekorzystnie wpływać na produkcję pstrągową, która wymaga wód najwyższej jakości. Także chów ryb powoduje zmiany jakości wody powodowane stosowaniem pasz, nawozów mineralnych i organicznych, środków leczniczych i dezynfekujących (Bieniarz i wsp. 2003).

Racjonalna gospodarka wodna dąży do utrzymania bądź przywrócenia jak najwyższej jakości wody w ekosystemach naturalnych. Jest to argument powszechnie podnoszony w dyskusjach na temat wpływu chowu ryb na środowisko naturalne. Hodowle te oczywiście wytwarzają pewną ilość odpadów i zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wraz z wodami poprodukcyjnymi, jednak ich szkodliwość zależy od warunków i rodzaju hodowli (Karakassis 2001).

Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 14 lipca 1998 r. (Dz.U. Nr 93, poz. 589) zalicza stawy hodowlane do inwestycji mogących pogorszyć stan środowiska naturalnego, stąd też konieczna jest racjonalna ocena wpływu tego typu inwestycji na elementy środowiska przyrodniczego. Obecnie jest to szczególnie istotne ze względu na coraz bardziej popularne rybactwo stawowe, które już dziś jest jedną z najprężniej rozwijających się gałęzi produkcji w branży rolniczej na terenie Polski (Prądzyńska 2004).

Jakość wód odprowadzanych z gospodarstw rybackich, jak i ich obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń zależy od wielu różnych czynników. Uwzględnić tu należy zarówno jakość wód zasilających stawy, gatunek ryb, metodę ich chowu, obsadę, ilość i jakość skarmianej paszy oraz czynniki metrologiczne i fizjograficzne (Kolasa-Jamińska 2004).

Gospodarka stawowa wymaga prowadzenia określonej hodowli bądź chowu ryb z jednoczesnym uwzględnieniem możliwości i opłacalności produkcji, jak też określenia wpływu tej działalności na środowisko przyrodnicze. Stąd też istotna jest identyfikacja zagrożeń i potencjalnych sytuacji konfliktowych występujących w środowisku przyrodniczym, a spowodowanych hodowlą ryb w stawach (Prądzyńska 2004).

9.2. Metodyka badań

Badania wpływu chowu pstrąga na jakość wód prowadzono w okresie trzech lat. Do badań wytypowano sześć gospodarstw podzielonych na dwie grupy pod względem kategorii gospodarki wodnej. Jedną grupę stanowiły gospodarstwa o jednokrotnym wykorzystaniu wody (systemy przepływowe – OOH), a drugą obiekty z wielokrotnym jej wykorzystaniem (recyrkulaty – RAS). Systemy przepływowe polegają na jednokrotnym przepływie wody przez zbiornik hodowlany, a następnie na jej odprowadzeniu na zewnątrz. Woda dostarcza w ten sposób tlen dla ryb i odprowadza zawiesiny oraz rozpuszczone resztki pokarmu na zewnątrz. Woda zasilająca pobierana z rzeki przepływa przez zbiorniki hodowlane, a następnie jest oczyszczana przed odprowadzeniem do rzeki. Całkowita objętość wody w gospodarstwie jest wymieniana przynajmniej raz dziennie. System recyrkulowany polega z kolei na wielokrotnym wykorzystaniu wody, po jej mechanicznym i biologicznym oczyszczeniu. Działania te podejmuje się w celu obniżenia zapotrzebowania na wodę i energię oraz zmniejszenia emisji składników odżywczych do środowiska. Systemy tego rodzaju posiadają wiele zalet, takich jak: oszczędność energii i wody, dokładna kontrola jakości wody oraz ograniczone oddziaływanie na środowisko (Bardócz 2009).

We wszystkich gospodarstwach wyznaczono punkty pomiarowe oceny wody, tzn. obrazujące jakość wody dopływającej do obiektów, jakość wody w stawach i wody odpływającej z gospodarstw rybackich.

9.3. Wskaźniki fizyczne wody w obiektach chowu pstrąga

Woda zmienia swoją temperaturę znacznie wolniej niż czyni to powietrze. Wynika to z dużej pojemności cieplnej wody, co oznacza, że tyle samo czasu zajmuje jej ogrzanie, jak i oddanie ciepła do otoczenia. Nagłe zmiany termiki wód nie dają organizmom możliwości przystosowania się do nowych warunków, co często prowadzi do ich śmierci (Chojnacki 1998; Ntengwe i wsp. 2008). Zmiany temperatury wody w stawach zależą w znacznej mierze od ich głębokości, powierzchni i siły wiatrów. Stawy zaliczane są do zbiorników polimiktycznych, a dobowe wahania ich temperatury są większe w warstwie powierzchniowej; jednak im staw jest głębszy, tym wahania te są mniejsze (Kajak 2001). Ryby zaliczane są do organizmów zmiennocieplnych, dlatego też temperatura wody wpływa bezpośrednio na ich przyrost, przyspieszając bądź opóźniając ich przemianę materii. Przyjmuje się, iż pstrągi wytrzymują temperaturę do 25°C, przy czym za optymalną temperaturę dla ryb łososiowatych należy uznać 14–18°C (Goryczko 1999).

W ciągu całego okresu badawczego średnia temperatura wód zasilających stawy kształtowała się z zakresie od 9,41 ± 1,43°C do 13,14 ± 3,48°C, a maksymalna jej wartość nie przekraczała 18,24°C. W wyniku wykorzystania wody do celów produkcyjnych jedynie w gospodarstwach 2-OOH i 3-RAS obserwowano wzrost średniej temperatury wody odpływającej ze stawów o ok. 3°C i 2°C, w pozostałych natomiast stwierdzono jej obniżenie o ok. 1°C. Najmniejszą zmienność temperatury stwierdzono w gospodarstwie 2-RAS, w którym współczynnik zmienności kształtował się na poziomie 10–12%, natomiast największą w gospodarstwie 3-RAS (26–41%) (tab. 9.1).

Tabela 9.1. Temperatura wód dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (°C)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	13,14	13,06	13,12	9,41	11,49	12,50	10,83	10,30	10,29	12,34	12,01	11,81	11,21	11,32	11,26	10,44	10,26	11,91
Minimalna	8,25	8,38	8,23	8,09	7,76	8,49	7,51	7,47	7,55	8,70	7,80	7,60	9,55	9,22	9,26	6,71	6,08	5,78
Maksymalna	18,24	18,62	18,87	12,44	14,91	16,58	13,57	13,59	13,15	17,82	18,40	17,21	12,57	13,25	13,34	14,54	14,50	18,21
Mediana	12,79	12,50	12,64	9,20	11,40	12,50	10,97	10,01	10,06	11,26	10,85	10,88	11,27	11,43	11,27	10,76	10,63	11,95
SD	3,48	3,59	3,72	1,43	2,63	3,21	2,01	2,11	1,97	3,69	3,95	3,63	1,18	1,34	1,37	2,73	3,00	4,86
Współczynnik zmienności	27	27	28	15	23	26	19	20	19	30	33	31	10	12	12	26	29	41

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Temperatura oraz zawartość tlenu w wodzie są ważnymi parametrami warunkującymi życie w zbiornikach wodnych. Rozpuszczalność tlenu w wodzie zależy bowiem od temperatury – wraz z jej wzrostem zawartość tlenu w wodzie maleje. Zmienność warunków tlenowych i termicznych w znacznym stopniu zależy od fito- i zooplanktonu, którego rozwój zależy z kolei również od ilości światła przenikającego do ośrodka wodnego. Stężenie tlenu pochodzące z fotosyntezy fitoplanktonu w ekosystemie stawowym zależy od wielu czynników, m.in. od: temperatury, przezroczystości wody, promieniowania słonecznego i zawartości składników odżywczych. Może ono stanowić nawet do 80% przychodu tlenu w ekosystemie stawowym. Utrzymanie odpowiedniej temperatury w stawie rybnym jest bardzo istotne, ponieważ jej wzrost o 10°C powoduje dwukrotną intensyfikację procesów chemicznych i biochemicznych oraz zmniejszenie rozpuszczalności tlenu w wodzie. Ta sama ilość tlenu w wodzie o różnej wartości temperatury spowoduje otrzymanie innych stopni nasycenia wody tlenem (Jawecki i wsp. 2008).

Wahania zawartości tlenu są proporcjonalne do żyzności stawu rybnego. Na zawartość tlenu w wodzie wpływają takie czynniki, jak: temperatura wody i jej przeźroczystość, zawartość składników pokarmowych oraz promieniowanie słoneczne. Znaczący wpływ mają też indywidualne cechy stawów i zabiegi w nich prowadzone (Jawecki 2008). Na zmienność warunków tlenowych wpływają również czynniki meteorologiczne, takie jak: usłonecznienie, zachmurzenie i siła wiatru czy temperatura powietrza, a także również warunki lokalne, jak zacienienie toni wodnej przez rośliny porastające groble i głębokość stawu (Jawecki 2006, 2011).

W całym okresie badawczym wody zasilające stawy hodowlane były bardzo dobrze natlenione, średnia zawartość tlenu rozpuszczonego kształtowała się na poziomie od 8,77 ± 0,54 mg/dm^3 (2-OOH) do 10,31 ± 1,22 mg/dm^3 (3-OOH) (tab. 9.2, 9.3). W gospodarstwach z jednokrotnym wykorzystaniem wody (1-OOH i 2-OOH) stwierdzono zwiększenie stężenia tlenu w wodach odpływających z gospodarstw o ok. 0,21 mg/dm^3 i 1,04 mg/dm^3, natomiast w gospodarstwach z zamkniętym obiegiem wody następowało zubożenie wody w tlen o ok. 0,26–1,91 mg/dm^3. Taką samą sytuację obserwowano w przypadku nasycenia wody tlenem rozpuszczonym: w przypadku gospodarstw 1-OOH i 2-OOH obserwowano zwiększenie się zawartości tlenu w wodach poprodukcyjnych o ok. 3–20%, natomiast w gospodarstwach z zamkniętym obiegiem wody następowało jej zubożenie o ok. 1–20%. W gospodarstwach stosujących recyrkulację wody, mimo prowadzonej intensywnej hodowli pstrąga, obserwowano niewielkie obniżenie zawartości tlenu w wodach odpływających ze stawów, co uzyskano dzięki sztucznemu jej napowietrzaniu (stosowanie aeratorów mechanicznych lub czystego tlenu) w celu stworzenia optymalnych warunków bytowania ryb.

Tabela 9.2. Nasycenie tlenem wód dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (%)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	92,9	79,6	95,3	77,1	81,4	92,3	93,4	86,7	91,1	98,4	74,9	78,8	86,6	76,9	70,9	82,5	66,8	81,9
Minimalna	71,0	54,3	67,8	71,9	72,0	84,0	75,2	68,9	74,0	92,7	67,8	70,0	69,6	61,2	49,9	60,4	32,2	48,3
Maksymalna	127,7	132,5	135,3	91,1	89,3	110,3	111,5	107,9	114,5	110,0	91,5	99,7	116,6	103,2	106,1	98,0	102,7	116,8
Mediana	89,9	73,1	89,4	74,1	81,9	91,5	91,2	84,9	90,9	97,0	72,6	74,5	83,4	72,5	63,5	86,4	69,0	86,1
SD	23,4	34,4	28,5	7,3	6,1	8,7	11,6	12,3	12,5	5,7	7,3	9,8	16,4	13,6	17,0	12,6	28,4	23,6
Współczynnik zmienności	25	43	30	10	7	9	12	14	14	6	10	12	19	18	24	15	43	29

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Tabela 9.3. Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	9,70	8,28	9,91	8,77	8,84	9,81	10,31	9,67	10,21	10,27	7,91	8,36	9,46	8,40	7,76	9,19	7,43	8,93
Minimalna	8,16	6,29	7,98	8,36	7,59	8,38	9,00	8,26	8,39	9,92	6,87	7,08	7,94	6,64	5,43	7,38	3,99	4,74
Maksymalna	12,70	13,24	13,52	9,71	9,64	11,33	12,21	11,20	12,92	10,75	8,59	9,59	12,71	11,31	11,69	11,51	11,07	14,02
Mediana	9,62	7,78	9,50	8,44	9,01	9,82	10,06	9,51	9,98	10,21	8,26	8,69	9,02	8,07	7,18	9,38	7,34	8,76
SD	1,63	2,57	2,08	0,54	0,75	1,07	1,22	1,29	1,54	0,37	0,78	1,03	1,80	1,64	2,14	1,51	2,94	3,16
Współczynnik zmienności	17	31	21	6	8	11	12	13	15	4	10	12	19	20	28	16	40	35

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Przewodność elektrolityczna określa zdolność wody do przewodzenia prądu elektrycznego i jest pośrednim wskaźnikiem stężenia jonów rozpuszczonych w wodzie, zależnym również od temperatury. Wartość przewodnictwa wzrasta o ok. 1,8–2,5% wraz ze wzrostem temperatury o 1°C (Macioszczyk, Dobrzyński 2002).

Przewodność elektrolityczna wody zależy od zawartości zanieczyszczeń mineralnych, a wartość jej jest tym większa, im większe jest stężenie tych zanieczyszczeń. Na podstawie wielkości przewodnictwa właściwego wody możliwe jest określenie stopnia jej zasolenia, zawartości substancji rozpuszczonych i suchej pozostałości (Macioszczyk i wsp. 2002).

Na podstawie analizy przewodności elektrolitycznej w wodach zasilających stawy stwierdzono, że średnie wartości tego parametru kształtowały się we wszystkich gospodarstwach na zbliżonym poziomie i zmieniały się w zakresie od 291,8 ± 79,7 µS/cm (w gospodarstwie 1-RAS) do 384,7 ± 69,0 µS/cm (w gospodarstwie 3-OOH) (tab. 9.4). Mediana natomiast zmieniała się w zakresie od 317,5 µS/cm (1-RAS) do 407,0 µS/cm (3-OOH). Nie stwierdzono wpływu typu stosowanej technologii na wartość przewodności elektrolitycznej w wodach odpływających z obiektów. W gospodarstwach 1-OOH oraz 2-RAS po wykorzystaniu wody stwierdzono obniżenie się jej przewodności odpowiednio o 1 µS/cm i 25 µS/cm, natomiast w pozostałych ośrodkach odnotowano jej wzrost o 2–34 µS/cm. Oceniając zmiany przewodnictwa w gospodarstwach z jednokrotnym wykorzystaniem wody (OOH) i z jej recyrkulacją (RAS), można stwierdzić, że były one na zbliżonym poziomie i w pierwszej grupie jej wzrost wyniósł średnio ok. 9 µS/cm, a w drugiej niecałe 4 µS/cm.

Tabela 9.4. Przewodnictwo elektrolityczne właściwe w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (µS/cm)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	361,5	356,5	360,5	360,7	358,4	362,6	384,7	412,3	411,2	291,8	324,0	325,3	376,3	351,0	351,2	373,7	361,0	376,8
Minimalna	331,0	335,0	332,0	326,0	312,0	330,0	239,0	347,0	356,0	154,0	282,0	285,0	318,0	322,0	323,0	344,0	329,0	332,0
Maksymalna	401,0	400,0	401,0	388,0	385,0	393,0	459,0	446,0	445,0	402,0	345,0	351,0	479,0	383,0	383,0	415,0	391,0	413,0
Mediana	359,0	349,5	361,5	369,0	371,0	368,0	407,0	438,5	433,0	317,5	338,0	336,0	364,5	349,5	349,0	375,5	363,0	378,0
SD	25,1	23,7	22,4	25,5	29,8	23,5	69,0	45,2	41,8	79,7	23,2	22,4	48,2	26,8	26,8	22,0	28,2	32,1
Współczynnik zmienności	7	7	6	7	8	6	18	11	10	27	7	7	13	8	8	6	8	9

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Odczyn wody jest czynnikiem warunkującym występowanie życia w wodzie oraz wpływającym na specyfikę organizmów, których funkcjonowanie w wodzie wpływa z kolei na jej odczyn. Na wartość pH wody wpływają procesy fotosyntezy, oddychania i asymilacji azotu. Przy czym oddychanie i fotosynteza przy wartościach pH poniżej 6,3 nie mają większego wpływu na odczyn, natomiast wpływ ten ma wtedy proces asymilacji azotu (Lampert i wsp. 1996). Odczyn wody decyduje o większości procesów biologicznych i chemicznych zachodzących w wodzie oraz wpływa na organizmy żywe, które się w niej znajdują. W stawach o wodzie z odczynem zasadowym lub obojętnym bioróżnorodność jest znacząco większa niż w stawach o wodzie zakwaszonej (Bieniarz i wsp. 2003). Wartość pH jest czynnikiem łatwo odzwierciedlającym zmiany warunków środowiskowych. Przyjmuje się, że woda przeznaczona do hodowli pstrągów powinna wykazywać wartość pH w zakresie 6,5–8,2, optymalnie 7,5. Przy pH poniżej 6,5 i powyżej 9,0 następuje zahamowanie wzrostu ryb, a poniżej 4,0 i powyżej 11,0 szybka ich śmierć (Bieniarz i wsp. 2003). Wartość pH wpływa również na toksyczność amoniaku w środowisku wodnym. Wysoki zasadowy odczyn powoduje wzrost ilości niezjonizowanych cząsteczek amoniaku, które posiadają właściwości toksyczne. W przypadku ryb łososiowatych stężenie śmiertelne niezjonizowanego amoniaku wynosi zaledwie 0,0125 mg/dm^3 (Goryczko 1999; Ntengwe i wsp. 2008).

Woda zasilająca stawy hodowlane charakteryzowała się odczynem obojętnym, przesuwającym się w kierunku lekko zasadowego, a mediana pH wynosiła od 7,70 (2-OOH) do 8,20 (1-OOH) (tab. 9.5). Analiza odczynu wód poprodukcyjnych wykazała nieznaczny wpływ stosowanej technologii gospodarowania wodą na jej wartość. W wyniku wykorzystania wód do celów hodowlanych w ośrodkach stosujących recyrkulację obserwowano obniżenie wartości pH o 0,07–0,36, natomiast w obiektach z jednokrotnym wykorzystaniem wody nastąpił jej wzrost o ok. 0,10–0,48.

Tabela 9.5. Wartość pH wód dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Minimalna	6,13	7,85	7,61	6,73	7,05	7,62	7,35	7,01	7,41	7,98	7,12	7,35	6,39	7,26	7,40	6,88	6,80	6,96
Maksymalna	8,48	8,32	8,34	8,48	8,35	8,33	8,27	8,16	8,12	8,66	8,19	8,33	8,25	8,02	7,97	8,40	8,12	7,84
Mediana	8,20	8,15	8,16	7,70	7,90	8,23	7,90	8,05	8,06	8,12	8,00	7,96	8,07	7,81	7,76	7,86	7,73	7,69

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

9.4. Wskaźniki masy organicznej w wodach obiektów chowu pstrąga

Sucha pozostałość daje pogląd na ogólną zawartość związków organicznych i nieorganicznych w wodzie (Hermanowicz i wsp. 1999). Średnie stężenie suchej pozostałości w wodach wykorzystywanych do zasilania stawów hodowlanych kształtowało się od 199,5 ± 22,0 mg/dm^3 (w gospodarstwie 1-RAS) do 376,7 ± 215,5 mg/dm^3 (w ośrodku 3-OOH), natomiast mediana stężeń wynosiła od 198,5 mg/dm^3 (1-RAS) do 288 mg/dm^3 (3-OOH). Większą część suchej pozostałości stanowiły substancje mineralne, a ich zawartość w wodach zasilających stawy kształtowała się w przedziale od 66,6% (w ośrodku 2-RAS) do 85,7% (w gospodarstwie 1-OOH) (tab. 9.6, 9.7). Po wykorzystaniu wody na cele hodowlane w odpływach z obiektów stosujących recyrkulację stwierdzono wzrost stężenia suchej pozostałości o 21,7–32,7 mg/dm^3. Natomiast w przypadku gospodarstw 1-OOH i 3-OOH (systemy przepływowe) stwierdzono jej redukcję odpowiednio o 4,7 mg/dm^3 i 90,7 mg/dm^3; jedynie w gospodarstwie 2-OOH nastąpił niewielki przyrost wartości – o ok. 10,3 mg/dm^3. W wodach odpływowych z większości obiektów zaobserwowano wzrost zawartości substancji organicznej w stosunku do wód zasilających; jedynie w odpływie z ośrodka 3-OOH stwierdzono jej redukcję o ok. 5%.

Tabela 9.6. Zawartość suchej pozostałości w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	236,7	246,7	232,0	240,6	240,0	250,9	376,7	286,7	286,0	199,5	207,3	221,2	233,3	241,3	256,7	252,7	261,3	285,3
Minimalna	192,0	200,0	188,0	216,0	212,0	212,0	248,0	232,0	220,0	168,0	184,0	194,0	200,0	196,0	228,0	236,0	240,0	252,0
Maksymalna	304,0	304,0	304,0	276,0	276,0	296,0	812,0	332,0	368,0	236,0	228,0	260,0	256,0	296,0	324,0	268,0	280,0	360,0
Mediana	232,0	242,0	226,0	240,0	236,0	256,0	288,0	288,0	282,0	198,5	210,0	210,0	234,0	236,0	252,0	252,0	264,0	276,0
SD	37,0	33,4	39,0	21,7	21,8	30,3	215,5	34,7	47,4	22,0	14,6	28,4	20,3	37,2	35,3	10,9	13,8	40,1
Współczynnik zmienności	16	14	17	9	9	12	57	12	17	11	7	13	9	15	14	4	5	14

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Tabela 9.7. Zawartość substancji popielnych w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	199,3	200,0	190,7	206,3	202,3	213,1	272,7	226,7	220,0	170,8	178,5	171,5	155,3	163,3	170,0	212,0	218,0	220,7
Minimalna	156,0	156,0	152,0	160,0	160,0	180,0	156,0	164,0	136,0	124,0	148,0	132,0	100,0	112,0	96,0	168,0	168,0	176,0
Maksymalna	232,0	240,0	236,0	256,0	280,0	276,0	552,0	268,0	292,0	232,0	220,0	248,0	188,0	188,0	216,0	252,0	268,0	264,0
Mediana	206,0	198,0	190,0	202,0	208,0	196,0	232,0	230,0	230,0	168,5	177,5	160,0	160,0	178,0	172,0	212,0	222,0	222,0
SD	30,9	28,1	28,0	35,7	38,6	38,4	141,3	39,9	51,5	35,2	24,1	43,6	31,3	30,7	41,3	27,0	33,1	28,9
Współczynnik zmienności	16	14	15	17	19	18	52	18	23	21	13	25	20	19	24	13	15	13

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Wskaźniki BZT_5 oraz $ChZT_{Cr}$ określają ilość tlenu niezbędną do utlenienia znajdujących się w wodzie związków organicznych. Wartość tego wskaźnika jest silnie powiązana z zawartością fitoplanktonu w wodzie (Bieniarz i wsp. 2003; Bonisławska i wsp. 2011).

Wody wykorzystywane do zasilania obiektów chowu pstrąga cechowały się względnie niską wartością wskaźnika BZT_5, a jego średnia wartość w okresie badawczym kształtowała się w zakresie od 1,60 ± 0,62 mg/dm^3 (2-OOH) do 3,50 ± 2,13 mg/dm^3 (3-RAS) (tab. 9.8). W większości gospodarstw (oprócz 2-OOH) poziom BZT_5 okresowo przekraczał wartości określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (Dz.U. Nr 176, poz. 1455).

Tabela 9.8. Wartość BZT_5 w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	2,32	3,24	3,21	1,60	2,04	2,59	2,51	1,96	1,82	2,09	2,83	2,99	2,61	4,95	5,10	3,50	2,74	6,58
Minimalna	0,76	1,71	2,46	0,96	1,51	1,60	1,10	1,10	0,87	0,70	0,88	1,13	0,93	1,52	1,88	1,01	1,69	3,86
Maksymalna	4,39	4,72	4,51	2,46	2,73	3,19	4,14	2,60	3,10	4,85	4,11	4,18	3,70	7,04	6,38	6,80	4,46	9,60
Mediana	2,24	3,31	3,19	1,67	2,09	2,76	2,23	2,24	1,83	1,81	2,97	3,17	2,73	5,18	5,67	3,20	2,38	6,39
SD	1,18	1,02	0,75	0,62	0,45	0,51	1,06	0,68	0,89	1,43	1,23	1,19	1,09	1,90	1,62	2,13	0,99	2,04
Współczynnik zmienności	51	31	23	39	22	20	42	35	49	68	43	40	42	38	32	61	36	31

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Najniekorzystniejszą sytuację obserwowano w ośrodku 3-RAS, w którym normy te okresowo były przekroczone ponad dwukrotnie. Taka sytuacja mogła być spowodowana okresowym zwiększonym dopływem zanieczyszczeń, np. w wyniku spłukiwania ich z pól czy też niekontrolowanym zanieczyszczeniem wód powyżej gospodarstw.

Analiza uzyskanych wyników wykazała wyraźny wpływ stosowanej technologii gospodarowania wodą na wzrost wartości BZT_5 w wodach odpływających z ośrodków hodowli pstrąga. W wodach poprodukcyjnych odpływających z gospodarstw stosujących systemy przepływowe stwierdzono nieznaczny wzrost wartości BZT_5 o ok. 0,9 mg/dm^3 w ośrodkach 1-OOH i 2-OOH oraz zmniejszenie się tej wartości o 0,7 mg/dm^3 w obiekcie 3-OOH. Natomiast w gospodarstwach stosujących recyrkulację wzrost BZT_5 był bardziej znaczący i wynosił 2,49 mg/dm^3 (2-RAS) i 3,08 mg/dm^3 (3-RAS); jedynie w obiekcie 1-RAS wzrost ten był mniejszy i wynosił 0,90 mg/dm^3.

Analizując średnią wartość wskaźnika $ChZT_{Cr}$ w wodach dopływających do obiektów stwierdzono, że była ona niska i kształtowała się w przedziale od 14,82 ± 5,88 mg/dm^3 (3-RAS) do 20,03 ± 12,50 mg/dm^3 (2-OOH) (tab. 9.9). Stwierdzono wyraźną różnicę we wzroście wartości $ChZT_{Cr}$ pomiędzy wodami odpływającymi z gospodarstw stosujących recyrkulację wody a tymi stosującymi systemy przepływowe. W wodach poprodukcyjnych w ośrodkach z jednokrotnym wykorzystaniem wody obserwowano redukcję $ChZT_{Cr}$ w stosunku do wód zasilających, wynoszącą od 0,02 mg/dm^3 (1-OOH) do 3,43 mg/dm^3 (3-OOH), natomiast w gospodarstwach z recyrkulacją wody stwierdzono wzrost wartości tego parametru o 0,20 mg/dm^3 (1-RAS), 2,10 mg/dm^3 (2-RAS) oraz 6,52 mg/dm^3 (3-RAS).

Tabela 9.9. Wartości $ChZT_{Cr}$ w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	17,67	17,52	17,65	20,03	20,91	16,60	16,90	14,72	13,82	17,34	16,92	17,48	15,38	16,58	17,43	14,82	13,97	21,33
Minimalna	13,60	13,20	10,40	4,30	7,80	6,00	6,80	6,40	8,40	11,20	8,40	7,60	11,30	12,00	12,00	7,60	9,60	13,70
Maksymalna	26,60	27,40	24,60	44,80	40,80	25,10	26,00	19,30	19,80	32,90	34,40	34,40	22,00	19,50	19,60	23,70	19,30	28,30
Mediana	16,10	15,75	17,35	18,10	21,70	16,00	18,15	15,80	13,85	15,06	14,76	15,65	13,30	16,90	19,00	13,70	12,25	21,30
SD	5,05	5,32	5,74	12,50	10,31	6,70	6,69	5,28	4,45	8,28	9,28	9,10	4,66	2,72	3,10	5,88	4,23	5,76
Współczynnik zmienności	29	30	33	62	49	40	40	36	32	48	55	52	30	16	18	40	30	27

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Analizując zmiany wartości BZT_5 i $ChZT_{Cr}$ w poszczególnych typach gospodarki wodnej, stwierdzono, że w wodach poprodukcyjnych odpływających z gospodarstw stosujących systemy przepływowe występują wyższe wartości BZT_5 (średnio o ok. 0,39 mg/dm^3) oraz niższe $ChZT_{Cr}$ (o 2,18 mg/dm^3). W gospodarstwach stosujących recyrkulację wzrost wartości wskaźnika BZT_5 w wodach odpływowych był bardziej znaczący niż w przypadku systemów przepływowych i wynosił średnio 2,15 mg/dm^3, natomiast wartość $ChZT_{Cr}$ wzrosła o 2,90 mg/dm^3.

9.5. Wskaźniki biogenne wody w obiektach chowu pstrąga

W wodzie stawowej fosfor występuje w postaci jonów fosforanowych, będących wynikiem dysocjacji kwasu ortofosforowego, oraz jako rozpuszczony fosfor organiczny. Jony fosforanowe w wodach o wysokiej wartości pH i znacznej zawartości wapnia wytrącają się, tworząc nierozpuszczalne kompleksy fosforanu wapnia, które opadają na dno zbiornika. Jego główną funkcją w ekosystemach wodnych jest regulacja produkcji biologicznej jako podstawowego biogenu do syntezy związków organicznych, a przez to także wpływ na żyzność wód (Bieniarz i wsp. 2003; Raczyńska i wsp. 2006). Efektem (wskaźnikiem) wysokiej koncentracji fosforu mineralnego w wodzie jest masowy wzrostu glonów (Dojlido 1995). Procesowi temu towarzyszy wzrost wartości pH wody, wyczerpanie wolnego dwutlenku węgla, wzrost natlenienia wody, spadek stężenia azotu amonowego (Tucker i wsp. 1984; Lewkowicz i wsp. 2003).

Fosfor w wodach zasilających gospodarstwa 1-OOH, 2-OOH oraz 2-RAS występował głównie w formie organicznej i stanowił od 53% (1-OOH) do 71% (2-OOH) fosforu ogólnego. W dopływach do pozostałych gospodarstw przeważała forma mineralna, stanowiąca od 50,3% (3-OOH) do 69,0% (1-RAS) fosforu ogólnego.

Średnie stężenie fosforu ogólnego w dopływach do obiektów wynosiło od 0,085 ± 0,087 mg/dm^3 (2-OOH) do 0,270 ± 0,332 mg/dm^3 (2-RAS) (tab. 9.10). W wodach zasilających gospodarstwo 2–RAS okresowo stwierdzano zbyt wysoką koncentrację fosforu ogólnego, przekraczającą normy, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe stanowiące środowisko życia ryb łososiowatych, określone we wspomnianym już rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. Średnia koncentracja fosforu fosforanowego ($P–PO_4$) w wodach zasilających gospodarstwa kształtowała się z zakresie od 0,025 ± 0,021 mg/dm^3 (2-OOH) do 0,090 ± 0,075 mg/dm^3 (3-RAS). Mediana stężeń wynosiła natomiast od 0,021 mg/dm^3 (2-OOH) do 0,093 mg/dm^3 (2-RAS) (tab. 9.11). W odpływie wód poprodukcyjnych w większości badanych obiektów obserwowano wzrost stężenia fosforu ogólnego i fosforanowego. Największy przyrost koncentracji

związków fosforu stwierdzono w gospodarstwach 3-RAS (fosfor ogólny – 0,099 mg/dm^3, czyli 75%; P–PO4 – 0,033 mg/dm^3, czyli 36%) oraz 2-OOH (fosfor ogólny – 0,034 mg/dm^3, czyli 40%; P–PO_4 – 0,032 mg/dm^3, czyli 129%). Odmienna sytuacja miała miejsce w ośrodku 2-RAS, w którego odpływie stwierdzono obniżenie zawartości fosforu ogólnego o 0,111 mg/dm^3 (41%).

Tabela 9.10. Zawartość fosforu organicznego w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,128	0,116	0,146	0,085	0,080	0,120	0,087	0,145	0,111	0,091	0,121	0,111	0,270	0,157	0,159	0,133	0,128	0,232
Minimalna	0,063	0,060	0,075	0,011	0,047	0,043	0,057	0,096	0,041	0,045	0,069	0,067	0,083	0,106	0,124	0,038	0,056	0,204
Maksymalna	0,179	0,184	0,292	0,273	0,106	0,195	0,129	0,210	0,219	0,129	0,198	0,167	0,944	0,228	0,201	0,344	0,252	0,289
Mediana	0,144	0,105	0,122	0,072	0,083	0,110	0,086	0,137	0,089	0,105	0,127	0,101	0,143	0,140	0,156	0,114	0,115	0,226
SD	0,044	0,042	0,080	0,087	0,019	0,048	0,026	0,049	0,064	0,034	0,048	0,041	0,332	0,046	0,037	0,113	0,068	0,031
Współczynnik zmienności	35	37	55	101	24	40	29	33	58	38	39	37	123	29	23	85	54	13

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Tabela 9.11. Zawartość fosforu fosforanowego w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,060	0,062	0,064	0,025	0,023	0,056	0,044	0,050	0,051	0,063	0,076	0,079	0,082	0,107	0,109	0,090	0,085	0,123
Minimalna	0,032	0,038	0,036	0,003	0,007	0,014	0,024	0,014	0,030	0,043	0,040	0,046	0,028	0,055	0,047	0,031	0,040	0,036
Maksymalna	0,094	0,081	0,084	0,069	0,080	0,084	0,071	0,090	0,081	0,085	0,094	0,098	0,112	0,156	0,166	0,236	0,145	0,166
Mediana	0,063	0,064	0,071	0,021	0,011	0,075	0,044	0,049	0,046	0,061	0,086	0,087	0,093	0,107	0,110	0,079	0,087	0,134
SD	0,022	0,021	0,020	0,021	0,026	0,029	0,018	0,031	0,019	0,018	0,021	0,021	0,034	0,038	0,044	0,075	0,042	0,046
Współczynnik zmienności	37	34	32	85	113	51	42	62	37	28	28	26	42	35	40	83	49	38

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Zwiększenie stężenia związków fosforu w wodach odpływających z gospodarstw jest spowodowane tym, iż w hodowli liczy się szybki przyrost ryb i dlatego są one intensywnie dokarmiane. Natomiast niewielka tylko część związków zawartych w karmie zostaje wbudowywana w biomasę ryb, większość pozostaje w wodzie (Tucholski 1994; Orlik i wsp. 2005; Raczyńska i wsp. 2006). Szacuje się, że zaledwie 5–20% materii pożywienia wprowadzanego do stawów zostaje wbudowana w ciało ryb, reszta pozostaje w wodzie, przyczyniając się do jej zanieczyszczenia (Madeyski 2001; Sikora i wsp. 2009).

Analizując średnie przyrosty fosforu w obu grupach gospodarstw, stwierdzono, że w ośrodkach stosujących recyrkulację w wodach poprodukcyjnych następował zdecydowanie większy wzrost stężenia P–PO_4 (średnio o 0,026 mg/dm^3) niż w gospodarstwach z systemami przepływowymi (0,014 mg/dm^3). Odwrotna sytuacja miała miejsce w przypadku fosforu ogólnego, którego znacznie większy śred-

ni wzrost koncentracji obserwowano w wodach odpływających z ośrodków przepływowych (0,026 mg/dm^3) niż stosujących systemy zawracania wody (0,003 mg/dm^3).

Azot dostaje się do wód głównie w postaci związków mineralnych pochodzących z procesów rozkładu organicznych związków azotowych, opadów oraz gleb. Występuje on w wodzie w formach o różnym stopniu utlenienia, w połączeniach organicznych i nieorganicznych oraz jako wolny azot rozpuszczony. Przemiany mikrobiologiczne azotu zachodzące w środowisku wodnym są analogiczne jak w glebie. Azot organiczny występuje najczęściej w wodach w postaci białka, aminokwasów oraz związków organicznych pozabiałkowych (mocznik, aminy, pirydyna, puryny). W wodach naturalnych powstaje on z obumarłych organizmów zwierzęcych i roślinnych oraz resztek pożywienia (Piedrahita 2003).

Azot nieorganiczny występuje pod postacią amoniaku, soli amonowych i azotanów, azotynów i cyjanów. Część azotu organicznego w czasie biodegradacji zostaje sprowadzona do amoniaku, który w warunkach tlenowych nie kumuluje się w wodzie, lecz jest utleniany do azotynów i azotanów (Łysak 1995; Avnimelech 1999). W wodach zachodzą procesy nitryfikacji oraz denitryfikacji. Denitryfikacja powoduje zmianę zawartości azotanów oraz wzbogaca wody w wolny azot cząsteczkowy, który w odpowiednich warunkach ulatnia się do atmosfery. Redukcja azotanów prowadzi zatem do zmniejszania się ogólnej zawartości azotu w zbiorniku (Koc i wsp. 2006; Makuch i wsp. 2009).

W wodach zasilających cztery z analizowanych gospodarstw azot występował głównie w formie organicznej, która stanowiła od 52% (2-RAS) do 72% (1-OOH) azotu ogólnego. W dwóch pozostałych gospodarstwach (2-OOH i 3-RAS) stwierdzono przewagę formy mineralnej, która stanowiła 77% (2-OOH) oraz 57% (3-RAS) azotu ogólnego. Średnie stężenie azotu ogólnego w dopływie do gospodarstw kształtowała się w zakresie od 0,54 ± 0,04 mg/dm^3 (1-RAS) do 2,14 ± 0,43 mg/dm^3 (2-OOH), a mediana stężeń wynosiła od 0,54 mg/dm^3 (1-RAS) do 2,11 mg/dm^3 (2-OOH) (tab. 9.12, 9.13). W wodach poprodukcyjnych z gospodarstw stosujących systemy przepływowe następowała redukcja stężenia azotu ogólnego o 0,074 mg/dm^3 (2-OOH) i 0,393 mg/dm^3 (3-OOH) oraz nieznaczny wzrost jego koncentracji w ośrodku 1-OOH (0,135 mg/dm^3). Natomiast w gospodarstwach stosujących recyrkulację wody przyrost stężenia azotu ogólnego był bardziej znaczący i wynosił od 0,150 mg/dm^3 (1-RAS) do 2,535 mg/dm^3 (3-RAS).

Tabela 9.12. Zawartość azotu ogólnego w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,97	1,15	1,05	2,14	2,20	1,75	1,65	1,39	1,52	0,54	0,82	0,69	1,44	2,18	2,23	0,76	1,18	3,29
Minimalna	0,80	0,91	0,83	1,41	0,34	1,20	1,03	0,80	0,89	0,49	0,64	0,60	1,08	1,85	1,85	0,49	0,88	2,28
Maksymalna	1,41	1,45	1,34	2,68	3,33	2,30	2,77	1,71	2,03	0,61	1,49	0,89	1,93	2,69	2,82	0,95	1,43	3,79
Mediana	0,88	1,10	1,02	2,11	2,29	1,76	1,35	1,49	1,55	0,54	0,68	0,68	1,36	2,00	2,02	0,80	1,19	3,44
SD	0,22	0,20	0,20	0,43	1,02	0,40	0,70	0,33	0,39	0,04	0,33	0,11	0,32	0,37	0,45	0,18	0,23	0,58
Współczynnik zmienności	23	18	19	20	46	23	42	24	25	17	40	15	22	17	20	23	19	17

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Tabela 9.13. Zawartość azotu organicznego w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,70	0,85	0,75	0,50	0,67	0,68	0,87	0,59	0,75	0,36	0,61	0,49	0,74	0,59	0,69	0,44	0,46	1,31
Minimalna	0,41	0,70	0,40	0,22	0,31	0,30	0,37	0,48	0,49	0,27	0,38	0,38	0,47	0,26	0,20	0,16	0,18	0,64
Maksymalna	1,22	1,20	1,01	1,22	1,20	1,01	1,96	0,74	1,15	0,44	1,36	0,75	1,03	0,95	1,65	0,61	0,68	2,85
Mediana	0,63	0,81	0,79	0,30	0,67	0,81	0,57	0,58	0,74	0,37	0,45	0,47	0,74	0,62	0,47	0,50	0,51	0,94
SD	0,29	0,18	0,22	0,38	0,30	0,28	0,63	0,12	0,23	0,06	0,38	0,14	0,25	0,29	0,56	0,17	0,18	0,86
Współczynnik zmienności	41	21	30	76	45	41	72	20	30	17	62	28	33	49	81	38	39	65

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Analiza wpływu obu technologii gospodarowania wodą (OOH i RAS) na koncentrację azotu ogólnego w wodach poprodukcyjnych wykazała, że w ośrodkach stosujących systemy przepływowe obserwowano redukcję zawartości azotu w stosunku do wód zasilających obiekty (średnio o 0,15 mg/dm^3), natomiast w gospodarstwach stosujących systemy recyrkulacyjne następował wzrost jego stężenia (średnio o 1,16 mg/dm^3).

Analizując średnią zawartość azotu mineralnego w wodach zasilających badane obiekty, stwierdzono, że najniższą koncentracją odznaczało się gospodarstwo 1-RAS (0,18 mg/dm^3), natomiast najwyższą ośrodek 2-OOH (1,64 mg/dm^3). Główny udział stanowił azot azotanowy (N–NO_3), a jego stężenie kształtowało się w zakresie od 0,10 ± 0,07 mg/dm^3 (1-RAS) do 1,59 ± 0,70 mg/dm^3 (2-OOH), natomiast mediana stężenia zmieniała się w przedziale od 0,11 mg/dm^3 (1-RAS) do 1,79 mg/dm^3 (2-OOH) (tab. 9.14–9.16). W gospodarstwach 2-RAS oraz okresowo w 1-OOH obserwowano przekroczenie norm stężenia azotu azotynowego (N–NO_2), a w przypadku gospodarstwa 3-RAS – stężenia azotu amonowego (N–NH_4). Dopuszczalne poziomy stężeń związków azotu określa wspomniane już rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r.

Tabela 9.14. Zawartość N–NH_4 w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,09	0,11	0,11	0,04	0,06	0,10	0,06	0,08	0,05	0,07	0,09	0,07	0,09	0,80	0,73	0,19	0,48	1,76
Minimalna	0,05	0,06	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,05	0,60	0,24	0,04	0,23	0,56
Maksymalna	0,19	0,21	0,22	0,09	0,11	0,15	0,13	0,16	0,16	0,10	0,16	0,11	0,14	0,92	0,93	0,82	0,66	2,51
mediana	0,06	0,08	0,07	0,05	0,07	0,10	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,82	0,80	0,07	0,48	1,97
SD	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06	0,03	0,06	0,03	0,04	0,12	0,25	0,31	0,14	0,80
współczynnik zmienności	82	59	66	75	51	42	67	75	112	42	64	43	45	15	34	167	30	45

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Tabela 9.15. Zawartość $N–NO_2$ w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,0139	0,0142	0,0144	0,0081	0,0188	0,0177	0,0059	0,0086	0,0126	0,0063	0,0069	0,0080	0,0294	0,0393	0,0380	0,0073	0,0078	0,0408
Minimalna	0,0040	0,0043	0,0052	0,0025	0,0094	0,0057	0,0001	0,0064	0,0064	0,0041	0,0051	0,0059	0,0148	0,0070	0,0070	0,0015	0,0016	0,0083
Maksymalna	0,0321	0,0297	0,0315	0,0238	0,0529	0,0315	0,0113	0,0154	0,0264	0,0081	0,0092	0,0101	0,0457	0,0784	0,0736	0,0110	0,0117	0,0618
Mediana	0,0068	0,0070	0,0075	0,0058	0,0127	0,0186	0,0051	0,0079	0,0097	0,0053	0,0060	0,0086	0,0270	0,0317	0,0313	0,0071	0,0074	0,0395
SD	0,0106	0,0099	0,0100	0,0072	0,0153	0,0086	0,0038	0,0034	0,0070	0,0017	0,0017	0,0015	0,0100	0,0236	0,0219	0,0033	0,0035	0,0179
Współczynnik zmienności	76	70	69	89	81	48	63	39	56	28	24	18	34	60	58	45	45	44

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Tabela 9.16. Zawartość $N–NO_3$ w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,17	0,17	0,18	1,59	1,45	0,95	0,71	0,71	0,70	0,10	0,12	0,12	0,57	0,75	0,76	0,24	0,24	0,35
Minimalna	0,12	0,12	0,11	0,13	0,02	0,13	0,35	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	0,10	0,33	0,40	0,06	0,17	0,15
Maksymalna	0,29	0,20	0,26	2,22	2,40	1,66	0,90	0,91	0,94	0,12	0,20	0,16	0,89	1,01	0,93	0,31	0,29	0,47
Mediana	0,15	0,18	0,17	1,79	1,83	0,89	0,78	0,84	0,82	0,11	0,11	0,12	0,64	0,77	0,85	0,27	0,24	0,37
SD	0,07	0,04	0,07	0,70	0,98	0,47	0,20	0,31	0,32	0,02	0,04	0,03	0,31	0,22	0,20	0,10	0,06	0,11
Współczynnik zmienności	38	24	36	44	67	49	29	44	46	15	32	20	54	30	26	41	24	32

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

W toni stawów obiektów stosujących recyrkulację wody oraz w ośrodku 1-OOH stwierdzono pogorszenie jej jakości pod względem zawartości azotu mineralnego. W wodach poprodukcyjnych odpływających z tych gospodarstw jego stężenie wzrosło o 0,03–1,72 mg/dm^3 i kształtowało się w przedziale od 0,20 mg/dm^3 (1-RAS) do 2,15 mg/dm^3 (3-RAS). Natomiast w gospodarstwach z jednokrotnym wykorzystaniem wody stwierdzono redukcję stężenia tej formy azotu o 0,58 mg/dm^3 (2-OOH) i 0,02 mg/dm^3 (3-OOH) .

Ze wszystkich mineralnych form azotu największy wzrost koncentracji w wodach poprodukcyjnych obserwowano w odniesieniu do $N–NH_4$. Zdecydowanie większy przyrost jego stężenia występował w gospodarstwach stosujących recyrkulację wód: w ośrodku 3-RAS był on na poziomie 1,57 mg/dm^3, a w 2-RAS na poziomie 0,64 mg/dm^3. Jedynie w gospodarstwie 1-RAS stężenie $N–NH_4$ w wodach poprodukcyjnych było na takim samym poziomie jak w wodzie zasilającej stawy. W ośrodkach z systemami przepływowymi średni przyrost stężenia $N–NH_4$ był niższy i wynosił 0,02 (w 1-OOH) i 0,06 mg/dm^3 (2-OOH), natomiast w odpływie z obiektu 3-OOH stwierdzono redukcję stężenia $N–NH_4$ o 0,01mg/dm^3.

Analizując średnie zmiany koncentracji azotu mineralnego w wodach odpływowych z gospodarstw, stwierdzono, że w ośrodkach stosujących jednokrotne wykorzystanie wody następowała redukcja tej formy azotu (średnio o 0,19 mg/dm^3), natomiast w stosujących recyrkulację następował wzrost jego stężenia (średnio o 0,86 mg/dm^3).

9.6. Zasolenie wód w obiektach chowu pstrąga

Wodorowęglany (HCO_3^-) powstają w wyniku ługowania węglanów wapnia i magnezu. Z tego też względu występują one powszechnie w wodach kontaktujących się z powietrzem, czyli powierzchniowych i płytkich podziemnych. W wodach niezanieczyszczonych zawartość wodorowęglanów może dochodzić nawet do kilkuset mg/dm^3 (Choiński 1995).

Zgodnie z zależnością podaną przez Boyd (1982) w wodzie występuje dynamiczna równowaga pomiędzy dwutlenkiem węgla (CO_2), jonami wodorowęglanowymi (HCO_3^-), węglanowymi (CO_3^{2-}) i odczynem (pH). Wskutek zmniejszania zawartości dwutlenku węgla zostaje naruszona równowaga węglanowa i wówczas związek ten może być pobierany z węglanów.

Może zachodzić rozkład kwaśnych węglanów (HCO_3^- jak i CO_3^{2-}) (Dojlido 1995), pojawiają się wtedy jony wodorotlenowe i CO_2. Stąd zasobność wody w wodorowęglany – kwaśny dwuwęglan wapnia Ca$(HCO_3)_2$ – jest wskazówką dużego zapasu CO_2 stymulującego produkcję pierwotną.

Średnia zawartość węglanów w wodzie zasilającej stawy kształtowała się od 119,7 ± 1,6 mg/dm^3 (3-RAS) do 172,2 ± 6,9 mg/dm^3 (2-OOH), natomiast mediana stężeń zmieniała się w zakresie od 119,0 mg/dm^3 (3-RAS) do 150,0 mg/dm^3 (2-OOH) (tab. 9.17). W całym okresie badawczym ich zawartość w wodach dopływowych znajdowała się na względnie jednakowym poziomie, a współczynnik zmienności kształtował się w przedziale 1–9%. W toni stawów obserwowano nieznaczną redukcję koncentracji HCO_3^- i w odpływie z większości obiektów ich koncentracja była niższa o 1,83–4,0 mg/dm^3. Wyjątek stanowiły gospodarstwa 3-OOH i 3-RAS, w których stwierdzono pogorszenie jakości wody i wzrost stężenia węglanów odpowiednio o 1,33 mg/dm^3 i 10,50 mg/dm^3.

Tabela 9.17. Zawartość HCO_3^- w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	144,0	144,7	142,2	172,2	163,8	169,2	140,3	140,3	141,7	140,3	137,0	136,3	132,2	131,0	129,8	119,7	121,3	130,2
Minimalna	132,0	132,0	132,0	136,0	128,0	132,0	128,0	128,0	136,0	132,0	132,0	132,0	119,0	119,0	123,0	119,0	119,0	119,0
Maksymalna	163,0	163,0	154,0	156,0	150,0	156,0	158,0	154,0	154,0	165,0	149,0	148,0	154,0	150,0	145,0	123,0	125,0	141,0
Mediana	140,5	139,5	138,5	150,0	145,0	141,0	137,0	139,5	139,5	134,0	135,0	135,0	130,0	131,0	128,0	119,0	121,0	131,0
SD	11,8	12,9	9,6	6,9	7,5	8,0	11,4	9,0	7,2	13,1	6,4	6,0	11,7	10,7	8,2	1,6	2,3	8,3
Współczynnik zmienności	8	9	7	4	5	5	8	6	5	9	5	4	9	8	6	1	2	6

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

W wodach powierzchniowych wapń występuje pod postacią rozpuszczonego węglanu wapnia, a jego zawartość jest uzależniona od obecności dwutlenku węgla w wodzie (Sidoruk i wsp. 2006; Degefu i wsp. 2011). Wapń jest składnikiem, który wraz z magnezem, wodorowęglanami i siarczanami

decyduje o typie hydrochemicznym większości wód krążących w zlewniach strefy młodoglacjalnej, a jego duża zawartość w wodach powierzchniowych wynika przede wszystkim z intensywnego wypłukiwania go z gleb (Koc i wsp. 2003). W klimacie umiarkowanym jest on intensywnie wypłukiwany z gleb, czemu sprzyja m.in. zakwaszenie opadów. Odpowiednio wysokie stężenie wapnia w wodzie jest ważne ze względu na jego rolę buforującą, zaś dla produkcji pierwotnej jest istotne z uwagi na zapewnienie dostatecznego stężenia dwutlenku węgla dla fotosyntezy (Kajak 2001).

Wyniki badań zawartości wapnia w wodach dopływających do gospodarstw wykazały, iż jego stężenie było zbliżone we wszystkich ośrodkach i wynosiło od 55,3 ± 3,7 mg/dm^3 (1-RAS) do 67,5 ± 9,0 mg/dm^3 (2-OOH). Mediana stężenia wynosiła od 53,1 mg/dm^3 (2-RAS) do 69,6 mg/dm^3 (2-OOH), a współczynnik zmienności kształtował się na poziomie 6–13% (tab. 9.18). Wody wykorzystywane do zasilania stawów w całym okresie badawczym nie przekraczały norm I klasy jakości wód – zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. Nr 257, poz. 1545). Nie stwierdzono znaczącego wpływu prowadzonej działalności na zawartość wapnia w wodach wykorzystanych do celów hodowlanych. W odpływie z ośrodków 1-OOH, 2-OOH oraz 1-RAS stwierdzono nieznaczny wzrost stężenia wapnia (o 0,18––0,80 mg/dm^3), natomiast w pozostałych redukcję rzędu (0,38–1,65 mg/dm^3).

Tabela 9.18. Zawartość wapnia w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	56,6	57,7	56,8	67,5	68,4	68,3	66,2	64,7	64,6	55,3	57,7	55,8	56,0	56,2	55,4	59,7	58,6	59,3
Minimalna	49,2	49,2	42,0	49,2	49,2	42,0	60,4	60,4	60,4	49,2	55,2	49,2	51,6	51,6	51,6	54,2	54,2	54,2
Maksymalna	62,8	62,8	63,7	77,0	75,8	79,2	72,0	72,1	67,4	58,9	62,3	59,4	62,8	62,8	62,8	62,8	65,2	62,8
Mediana	54,7	55,4	54,7	69,6	70,0	69,6	66,3	62,8	67,4	55,2	55,2	55,2	53,1	54,2	53,7	57,9	55,9	57,9
SD	5,2	5,8	8,6	9,0	9,0	12,3	3,9	4,3	3,3	3,7	3,1	3,6	4,6	4,1	3,9	3,6	4,4	3,3
Współczynnik zmienności	9	10	15	13	13	18	6	7	5	7	5	6	8	7	7	6	8	6

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Związki magnezu występujące w wodach pochodzą przede wszystkim z procesów rozpuszczania minerałów, takich jak dolomity czy magnezyty. Zmiana stężeń magnezu w wodach powierzchniowych jest związana m.in. z obecnością w wodzie substancji humusowych. Substancje te mogą występować w formie rozpuszczonej lub koloidalnej, tworząc kompleksy magnezowo-humusowe. Zdolność wiązania kationów magnezu przez substancje humusowe zależy w dużej mierze od wartości pH, a co za tym idzie również od stopnia dysocjacji grup funkcyjnych (Kolanek i wsp. 2002). Z reguły stwierdza się dużo wyższe stężenia magnezu w porównaniu do wapnia, prawdopodobnie ze względu na intensywne pobieranie tego pierwiastka przez rośliny oraz koncentrację w opadach atmosferycznych (Wróbel i wsp. 1990).

W wodzie zasilającej większość badanych gospodarstw średnie stężenie magnezu wynosiło od 5,6 ± 0,8 mg/dm^3 (1-RAS) do 7,7 ± 0,6 mg/dm^3 (1-OOH), natomiast mediana stężeń kształtowała się

w zakresie od 5,6 mg/dm^3 (3-RAS) do 7,7 mg/dm^3 (1-OOH) (tab. 9.19). Nieco odmienny charakter miały wody zasilające gospodarstwo 2-OOH, gdzie średnia koncentracja kationów magnezu była zdecydowanie niższa od pozostałych i wynosiła 1,7 ± 2,7 mg/dm^3, a mediana stężenia znajdowała się na poziomie 0,7 mg/dm^3. Wynikało to z zupełnie odmiennych warunków geologicznych i glebowych występujących w zlewni cieku zasilającego ten ośrodek. Dopływ do ośrodka 2-OOH charakteryzował się najwyższym współczynnikiem zmienności koncentracji kationów magnezu wynoszącym 158%; w pozostałych gospodarstwach kształtował się on na poziomie 8–14%. W większości gospodarstw w toni stawów stwierdzono wzrost koncentracji magnezu i przyrost ten wynosił od 0,083 mg/dm^3 (1-RAS) do 0,483 mg/dm^3 (3-RAS). Jedynie w przypadku gospodarstw 3-OOH oraz 2-RAS obserwowano redukcję stężenia magnezu wynoszącą odpowiednio 0,55 mg/dm^3 i 0,30 mg/dm^3.

Tabela 9.19. Zawartość magnezu w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	7,7	8,2	7,9	1,7	1,9	1,9	6,8	6,4	6,3	5,6	5,4	5,7	6,0	5,9	5,7	5,9	5,6	6,3
Minimalna	6,9	7,5	7,5	0,5	0,7	0,7	5,8	5,6	5,5	4,3	4,3	4,8	5,3	5,5	4,3	5,1	4,9	5,0
Maksymalna	8,5	9,2	8,3	7,7	8,0	8,2	8,1	7,2	7,0	6,6	6,6	6,4	6,9	6,8	6,3	7,1	6,4	7,6
Mediana	7,7	7,8	8,0	0,7	0,8	0,9	6,8	6,4	6,3	5,7	5,3	5,8	6,0	5,8	6,0	5,6	5,5	6,2
SD	0,6	0,8	0,3	2,7	2,7	2,8	0,9	0,7	0,5	0,8	0,9	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,9
Współczynnik zmienności	8	10	4	158	144	145	13	11	8	14	17	11	10	8	13	13	10	15

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Analizując zmiany stężenia magnezu w poszczególnych grupach gospodarstw, można stwierdzić, że w obiektach stosujących systemy przepływowe w wodach odpływowych z gospodarstw obserwowano redukcję stężenia magnezu o ok. 0,04 mg/dm^3, natomiast w wodach odpływowych z ośrodków stosujących recyrkulację nastąpił wzrost jego koncentracji w stosunku do wód zasilających o ok. 0,09 mg/dm^3.

Potas, podobnie jak związki magnezu, znajduje się w podłożu w formach słabo rozpuszczalnych jako składnik np. ortoklazu czy biotytu. Natomiast w środowisku podziemnym migracja potasu jest znacznie utrudniona ze względu na jego sorpcję przez minerały ilaste.

Średnie stężenie jonów potasu w wodach zasilających stawy hodowlane kształtowało się w przedziale od 0,8 ± 0,8 mg/dm^3 (2-OOH) do 2,5 ± 1,0 mg/dm^3 (2-RAS). Natomiast mediana stężenia zmieniała się w przedziale od 0,7 mg/dm^3 (2-OOH) do 2,4 mg/dm^3 (1-OOH) (tab. 9.20). Największą zmiennością koncentracji (kształtującą się na poziomie 98%) charakteryzował się dopływ do ośrodka 2-OOH, natomiast najbardziej stabilna sytuacja występowała w gospodarstwie 1-OOH (14%). Woda, przepływając przez stawy hodowlane, nieznacznie zmieniała swoje właściwości, i tak w odpływie z gospodarstw 1-OOH, 2-OOH oraz 3-RAS stwierdzano wzrost koncentracji kationów potasu odpowiednio o 0,23 mg/dm^3, 0,15 mg/dm^3 i 0,72 mg/dm^3, natomiast w odpływie z ośrodków 3-OOH, 1-RAS oraz 2-RAS wystąpiła redukcja jego stężenia odpowiednio o 0,08 mg/dm^3, 0,35 mg/dm^3 i 0,30 mg/dm^3.

Tabela 9.20. Zawartość potasu w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	2,4	2,6	2,5	0,8	1,0	1,0	1,7	1,8	1,7	1,7	1,3	1,3	2,5	2,2	2,2	1,5	1,6	2,2
Minimalna	1,9	2,2	2,1	0,3	0,5	0,7	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	2,0	2,1	2,1	1,3	1,3	2,1
Maksymalna	2,8	3,0	3,0	2,6	2,7	2,7	2,2	2,6	1,9	3,5	1,4	1,4	4,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,4
Mediana	2,4	2,6	2,5	7,7	8,0	8,2	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	2,1	2,2	2,2	1,4	1,6	2,2
SD	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,7	0,3	0,5	0,2	0,9	0,1	0,1	1,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1
Współczynnik zmienności	14	11	12	98	74	71	18	26	11	53	4	4	39	4	7	18	10	4

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Analizując zmiany stężenia, między wodami zasilającymi i odpływającym w poszczególnych grupach gospodarstw, można stwierdzić, że w ośrodkach z jednokrotnym wykorzystaniem wody obserwowano większy średni przyrost jego stężenia (średnio o 0,10 mg/dm^3) niż w obiektach wielokrotnie wykorzystujących wodę (średnio o 0,02 mg/dm^3).

Kationy sodu, podobnie jak związki wapnia, występują w wodach powierzchniowych bardzo powszechnie. Sód pochodzić może z rozpuszczonych ewaporatów oraz zanieczyszczeń antropogenicznych, jednak powszechnym jego źródłem są minerały sodowe. Kationy sodu, jak i potasu ulegają sorpcji przez minerały ilaste (Chełmicki 2001).

W wodach dopływających do obiektów hodowlanych średnia koncentracja sodu kształtowała się na niskim poziomie, w przedziale od 4,6 ± 2,3 mg/dm^3 (2-OOH) do 9,3 ± 1,4 mg/dm^3 (3-OOH). Najwyższym współczynnikiem zmienności odznaczyło się gospodarstwo 2-OOH (50%), natomiast w pozostałych ośrodkach współczynnik ten kształtował się w przedziale 14–24% (tab. 9.21). Stwierdzono nieznaczny wpływ chowu pstrąga na zawartość sodu w wodach odpływowych. W wodach odpływających z obiektów 1-OOH, 2-OOH oraz 3-RAS stwierdzono wzrost stężenia sodu o 0,25–1,45 mg/dm^3, z obiektów 3-OOH i 2-RAS jego redukcję na poziomie 0,03 mg/dm^3 i 0,07 mg/dm^3, natomiast w ośrodku 1-RAS koncentracja sodu w wodach odpływowych była taka sama jak w wodach zasilających obiekt.

Tabela 9.21. Zawartość sodu w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	9,1	9,0	9,4	4,6	5,1	5,2	9,3	9,3	9,3	5,6	5,5	5,6	6,7	6,8	6,6	6,4	6,6	7,8
Minimalna	6,0	5,6	6,0	2,9	2,9	3,2	6,8	7,0	6,8	4,0	4,0	4,0	4,8	4,8	5,0	5,0	5,0	5,6
Maksymalna	11,4	11,4	11,4	8,7	8,5	8,7	11,0	11,0	11,0	6,1	6,2	6,3	8,3	8,7	7,6	7,6	7,6	9,4
Mediana	9,6	9,4	10,1	3,6	4,4	4,3	9,6	9,5	9,5	6,0	5,8	5,8	6,8	7,0	7,0	6,2	6,6	8,0
SD	2,2	2,2	2,0	2,3	2,4	2,3	1,4	1,3	1,4	0,8	0,8	0,8	1,4	1,5	1,2	0,9	1,0	1,3
Współczynnik zmienności	24	24	21	50	46	45	15	14	15	14	15	15	21	21	17	15	15	17

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Porównując przyrosty stężeń sodu (w wodach poprodukcyjnych w stosunku do wód zasilających stawy) w poszczególnych systemach gospodarowania, można stwierdzić, że ośrodki z recyrkulacją wody w bardziej znaczący sposób wpływają na jej jakość niż systemy przepływowe. W ośrodkach wielokrotnie wykorzystujących wodę przyrost stężenia sodu w odpływie wynosił średnio 0,47 mg/dm^3, natomiast w gospodarstwach z jednokrotnym jej wykorzystaniem wzrost stężenia był niższy i wynosił średnio 0,27 mg/dm^3.

Siarczany (SO_4^{2-}) dostają się do wód głównie w wyniku rozkładu minerałów i wraz z opadami oraz są produktami utleniania siarki i siarczków stanowiących produkty rozkładu białka organicznego (Koc i wsp. 2009). Zatem podwyższone stężenia siarczanów w wodach powierzchniowych są związane z działalnością człowieka. W wodach o dużej zawartości glinu stężenie siarczanów w wodzie może dochodzić do kilkuset mg/dm^3 (Choiński 1995).

Woda wykorzystywana do zasilania obiektów chowu pstrąga klasyfikowała się do I klasy jakości, a średnie stężenie obecnych w niej siarczanów kształtowało się na poziomie od 34,4 ± 16,1 mg/dm^3 (2-OOH) do 109,8 ± 40,7 mg/dm^3 (w ośrodku 3-RAS) (tab. 9.22). Mediana stężeń wynosiła od 35,1 mg/dm^3 (2-OOH) do 120,0 mg/dm^3 (3-RAS). W toni stawów gospodarstw 2-OOH, 2-RAS oraz 3-RAS stwierdzono wzrost koncentracji siarczanów i w odpływie z obiektów przyrost ich stężenia był wyższy o 8,4–34,8 mg/dm^3. W pozostałych ośrodkach obserwowano redukcję ich stężenia o 4,0–7,8 mg/dm^3. W przypadku wód odpływających z gospodarstwa 3-RAS obserwowano okresowy wzrost stężenia siarczanów do 180,8 mg/dm^3, co klasyfikowało te wody do II kasy jakości.

Tabela 9.22. Zawartość siarczanów w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	63,0	50,6	55,2	34,4	38,5	43,7	92,2	93,0	88,2	51,0	51,8	45,8	87,4	73,5	95,8	109,8	115,7	144,6
Minimalna	35,1	17,6	12,7	20,9	14,6	20,9	48,3	47,3	44,9	35,6	45,4	26,8	68,3	18,6	48,3	43,4	62,9	106,3
Maksymalna	91,7	84,3	82,9	66,5	109,1	92,1	118,5	140,9	124,8	97,5	56,5	58,5	107,7	112,1	151,1	145,6	143,1	180,8
Mediana	61,0	48,9	61,4	35,1	21,2	36,6	97,9	100,2	89,7	39,0	52,4	49,0	87,9	85,8	89,9	120,7	120,2	147,0
SD	22,5	28,8	26,8	16,1	34,3	24,2	27,3	36,3	32,6	24,1	3,7	11,3	16,3	35,9	37,1	40,7	29,6	31,9
Współczynnik zmienności	36	57	48	47	89	55	30	39	37	47	7	25	19	49	39	37	26	22

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Na podstawie analizy zmian zawartości siarczanów w wodach odpływających ze stawów w stosunku do wód je zasilających można stwierdzić, że w obiektach stosujących systemy przepływowe następowała redukcja stężenia siarczanów (średnio o 0,8 mg/dm^3), natomiast w ośrodkach z recyrkulacją wody obserwowano wzrost ich koncentracji (średnio o 12,6 mg/dm^3).

Chlorki znajdują się we wszystkich rodzajach wód występujących w przyrodzie. Do zasobów wodnych dostają się przede wszystkim wraz z opadem atmosferycznym, ale również produkcji rolnej, a także w wyniku odśnieżania i odmrażania dróg. Jeżeli stężenie anionów chlorkowych w mokrym opadzie atmosferycznym mieści się w zakresie 1–4 mg/dm^3, to odpowiada to stężeniu 6–12 mg/dm^3 w wodach powierzchniowych. Według badań Sapka (2008) chlorki dostają się do wód głównie z opadem atmosferycznym, a zanieczyszczenie antropogeniczne jest znikome. Chlorki nie ulegają przemianom w glebie i wodzie ani też nie są sorbowane przez

materiał glebowy i pozostają w pełni rozpuszczalne w wodach powierzchniowych. Jednak są łatwo pobierane przez rośliny i łatwo wymywane z gleby, także ze spływem powierzchniowym (Sapek 2008).

Zawartość chlorków w wodach zasilających obiekty chowu pstrąga lokowała je w I klasie jakości. Ich stężenie kształtowało się w przedziale od 6,7 ± 1,4 mg/dm^3 (1-RAS) do 21,3 ± 0,8 mg/dm^3 (2-RAS) (tab. 9.23). Wyższa koncentracja chlorków w wodach dopływających do gospodarstwa 2-RAS wynikała z położenia zlewni cieku zasilającego stawy w strefie oddziaływania morza. Zawartość chlorków w wodzie przed obiektami w ciągu całego okresu badawczego była względnie stabilna, a współczynnik zmienności kształtował się na poziomie 4–20%.

Tabela 9.23. Zawartość chlorków w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	11,8	11,7	11,7	8,0	8,4	9,0	21,3	21,0	20,7	6,7	6,0	5,8	12,5	11,0	10,3	13,8	14,7	12,8
Minimalna	9,0	9,0	9,0	7,0	8,0	8,0	20,0	19,0	19,0	5,0	5,0	5,0	10,0	9,0	8,0	11,0	11,0	11,0
Maksymalna	15,0	14,0	14,0	11,0	11,0	11,0	22,0	22,0	22,0	9,0	7,0	7,0	24,0	16,0	14,0	17,0	20,0	14,0
Mediana	12,0	11,5	11,0	8,0	8,0	8,0	21,5	21,5	21,0	6,5	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0	13,5	13,5	13,0
SD	2,6	1,8	2,0	1,4	1,1	1,4	0,8	1,3	1,0	1,4	0,6	0,8	5,6	2,7	2,1	2,3	3,3	1,0
Współczynnik zmienności	22	15	17	18	13	16	4	6	5	20	11	13	45	24	20	17	22	8

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

W wyniku wykorzystania wody na cele hodowlane w większości gospodarstw obserwowano obniżenie stężenia chlorków w wodach odpływających z gospodarstw. Zdecydowanie większą redukcję stwierdzono w ośrodkach stosujących recyrkulację wody, gdzie kształtowała się ona na poziomie 7–17%, co odpowiadało obniżeniu stężenia o 0,83–2,17 mg/dm^3. Natomiast w ośrodkach stosujących systemy przepływowe zmniejszenie koncentracji chlorków kształtowało się na poziomie 0,1 mg/dm^3 (1-OOH) i 0,6 mg/dm^3 (3-OOH), a w przypadku gospodarstwa 2-OOH stwierdzono nawet jego wzrost o ok. 1,0 mg/dm^3.

9.7. Metale ciężkie w wodach obiektów chowu pstrąga

Zawartość pierwiastków śladowych w wodach jest uwarunkowana wieloma czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Głównie zależy to od budowy geologicznej danej zlewni, geomorfologii terenu oraz warunków klimatycznych, które decydują o przebiegu procesów wietrzenia skał oraz uruchamianiu, migracji i akumulacji pierwiastków w środowisku.

Na obszarach nieuprzemysłowionych wysokie zawartości potencjalnie szkodliwych pierwiastków śladowych w osadach są przede wszystkim wynikiem różnorodnej działalności gospodarczej człowieka prowadzonej w zlewni, a przede wszystkim działalności rolniczej (Bojakowska i wsp. 2003; Cieszewski i wsp. 2003). Zanieczyszczenie wód metalami ciężkimi jest szczególnie niebezpieczne, gdyż nie ulegają one eliminacji w naturalnych procesach samooczyszczania się wód. Na skutek zachodzących reakcji wchodzą onew połączenia z organicznymi i nieorganicznymi związkami, mogą się kumulować, a następnie

w zwiększonych ilościach, poprzez biologiczny łańcuch pokarmowy, przedostawać się do organizmu ludzkiego, powodując jego zatrucie.

Zawartość kadmu i ołowiu w wodach wykorzystywanych do zasilania stawów hodowlanych była niska i w przypadku ołowiu wynosiła od 0,0050 ± 0,0 mg/dm^3 (1-OOH) do 0,0065 ± 0,0023 mg/dm^3 (3-RAS), natomiast średnie stężenie kadmu we wszystkich obiektach kształtowało się na jednakowym poziomie i wynosiło poniżej 0,001 mg/dm^3 (tab. 9.24, 9.25). Jedynie w przypadku ośrodka 2-OOH jednorazowo stwierdzono stężenie kadmu na poziomie 0,0013 mg/dm^3. Badania nie wykazały wpływu prowadzonej działalności na zawartość kadmu i ołowiu w wodach odpływowych.

Stężenie kadmu w wodach poprodukcyjnych było we wszystkich gospodarstwach na takim samym poziomie jak w wodach dopływających do obiektów, natomiast w przypadku ołowiu jego wzrost (o 0,001 mg/dm^3) stwierdzono jedynie w gospodarstwie 3-RAS. W pozostałych gospodarstwach jego zawartość w wodach poprodukcyjnych była na takim samym poziomie jak w wodach zasilających.

Tabela 9.24. Zawartość kadmu w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Minimalna	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Maksymalna	0,001	0,001	0,001	0,0013	0,0013	0,0013	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mediana	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
SD	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Współczynnik zmienności	0	0	0	11	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

Tabela 9.25. Zawartość ołowiu w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga (mg/dm^3)

Wartość parametru	Jednokrotne wykorzystanie wody									Wielokrotne wykorzystanie wody								
	1-OOH			2-OOH			3-OOH			1-RAS			2-RAS			3-RAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Średnia	0,0050	0,0050	0,0050	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0060	0,0060	0,0060	0,0053	0,0053	0,0053	0,0065	0,0065	0,0072
Minimalna	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Maksymalna	0,0050	0,0050	0,0050	0,0077	0,0077	0,0077	0,0073	0,0073	0,0073	0,0110	0,0110	0,0110	0,0065	0,0065	0,0065	0,0100	0,0100	0,0130
Mediana	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
SD	0	0	0	0,0010	0,0010	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0024	0,0024	0,0024	0,0006	0,0006	0,0006	0,0023	0,0023	0,0035
Współczynnik zmienności	0	0	0	19	19	19	17	17	17	41	41	41	12	12	12	35	35	49

Uwagi: 1 – woda przed obiektem; 2 – odpływ ze stawu; 3 – odpływ z obiektu.

9.8. Wnioski

1. Temperatura wody wykorzystywanej do zasilania stawów pstrągowych kształtowała się w zakresie 9,41–13,14°C, czyli optymalnym dla ryb łososiowatych, a jej maksymalna wartość w całym okresie prowadzonych badań nie przekroczyła 18,24°C.
2. Wody zasilające stawy hodowlane były bardzo dobrze natlenione, a zawartość w nich tlenu rozpuszczonego kształtowała się na poziomie 8,77–10,31 mg/dm^3, czyli nasycenie tlenem wynosiło 77,13––98,43% . W gospodarstwach stosujących przepływowe systemy gospodarowania wodą stwierdzono wzrost zawartości tlenu w wodach odpływowych o 0,21–1,04 mg/dm^3, natomiast w ośrodkach stosujących recyrkulację obserwowano jego redukcję na poziomie 0,26–1,91 mg/dm^3.
3. Stwierdzono wpływ stosowanej technologii gospodarowania wodą na wskaźniki BZT_5 oraz $ChZT_{Cr}$. W wodach poprodukcyjnych odpływających z gospodarstw stosujących systemy przepływowe stwierdzono nieznaczny wzrost wartości wskaźnika BZT_5 (średnio o ok. 0,39 mg/dm^3) oraz redukcję $ChZT_{Cr}$ (2,18 mg/dm^3), natomiast w gospodarstwach stosujących recyrkulację wzrost BZT_5 był bardziej znaczący (średnio 2,15 mg/dm^3), wzrosły również wartości $ChZT_{Cr}$ (2,90 mg/dm^3).
4. W wyniku intensywnego dokarmiana ryb, w celu intensywnego przyrostu ich masy ciała, stwierdzono wzrost koncentracji fosforu w wodach odpływających ze wszystkich gospodarstw. W ośrodkach stosujących recyrkulację w wodach odpływowych następował zdecydowanie większy wzrost stężenia $P–PO_4$ (średnio o 0,026 mg/dm^3) niż w gospodarstwach z systemami przepływowymi (0,014 mg/dm^3), natomiast w przypadku fosforu ogólnego znacznie większy średni wzrost koncentracji obserwowano w wodach odpływających z obiektów stosujących systemy przepływowe (0,026 mg/dm^3) niż recyrkulację wody (0,003 mg/dm^3).
5. Stwierdzono wyraźny wpływ technologii gospodarowania wodą na koncentrację azotu ogólnego w wodach poprodukcyjnych. W ośrodkach stosujących systemy przepływowe obserwowano redukcję zawartości azotu w wodach poprodukcyjnych w stosunku do wód zasilających obiekty (średnio o0,15 mg/dm^3), natomiast w gospodarstwach stosujących systemy recyrkulacyjne następował wzrost stężenia azotu (średnio o 1,16 mg/dm^3).
6. Okresowo obserwowano zbyt wysokie koncentracje fosforu w wodach zasilających gospodarstwo 2–RAS i 3-RAS, przekraczające normy, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe stanowiące środowisko życia ryb łososiowatych.
7. Produkcja pstrąga nie wpływała znacząco na wskaźniki zasolenia wód zarówno w gospodarstwach z jednokrotnym, jak i wielokrotnym wykorzystaniem wody. W wodach odprowadzanych z obiektów hodowlanych obserwowano znikomy wzrost zasolenia, a w przypadku HCO_3^- oraz Cl^- nawet jego redukcję.
8. Wody wykorzystywane do zasilania gospodarstw rybackich spełniały wymagania, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe stanowiące środowisko życia ryb łososiowatych. Jedynie okresowo w przypadku wskaźnika BZT_5 (w większości gospodarstw, oprócz 2-OOH) oraz $N–NH_4$ i fosforu (w gospodarstwach 2-RAS i 3-RAS) normy te zostały nieznacznie przekroczone.
9. Pogorszenie wskaźników jakości wód w wyniku wykorzystywania ich w chowie pstrągowym nie powodowało zmiany klasy ich jakości, jedynie w przypadku gospodarstwa 3-RAS w odniesieniu do wskaźników BZT_5, $N–NH_4$ i SO_4^{2-} stwierdzono obniżenie jej jakości z klasy I do II.

Stefan Dobosz, Józef Szarek, Janusz Zakrzewski

10. Praktyczna strona innowacji w technologiach chowu pstrąga

Obecnie w chowie pstrąga tęczowego wymagane jest stosowanie technologii, które nie tylko zapewniają produkt wysokiej jakości, spełniający wymagania konsumentów i zakładów przetwórczych, ale także pozwalają na zachowanie dobrostanu chowu tych ryb. Ważnym aspektem chowu pstrąga staje się również spełnienie coraz większych wymagań prawnych związanych z poborem i użytkowaniem wody na cele akwakultury. Aby zapewnić wymagane parametry, konieczne jest odpowiednie postępowanie hodowcy. Jest to szczególnie ważne w przypadku hodowli pstrąga tęczowego. Ryby te są bowiem bardzo wrażliwe na pogorszenie warunków środowiskowych czy wszelkiego rodzaju zmiany fizykochemiczne parametrów chowu.

Przepisy prawa, zarówno polskiego, jak i unijnego, nie precyzują zasad postępowania z rybami. Ryby są bowiem tak specyficzne, iż w odniesieniu do nich nie mają bezpośredniego zastosowania przepisy dotyczące innych gatunków zwierząt.

Pstrąg tęczowy jest gatunkiem należącym do ryb drapieżnych. Fakt ten wpływa na kształtowanie się hierarchii w stadzie hodowlanym, co skutkuje z kolei zróżnicowaniem w masie ciała ryb. W związku z tym w hodowli pstrąga tęczowego wymagane jest stosowanie manipulacji związanych z częstym sortowaniem i przenoszeniem ryb do innych basenów w obrębie gospodarstwa. Bardzo częstym działaniem jest także załadunek ryb do transportu w celu ich sprzedaży do dalszego chowu lub jako ryby konsumpcyjnej.

Omawiany gatunek jest bardzo wrażliwy zarówno na braki tlenowe, jak i na stres związany z manipulacjami mechanicznymi podczas odłowu w celu sortowania, ważenia i załadunku. Czynniki fizyczne wpływające na fizjologię ryb to przede wszystkim dostępność tlenu oraz temperatura. Stosowanie manipulacji, szczególnie związanych z odłowem, sortowaniem, ważeniem i załadunkiem ryb do transportu, wiąże się z pobytem ryb poza środowiskiem wodnym. Sytuacja ta może powodować zmiany temperatury ich ciała czy obniżenie zdolności pobierania tlenu do poziomu niebezpiecznego dla ich życia. Przebywanie ryb poza środowiskiem wodnym (z powodu braku dostatecznej ilości tlenu w tkankach) wpływa na szereg przemian beztlenowych, tworzenie się kwasu mlekowego, co powoduje zakwaszenie mięśni i spadek jakości ich tkanki mięśniowej. Także przedłużające się działanie stresu powoduje wydzielanie kortyzolu, tzw. hormonu stresu, którego przemiany wpływają m.in. na pogorszenie jakości tuszki ryby.

Aby w trakcie chowu pstrąga tęczowego zapewnić właściwe warunki związane z prowadzonymi manipulacjami oraz uzyskać surowiec wysokiej jakości, przy jednoczesnym zachowaniu dobrostanu, wymagane są nowoczesne metody organizacji produkcji i zarządzania. W tym celu do chowu i hodowli pstrąga

tęczowego zaadoptowano tzw. śrubę Archimedesa. Jest to jeden z wynalazków przypisywanych Archimedesowi, który powstał w celu podnoszenia wody do nawadniania.

Innowacyjność zastosowania tego urządzenia w hodowli pstrąga tęczowego polega na tym, iż wykorzystywane jest ono do przerzucania wody wraz z rybami pomiędzy basenami i stawami, a także do załadunku na wysokość nawet do 4 m. Jest to pompa wodna śrubowa, w której transport cieczy wymuszany jest obrotami ślimakowej śruby. W zależności od średnicy rury możliwość przenoszenia ryb wraz z wodą jest możliwa już od 5 g do 2,5 kg średniej masy ich ciała (fot. 10.1).

Transport zagęszczonych ryb wraz z wodą nie powoduje uszkodzenia ryb i jednocześnie nie są one wyciągane z ich naturalnego, wodnego środowiska. Zapewnia to dostateczne zapotrzebowanie na tlen oraz ograniczenie stresu. Opracowano również możliwość mechanicznego sortowania ryb. Sortownica mechaniczna pozwala na sortowanie ryb na dwie lub trzy grupy wagowe w zakresie 10–600 g. Podczas sortowania ryby są spryskiwane wodą, której ilość regulowana jest za pomocą specjalnych zaworów (fot. 10.2). Ryby z poszczególnych sortów, przy pomocy specjalnych rur, są transportowane do odpowiednich stawów (basenów). Wydajność sortownicy zależy od sposobu podawania ryb, a przy zastosowaniu śruby Archimedesa może osiągnąć do 1000 kg/h (fot. 10.3).

Z pierwszych obserwacji autorzy projektu wnioskują, iż aby spełniać obecne wymogi dobrostanu hodowanych ryb i zapewnić produkcję wysokiej jakości pstrągów tęczowych, na wyposażeniu każdego gospodarstwa, niezależnie od typu chowu (OOH czy RAS), powinna być pompa wodna – śruba Archimedesa.

W trakcie realizowania projektu po raz pierwszy do oceny poszczególnych gospodarstw rybackich i technologii produkcji pstrąga w sposób praktyczny zastosowano skalę SGZ (skala Guziura–Zakrzewskiego), która w sposób kompleksowy pozwala ocenić efektywność produkcji. Wykorzystując dane zebrane w trakcie projektu, w ocenie poszczególnych gospodarstw uwzględniono następujące parametry: produkcyjny (wydajność tuszki ryby); technologiczne (określające wartość odżywczą surowca – zawartość białka i tłuszczu ogółem); stosunek kwasów tłuszczowych ω-3 do ω-6 oraz parametry organoleptyczne wynikające z testu konsumenta (subiektywna ocena ogólna i średnia ocena wyliczona z zastosowaniem odpowiedniej wagi z poszczególnych wyróżników). Wymienione parametry wykorzystano do stworzenia tabeli, stanowiącej podstawę dokonywanej oceny produkcji pstrąga tęczowego. Parametry te wykazały zależność od technologii chowu ryb. W ocenie pominięto te cechy, które były jednakowe dla wszystkich badanych gospodarstw (np. zawartość wody, popiołu czy zanieczyszczeń metalami ciężkimi). Uwzględniając różne znaczenie wybranych parametrów, użyto odpowiednich wag, które mają wpływ na końcową ocenę efektywności produkcji.

Dzięki poczynionym obserwacjom sformułowano kilka spostrzeżeń. Proponowana skala SGZ powinna być wydatną pomocą dla producentów ryb, ułatwiającą dobranie optymalnej technologii hodowli, tzn. otrzymywania maksymalnej wydajności produkcji przy zachowaniu wysokiej jakości surowca rybnego. Praktyka powinna zdecydować, jakie wyróżniki i w jakim zakresie zostaną zastosowane. Wraz ze zmianą upodobań konsumentów mogą ulegać zmianie ustalone już wcześniej założenia. Zaproponowany model skali przydatny będzie w analizie wskaźników ekonomiczno-marketingowych i efektywności ekonomicznej produkcji oraz jako znaczący element biznesplanu w przygotowywaniu inwestycji rybackich. Z proponowanej metody korzystać mogą również instytucje państwowe i pozarządowe w celach kontrolnych lub statystycznych.

Na uwagę zasługuje też informacja pozyskana dzięki badaniom morfologicznym. Wykazano, że metody te są wysoce czułe, dzięki czemu stanowią doskonałe narzędzie w ocenie stanu kondycyjnego i zdrowotnego pstrąga tęczowego. Hodowca, mając wiedzę zaprezentowaną w publikacji, na poziomie morfologicznych badań makroskopowych jest w stanie ocenić stopień stłuszczenia wątroby i w odpowiednim momencie wprowadzić korektę żywienia pstrągów.

Ponadto ocena patomorfologiczna pozwala ustalić lokalizację strukturalnych odstępstw od normy i określić stopień ich intensywności, dostarczając bazę danych, na podstawie których możliwe jest określenie poziomu zmian o charakterze adaptacyjnym i uszkadzającym. Odczytanie tych zmian pozwala na wyciągnięcie wniosków zarówno w stosunku do stanu samej ryby, jak i środowiska, w którym ona bytuje. Obraz wyłaniający się z prezentowanych badań pozwala postawić twierdzenie, że newralgicznym punktem w chowie pstrągów jest zapewnienie im dobrych warunków w zakresie oddychania komórkowego, czyli właściwej temperatury wody i nasycenia wody tlenem. Stąd też koniecznym jest wykonywanie częstych pomiarów parametrów fizykochemicznych wody (zawartości tlenu, np. za pomocą tlenomierzy, czy wartości pH).

Przeprowadzone badania morfologiczne pozwalają stwierdzić, że obserwowane zmiany, będąc charakterystycznymi dla typu technologii chowu pod względem stopnia intensywności i rozległości, dostarczają nowej wiedzy na temat możliwości ingerencji w chów pstrąga tęczowego, zarówno z punktu widzenia hodowcy, jak i lekarza weterynarii.

Piśmiennictwo

Avnimelech Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture system. Aquaculture, 176: 227–235.

Bancroft J.D., Cook H.C. 2000. Manual of histological techniques and their diagnostic application. Churchill Livingstone, Edinburgh.

Bardócz T., Váradi L. 2009. Ramy prawne i zarządzanie w słodkowodnej akwakulturze Europejskiej. SustainAqua – Zintegrowane podejście do zrównoważonej i zdrowej akwakultury słodkowodnej. SustainAqua: 17–24.

Bartel R. 1988. Trouts in Poland. Pol. Archiw. Hydrobiol., 35: 321–339.

Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. 2009. Sensoryczne badania żywności. Wyd. Naukowe PTTŻ, Warszawa.

Bieniarz K., Kownacki A., Epler P. 2003. Biologia stawów rybnych, część I. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 98.

Bojakowska I., Gliwicz T. 2003. Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2000––2002, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 120.

Bonisławska M., Szaniewska D., Szmukała M., Pender R. 2011. Wpływ działalności ośrodka zarybieniowego na jakość wody dolnego odcinka rzeki Wiśniówka w latach 2005-009. Woda–Środowiska–Obszary Wiejskie, 11, 2(34): 19–32.

Bontemps S. 2008. Analiza produkcji i sprzedaży pstrągów tęczowych w 2007 r. Komunikaty Rybackie, 4: 25–36.

Bykowski P. 2005. Czy powinniśmy jeść ryby – kilka uwag na tle antypropagandy konsumpcji ryb. Pstrągarstwo polskie przeszłość i nowe problemy. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 57–62.

Chełmicki W. 2001. Woda, zasoby, degradacja, ochrona. Wyd. PWN, Warszawa: 305.

Chojnacki J. C. 1998. Podstawy ekologii wód. Wyd. AR w Szczecinie, Szczecin: 177.

Ciereszko A., Ocalewicz K. 2007. Modern methods for rainbow trout production. A time for trout. Focus on fish Breeding. Academia, 1(13): 20–23.

Cieszewski D., Malik I. 2003. Zapis XX-wiecznej historii zanieczyszczenia rzeki Małej Panwi metalami ciężkimi w jej osadach, Przegl. Geol., 51(20): 142–147.

Degefu F., Mengistu S., Schagerl M. 2011. Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, Ethiopia. Aquaculture, 316: 129–135.

Dobosz S., Guziur J., Skibniewska K.A., Wiśniewska A., Szarek J., Zakrzewski J. 2012. Some indexes of conditio of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) from two main production technologies in Poland. Sbornik abstraktu XIII Česká Ichtyologická Konference – Vědecká Konference s mezinárodni účasti, 24–26. 09. 2012. Červená nad Vltavou. K. Soukalová. Tribun EU, s.r.o., Brno.

Dojlido J.R. 1995. Chemia wód powierzchniowych. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok: 342.

Galeotti M. 1998. Some aspects of application of immunostimulants and critical review of methods for their evaluation. J. App. Ichthyol., 14: 189–199.

Gawęcki J., Baryłko-Pikielna N. 2007. Zmysły a jakość żywności i żywienia. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań.

Goryczko K. 2008. Pstrągi chów i hodowla. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 1–180.

Goryczko K. 1999. Pstrągi, chów i hodowla. Poradnik hodowcy. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 139.

Goryczko K., Sobociński Z., Teleżyński A. 2003. Evaluation of trout farms impact upon river water quality in Northern Poland. Niektóre zagadnienia rybactwa polskiego. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 27–32.

Guziur J., Dobosz S., Goryczko K., Szarek J., Skibniewska K.A., Wiśniewska A., Zakrzewski J. 2012. Rearing parameters in market rainbow trout produced by extensive technology and with water recirculation system in Poland. Procceedings of the Annual Meeting of the European Aquaculture Society and the World Aquaculture Society, Prague, Czech Republic, 01–05. 09. 2012.

Guziur J., Zakrzewski J., Skibniewska K.A., Szarek J. 2012. Wieloczynnikowa ocena gospodarstwa i produkcji karpia towarowego z zastosowaniem Skali Guziura. W: Andrzejewski W., Lirski A., Ferlin M. Szkolenie producentów ryb. Materiały szkoleniowe. Polskie Towarzystwo Rybackie, Poznań: 107–114.

Hermanowicz W., Dojlida J., Dorzańska W., Kosiorowski B., Zerbe J. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Wyd. Arkady, Warszawa.

http://www.mieso.xcq.pl/soczystosc.html - definicja soczystości.

Ingram G.A. 1980. Substances involved in the natural resistance of fish to infection. J. Fish Biol., 16: 23–60.

Jawecki B. 2008. Dobowe ekstrema tlenowe w stawie rybnym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 528: 373–379.

Jawecki B., Krzemińska A. 2008. Wpływ temperatury wody na natlenienie strefy eutroficznej stawu karpiowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 528: 381–387.

Jeney G., Anderson D.P. 1993. Enhanced immune response and protection in rainbow trout to *Aeromonas salmonicida* bacterin following prior immersion in immunostimulants. Fish & Shellfish Immunol., 3: 51–58.

Kajak Z. 2001. Hydrobiologia. Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Wyd. PWN, Warszawa: 360.

Kalal L. 1972. Linearni znaky u pstruha duhoveho – *Salmo gairdnerii* Richardson, 1836. Sb. VŠZ, Praha, B: 202–226.

Karakassis I. 2001. Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms. In: Procceedings of the seminar of the CIHEAM network on technology of aquaculture in the Mediterranean (TECAM), jointly organized by CIHEAM and FAO, Zaragoza (Spain), 17–21 January 2000; Cahiers Options Mediterraneennes (France): 15–22.

Kazuń K., Siwicki A.K. 2001. Propiscin – a safe New anesthetic for fish. Arch. Pol. Fish., 9(2): 183–190.

Koc J., Sidoruk M. 2006. Effect of land use in the catchment on the load of mineral nitrogen supplied into lakes with surface waters, Zesz. Prob. Post. Nauk., 513: 209–216.

Koc J., Sidoruk M., Rochwerger A. 2009. Calcium ion migration in agricultural and afforested lake catchments. Ecol. Chem. Eng., 3: 201–212.

Koc J., Szymczyk S. 2003. Wpływ intensyfikacji rolnictwa na odpływ fosforu do wód powierzchniowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 494: 191–197.

Kolasa-Jamińska B. 2004. Jakość wody spuszczanej ze stawów, a termin odłowu ryb. Komunikaty Rybackie, 5: 10–12.

Kolanek A., Kowalski T. 2002. Wpływ procesów biochemicznych i substancji humusowych na stężenie związków wapnia i magnezu w wodach. Ochr. Środ., 1(84): 9–12.

Kolman R. 2005. Przeszłość i przyszłość ryb jesiotrowatych. Systematyka ryb jesiotrowatych. W: Jesiotry. Monografie Gatunków Ryb. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 5–47.

Kolman H., Terech-Majewska E., Kolman R., Szarek J., Świątecki A. 2003. The ingestion of *Aeromonas salmonicida* subsp. *Salmonicida* by fish blood phagocytes in vitro under influence of herbicides. Sc. Pol. Acta Pisc., 2(1): 123–130.

Korzekwa K., Zmysłowska I., Szarek J. 2009. Molecular profile of *Aeromonas* and *Pseudomonas* isolated from skin mucus and digestive tract of trout (*Oncorhynchus Mykiss*) in aquaculture. J. Comp. Pathol., 141(4): 313.

Kroon A.M., Van den Bogert C. 1983. Antibacterial drugs and their interference with the biogenesis of mitochondria in animal and human cells. Pharm. Weekbl, 5: 81–85.

Krysiński D. 2008. Produkcja organiczna pstrąga tęczowego. XXXIII Krajowa Konferencja Szkolenie dla Hodowców Ryb Łososiowatych. Jastrzębia Góra: 143–148.

Lampert W., Sommer U. 1996. Ekologia wód śródlądowych. Wyd. PWN, Warszawa: 48–64.

Lewis F.R., Knight D.R. 1977. Staining methods for sectioned material. North Holland Publications Co., Amsterdam: 134–186.

Lewkowicz S., Kolasa-Jamińska B., Kuczyński M., Pilarczyk M. 2003. Seasonal changes in the degree of phosphorus elimination from municipal sewage from Bielsko-Biała municipality used for fishpond fertilization. Acta Sci. Pol. Piscaria, 2(1): 169–182.

Łysak A., Polak S., Strutyński J., Ligaszewski M., Miernik W., Łojek J. 1995. Rola stawów rybnych w eliminacji zanieczyszczeń wód. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Zootechnika XL, 271: 201–226.

Macioszczyk A., Dobrzyński D. 2002. Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wyd. PWN, Warszawa: 448,

Madeyski M. 2001. Wpływ stawów rybnych na wybrane elementy środowiska przyrodniczego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 382, Inżynieria Środowiska, 21: 139–144.

Makuch A., Mędrzycka K., Płaza E. 2009. Możliwości zastosowania procesu anammox do usuwania azotu amonowego ze ścieków zawierających sulfonamidy. Chemik, 6S: 197–198.

Małaczewska J., Wójcik M., Wójcik R., Siwicki A.K. 2010. The *in vitro* effect of bosine lactoferin on the activity of organ leukocytem in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), European eel (*Anguilla anguilla*) and wels catfish (*Silurus glanis*). Pol. J. Vet. Sci., 13(1): 83–88.

Molony B.W., Lawrence C., Maguire G.B. 1999. Farming trout. Aquaculture WA, (3): 8.

Nelson J.S. 2006. Fishes of the world, 4th edition. John Willey & Sons.

Needham P.R., Gard R. 1959. Rainbow trout in Mexico and California with notes on the cutthroat series. Univ. Calif. Publ. Zool., 67: 1–124.

Ntengwe F. W., Edema M. O. 2008. Physico-chemical and microbiological characteristics of water for fish production using small ponds. Phys. Chem. Earth, 33: 701–707.

Orlik T., Obroślak R. 2005. Analiza jakości wód w stawie rybnym w zlewni rzeki Giełczwi. Acta Agrophys., 5(3): 705–710.

Parry R.M., Chandau R.C., Shahani R.M. 1965. A rapid and sensitive assay of muramidase. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 119: 384–386.

Pearse E.A.G. 1968. Histochemistry. Theoretical and applied. Vol. 1, J. and A. Churchill Ltd., London.

Piedrahita R.H. 2003. Reducing the potential environmental impacts of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. Aquaculture, 226: 35–44.

Prądzyńska D. 2004. Próba oceny oddziaływania stawów hodowlanych na środowisko przyrodnicze (na przykładzie gminy Malechowo). Studia Ekologiczno-Krajobrazowe w Prognozowaniu Rozwoju Zrównoważonego. Problemy Ekologii Krajobrazu, XIII: 221–226.

Prost, M. 2004. Centra melano-makrofagowe w tkankach ryb. Med. Weter., 60(10): 1027–1029.

Prost M., Sopińska A., Guz L. 1995. Aktywność procesów obronnych ryb jako wskaźnik skażenia środowiska wodnego. Med. Weter., 51(5): 275–279.

Raczyńska M., Machula S. 2006. Oddziaływanie stawów karpiowych na jakość wód rzeki Kąpiel (Pomorze Zachodnie), Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Nr 4/2/2006, PAN, Oddział w Krakowie: 141–149.

Řehulka J., Marejková M., Petráš P. 2012. Edwardsiellosis in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquacult. Res., 43: 1628–1634.

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 710/2009 z dnia 5 sierpnia 2009 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 889/2008 ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w odniesieniu do ustanawiania szczegółowych zasad dotyczących ekologicznej produkcji zwierzęcej w sektorze akwakultury i ekologicznej produkcji wodorostów morskich. Dz.Urz. L 204, 06/08/2009 P. 0015– 0034.

Sakai M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. Aquaculture, 172: 63–92.

Sapek A. 2008. Chlorki w wodzie na obszarach wiejskich. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach. Zakład Chemii Gleby i Wody, 8, 1(22): 263–281.

Schramm M., Mueller E., Triebskorn R. 1998. Brown trout (*Salma trutta* f. *fario*) liver ultrastructure as a biomarker for assessment of small stream pollution. Biomarkers, 3(2): 93–108.

Schwaiger J., Wanke R., Adam S., Pawert M., Honnen W., Triebskorn R. 1997. The use of histopathological indicators to evaluate contaminant-related stress in fish. J. Aquatic Ecos. Stress Rec., 6: 75–86.

Seremak-Bulge J. 2008. Rynek i spożycie ryb w latach 2007 i perspektywy jego rozwoju. XXXIII Krajowa Konferencja Szkolenie dla Hodowców Ryb Łososiowatych. Jastrzębia Góra: 33–42.

Sidoruk M., Skwierawski A. 2006. Effect of land use on the calcium, sodium, potassium and magnesium contents in water flowing into the Bukwałd lake. Ecological Chemistry and Engineering, S1, 13, 337–343.

Sierosławska A., Kowalski C.J., Siwicki A.K., Terech-Majewska E., Rymuszka A. 2007. The *in vitro* influence of norfloxacin nicotinate on the selected immune cell functions in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Cent. Eur. J. Immun., 32(2): 92–96.

Sikora J., Janczukowicz W., Krzemieniewski M. 2009. Zmiany właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych pochodzących ze stawów do chowu pstrąga w wyniku zastosowania odczynnika fentona. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 537: 227–235.

Siwicki A.K. 1991. Stymulowanie odporności nieswoistej w chowie i hodowli ryb. Wyd. IRŚ, Olsztyn.

Siwicki A.K., Anderson D.P. 1993. Fish disease diagnosis and prevention methods. FAO-Project GCP/INT/IPN, Wyd. IRŚ, Olsztyn: 90–112.

Siwicki A.K., Dobosz S., Goryczko K., Kuźmiński H., Kohlmann K., Trapkowska S., Kazuń B. 2003. Cell-mediated immunity in yellow forms of rainbow trout. Pol. J. Vet. Sci., 6(3): 49–50.

Siwicki A.K., Klein P., Studnicka M., Terech-Majewska E., Kazuń K., Głombski E. 2000. Restoration of immunity after suppression induced by xenobiotics in fish: *in vitro* and *in vivo* studies. Mar. Environ. Res., 50: 468–469.

Siwicki A.K., Robak S. 2011. The innate immunity of European eel (*Anguilla Anguilla*) growing in natural conditions and intensiva system of Reading. Cent. Eur. J. Immun., 36(3): 130–134.

Siwicki A.K., Studnicka M. 1986. Ceruloplasmine activity in carp (*Cyprinus carpio* L.). Bamidgeh , 38: 126–129.

Siwicki A.K., Studnicka M., Morand M., Pozet F. 1999. Zastosowanie badań immunologicznych w biologicznym monitorowaniu środowiska wodnego. W: Siwicki A.K., red. Wpływ ksenobiotyków na organizm zwierząt i człowieka. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 93–102.

Siwicki A., Szarek J., Kazuń B., Głąbski E., Małaczewska J., Terech-Majewska E. 2009a. Pathogenesis of rainbow trout fry syndrome (RTFS). J. Comp. Pathol., 141(4): 269.

Siwicki A.K., Terech-Majewska E., Grudniewska J., Małaczewska J., Kazuń K., Lepa A. 2010. Influence of Deltamethrin on nonspecific cellular and humoral defense mechanisms in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Environ. Toxicol. Chem., 29(3): 489–491.

Siwicki A., Terech-Majewska E., Kazuń K., Głąbski E., Wójcik R. 2009b. Influence of antibiotics on immunocompetence and vaccine effectiveness in rainbow trout. W.: Babińska I., Szarek J., Gesek M. Pathology today. Wyd. ElSet, Olsztyn: 198.

Skibniewska K.A., Guziur J., Marzec Z., Zaręba S., Grzybowski M., Szarek J. 2008a. Lead and cadmium content in meat tissue of fish from water ecosystems in the vicinity of pesticide tomb. Oceanological and Hydrobiological Studies, 37(3): 79–86.

Skibniewska K., Siemianowska E., Zakrzewski J., Szarek J., Wojtkowiak K., Warechowska M., Polak-Juszczak M., Dobosz S., Guziur J. 2011. Heavy metals content in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, 1972) in Poland. Aquaculture Europe 2011 – The Annual Meeting of the European Aquaculture Society, 18–21.10.2011, Rhodes, Greece: 1020–1021.

Skibniewska K.A., Zakrzewski J., Guziur J., Szarek J. 2008b. Active source of chloroorganic insecticides pollution and its residues in fish. In Radovan Kopp, Proceedings of the International Conference held in Brno 3. and 4. 12.2008, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno.

Skibniewska K.A., Zakrzewski J., Szarek J., Guziur J., Dobosz S. 2012. Organoleptic characteristic of Polish rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) from two breeding technologies. The Annual Meeting of the European Aquaculture Society and the World Aquaculture Society, 01–05.09.2012, Prague, Czech Republic: 1039.

SSA. Seafood Human Evolution and Good Health. Interview with Professor Michael Crawford. http://www.seafood.net.au/printerfriendly/?pid=1003&nid=403#4 [dostęp: 15.08.2012].

Stańczykowska-Piotrowska A. 1997. Ekologia naszych wód. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.

Stosik M., Deptuła W. 1990. Mechanizmy odporności swoistej i nieswoistej u ryb. Post. Mikrobiol., 29: 91–101.

Stosik M., Deptuła W., 1993. Narządy limfoidalne ryb. Med. Weter., 49(1): 22–23.

Studnicka M., Siwicki A.K., Morand M., Rymuszka A., Bownik A., Terech-Majewska E. 2000. Modulation of nonspecific defense mechanisms and specific immune responses after suppression induced by xenobiotics. J. Appl. Ichthyol., 16: 1–7.

Szarek J., Babińska I., Skibniewska K.A., Guziur J., Zakrzewski J., Dobosz S., Siwicki K.A., Strzyżewska E., Terech-Majewska E., Wiśniewska A. 2012a. Macroscopic evaluation of the state of health of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* WALBAUM, 1792) from two breeding technologies in Poland. The Annual Meeting of the European Aquaculture Society and the World Aquaculture Society, , 01–05.09.2012, Prague, Czech Republic: 1078.

Szarek J., Goryczko K., Skibniewska K., Guziur J., Koc J., Dobosz S., Siwicki A.K., Sidoruk M., Babińska I., Terech-Majewska E., Zakrzewski J. 2011a. Wstępne wyniki badań nad jakością pstrąga tęczowego z polskiej technologii chowu. W: Kowalski R., Materiały Szkoleniowe. XXXVI Krajowa Konferencja – Szkolenie dla Hodowców Ryb Łososiowatych. Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiowatych, 06–07.10.2011, Jastrzębia Góra: 87–99.

Szarek J., Piekut A., Kalinowska Z. 1985. Histochemical studies on the liver. Acta Vet. Hung., 33(1–2): 25–32.

Szarek J., Siwicki A.K. 1999. Ultrastruktura komórki jako biomarker w ocenie wpływu ksenobiotyków. W: Wpływ ksenobiotyków na organizm zwierząt i człowieka. Wyd. IRŚ, Olsztyn: 85–91.

Szarek J., Siwicki K.A., Babińska I., Skibniewska K.A., Dobosz S., Goryczko K., Guziur J., Szynaka B., Strzyżewska E., Wojtacka J., Terech-Majewska E., Zakrzewski J., Wiśniewska A., Szweda M. 2013. Does the type of technology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) breeding influence morphological pattern of the internal organs and immunity in this fish. Journal of Comparative Pathology, 148(1): 92.

Szarek J., Siwicki A.K., Skibniewska K., Babińska I., Dobosz S., Goryczko K., Guziur J., Szynaka B., Andrzejewska A., Terech-Majewska E., Szweda M. 2011b. Influence of technology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) breeding on innate immunity and pathomorphological pattern of the liver. Aquaculture Europe 2011 – The Annual Meeting of the European Aquaculture Society, 18–21.10. 2011, Rhodes, Greece: 1050–1051.

Szarek J., Szynaka B., Babińska I., Andrzejewska A., Skibniewska K., Guziur J., Strzyżewska E., Dobosz S., Siwicki K., Szweda M., Zakrzewski J. 2012b. Zmiany ultrastrukturalne hepatocytów w chowie pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*) w systemie recyrkulacji wody. XIV Kongres Polskiego Towarzystwa Nauk Weterynaryjnych. Nauka praktyce, 13–15.09.2012, Wrocław: 705.

Szarek J., Skibniewska K., Babińska I., Dobosz S., Szynaka B., Andrzejewska A. 2011c. Technology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) breeding and pathomorphological pattern of the liver. Diseases of fish and shellfish. 15th International Conference on Diseases of Fish and Shellfish, 12–16.09.2011, Split, Croatia: 455.

Szarek J., Skibniewska K.A., Guziur J. 2008. Technologia produkcji rybackiej a jakość karpia. Wpływ rodzaju technologii produkcji rybackiej i jakości środowiska wodnego na wybrane wskaźniki hodowlane i patomorfologiczne karpia konsumpcyjnego (*Cyprinus carpio* L.). Wyd. ElSet, Olsztyn: 1–106.

Szczerbowski J.A. 2001. Unia Europejska – zagrożeniem czy szansą rozwoju polskiego rybactwa? Materiały V Konferencji Hodowców Karpia, Poznań: 131–139.

Szewczyk E. 2006. Diagnostyka bakteriologiczna. Wyd. PWN, Warszawa.

Szweda M., Babińska I., Szarek J., Skibniewska K., Andrzejewska A., Szynaka B., Kowalski I., 2011. Veterinary medicine and biomarkers in the assessment of the environmental pollution with hazardous waste. W: Skibniewska K.A., Contemporary Problems of Management and Environmental Protection "Some aspects of Environmental impact of waste dumps", (9): 131–142.

Terech-Majewska E. 1999. Modulowanie mechanizmów obronnych u ryb po immunosupresji spowodowanej czynnikami skażenia środowiska, Rozprawa doktorska. AR-T Olsztyn: 29.

Triebskorn R., Casper H., Scheil V., Schwaiger J. 2007. Ultrastructural effects of pharmaceuticals (carbamazepine, clofibric acid, metoprolol, diclofenac) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*), Anal. Bioanal. Chem., 387: 1405–1416.

Tucholski S. 1994. Chów ryb w stawach zasilanych biologicznie oczyszczonymi ściekami, Wyd. IRŚ, Olsztyn: 20.

Tucker C.S., Lloyd S.W., Busch R.L. 1984. Relationships between phytoplankton periodicity and the concentrations of total and unionized ammonia in channel catfish ponds. Hydrobiol., 111, 75–79.

Ustawa z dnia 25 czerwca 2009 r. o rolnictwie ekologicznym. Dz.U. z 2009 r., nr 116, poz. 975.

Wademeyer G.A. 1996. Physiology of fish intensive culture systems. Chapman and Hall, New York, s. 232.

Wester P.W., Van der Ven L.T.M., Vethaak A.D., Grinwis G.C.M., Vos J.G. 2002. Aquatic toxicology: opportunities for enhancement through histopathology. Environ. Toxicol. Pharmacol., 11: 289–295.

Wróbel S., Żeglin M. 1990. Ługowanie wapnia i magnezu a degradacja gleb i wód. Materiały seminaryjne.

Zając K., Pielech R. 2004. Stawy rybne w Sudetach. Walory przyrodnicze i problemy ochrony. Problemy ochrony przyrody w zagospodarowaniu przestrzennym Sudetów, Jelenia Góra: 119–136.

Zakrzewski J., Goryczko K., Skibniewska K., Dobosz S., Szarek J., Guziur J. 2011. Ocena organoleptyczna pstrąga tęczowego z chowu na wodach recyrkulowanych. W: Kowalski R. Materiały Szkoleniowe. XXXVI Krajowa Konferencja – Szkolenie dla Hodowców Ryb Łososiowatych. Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiowatych, 06–07.10.2011, Jastrzębia Góra: 100–104.

Zmysłowska I., Korzekwa K., Szarek J. 2009. *Aeromonas Hydrophila* in fish aquaculture. J. Comp. Pathol., 141(4): 313.

Żelazny J. 2007. Wpływ warunków hodowli na bezpieczeństwo zdrowotne ryb przeznaczonych do konsumpcji. W: Żelazny J. Ochrona zdrowia w gospodarce rybackiej. PIWet – PIB, Puławy: 73–81.

FOTOGRAFIE

Fot. 1.1. Doktor Władysław Kołder (1905–1976), ur. w Zabłociu na Śląsku Cieszyńskim (Zaolziu), absolwent UJ Kraków (1928), w okresie międzywojennym jeden z prekursorów nowoczesnej hodowli pstrąga tęczowego w Polsce, wieloletni inspektor rybacki w Izbach Rolniczych w Katowicach, Kielcach i Krakowie, do emerytury pracownik naukowy Zakładu Biologii Wód AN w Krakowie. Autor ponad 80 prac, w tym pierwszej polskiej monografii (1948) o hodowli i chowie pstrągów w stawach /

Phot. 1.1. Doctor Władysław Kołder (1905–1976), born in Zabłocie in Cieszyn Silesia (Zaolzie), a graduate of the Jagiellonian University Krakow (1928), in the period between one of the pioneers of modern rainbow trout farming in Poland, for many years the fishing inspector in Agricultural Chambers in Katowice, Kielce and Krakow, to retirement employee of the Department of Water Biology Science AN in Krakow. Author of more than 80 papers, including the first Polish monograph (1948) about the breeding and rearing of trout in the ponds

Fot. 1.2. Ośrodek Zarybieniowy PZW w Łopusznej nad Dunajcem (lata 60. XX w.) / Phot. 1.2. PZW stocking center in Łopuszna over Dunajec (1960's)

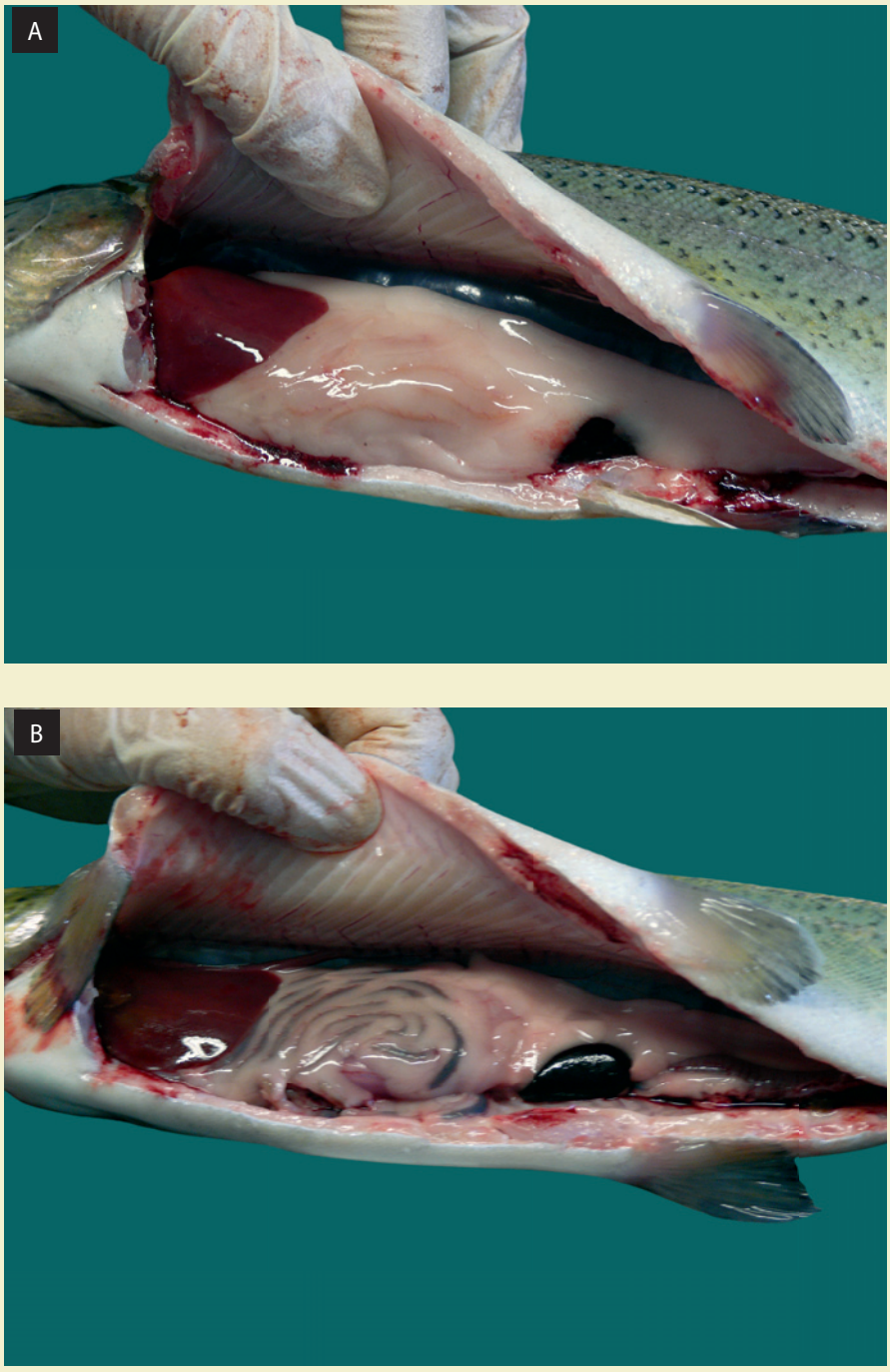
Fot. 1.3. Bernard Gliszczyński (1919–1979) – prekursor hodowli pstrągów na Pomorzu (lata 60. XX w.) / Phot. 1.3. Bernard Gliszczyński (1919–1979) – the precursor of trout culture in Pomerania (1960's)

Fot. 1.4. Terenowa Pracownia Rzeczna IRS w Gdańsku Oliwie (lata 70. XX w.) / Phot. 1.4. IRS Wheeling River Laboratory in Gdańsk Oliva (1970's)

Fot. 1.5. Magister inż. Mieczysław Kowalewski (†1943) – znany praktyk i wieloletni kierownik ośrodka pstrągowego PZW w Łopusznej i Czarnym Dunajcu / Phot. 1.5. Mieczysław Kowalewski, MSc. (†1943) – known practitioner and long-term head of the Trout Centre for PZW in Łopuszna and Czarny Dunajec

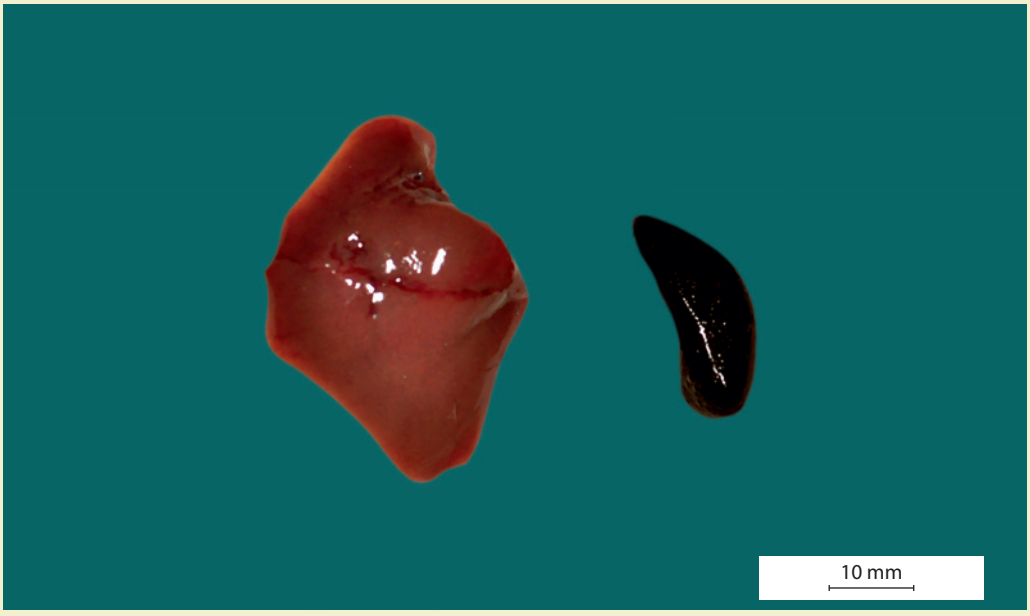
Fot. 1.6. Marek Piszczała (pierwszy z lewej) razem z prof. Januszem Guziurem na tle obiektu wylęgarniczo-podchowowego z 1881 r. w Złotym Potoku / Phot. 1.6. Marek Piszczała (first on the left side) together with prof. Janusz Guziur, in the background of hatchery and rearing facility from 1881 in Złoty Potok

Fot. 1.7. Profesor dr hab. inż. Krzysztof Goryczko (wykład na inauguracji roku akademickiego 2006/2007 na UWM w Olsztynie) / Phot. 1.7. Prof. Dr. eng. Krzysztof Goryczko (lecture at the inauguration of the academic year 2006/2007 at UWM in Olsztyn)



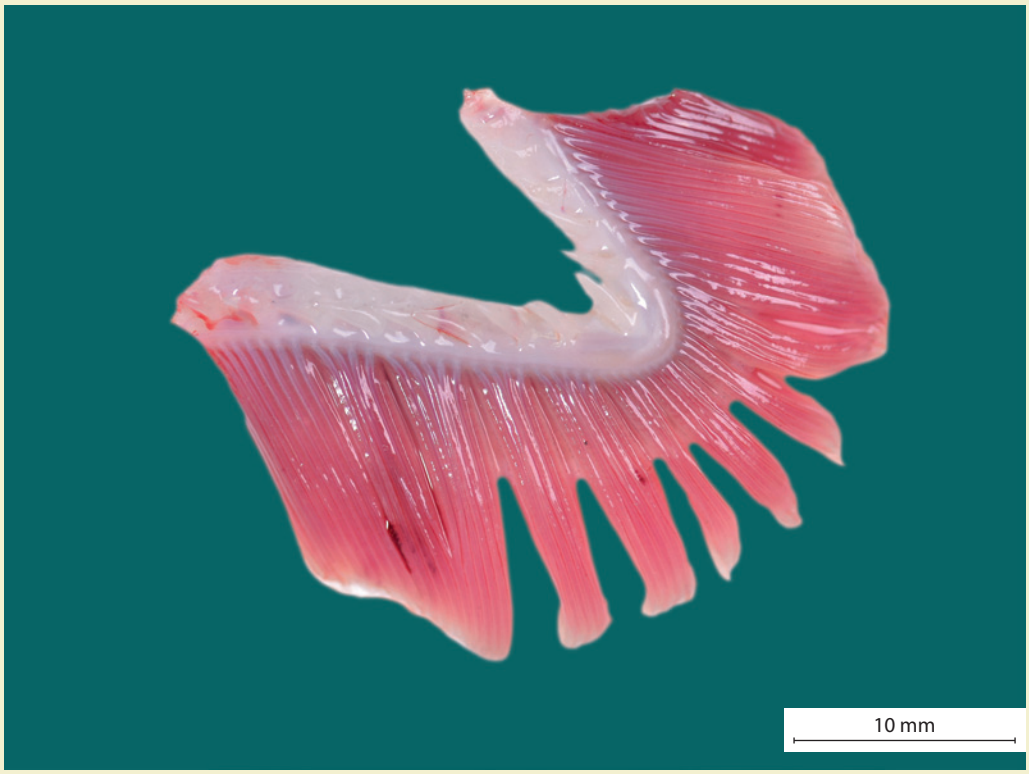
Fot. 7.1. Prawidłowy obraz makroskopowy wątroby przy znacznie (A) i miernie (B) rozwiniętym tłuszczu otrzewnowym – pstrągi tęczowe z odłowu jesiennego, 3-OOH, S / Phot. 7.1. Normal macroscopic pattern of the liver with remarkably (A) and weakly (B) developed peritoneal fat – rainbow trout's from the autumn sampling, 3-OS, S

Fot. 7.2. Stłuszczenie zwykle wątroby zauważalne po odsłonięciu jamy otrzewnowej – pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 3-OOH, D / Phot. 7.2. Liver steatosis visible after peritoneal cavity opening – rainbow trout from the autumn sampling, 3-OS, B

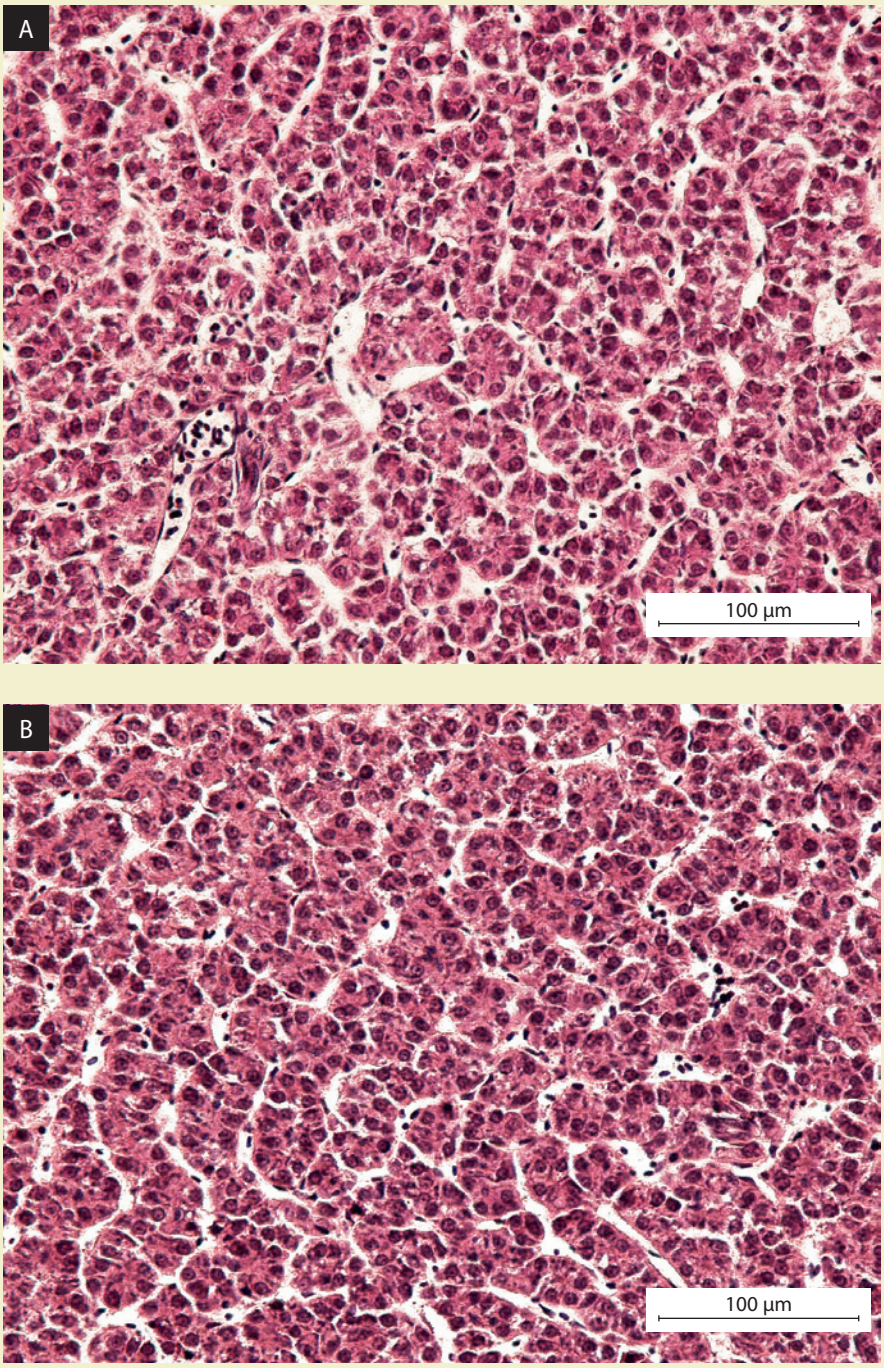


Fot. 7.3. Prawidłowy obraz makroskopowy wątroby i śledziony – pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 1-RAS, S (podziałka w cm) / Phot. 7.3. Macroscopic pattern of the liver with steatosis and petechiae – rainbow trout from the spring sampling, 1-RAS, B(ruler in centimeters)

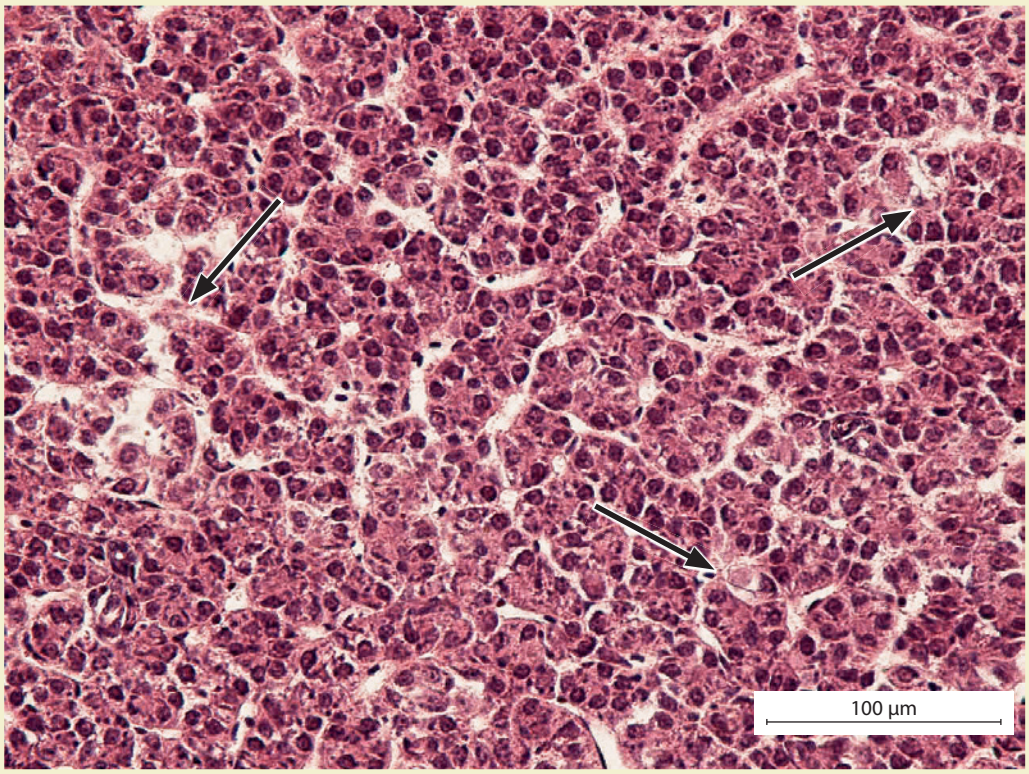
Fot. 7.4. Obraz makroskopowy stłuszczenia wątroby, pstrągi tęczowe z odłowu wiosennego: 2-OOH, D (A); 1-RAS, S (B); prawidłowa śledziona pstrąga sortymentu S (B) (podziałka w cm) / Phot. 7.4. Macroscopic pattern of the steatotis hepatis – rainbow trout from the spring sampling: 2-OS, B (A); 1-RAS, S (B); normal spleen of the S trout (B) (ruler in centimeters)



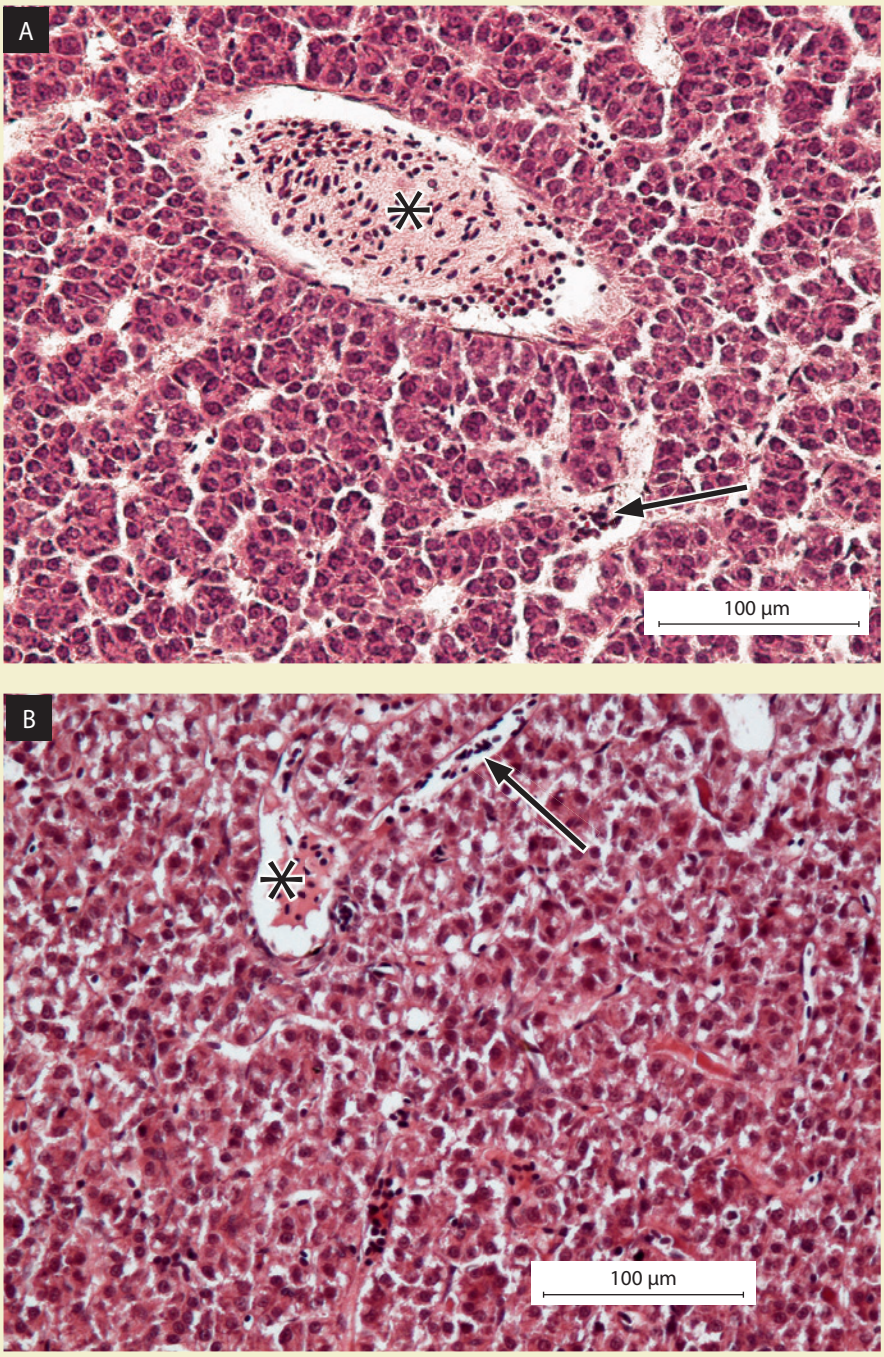
Fot. 7.5. Przekrwienie listków skrzelowych – pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 3-RAS, S (podziałka w cm) / Phot. 7.5. Hyperaemia of gill foils – rainbow trout from the spring sampling, 3-RAS, S (ruler in centimeters)



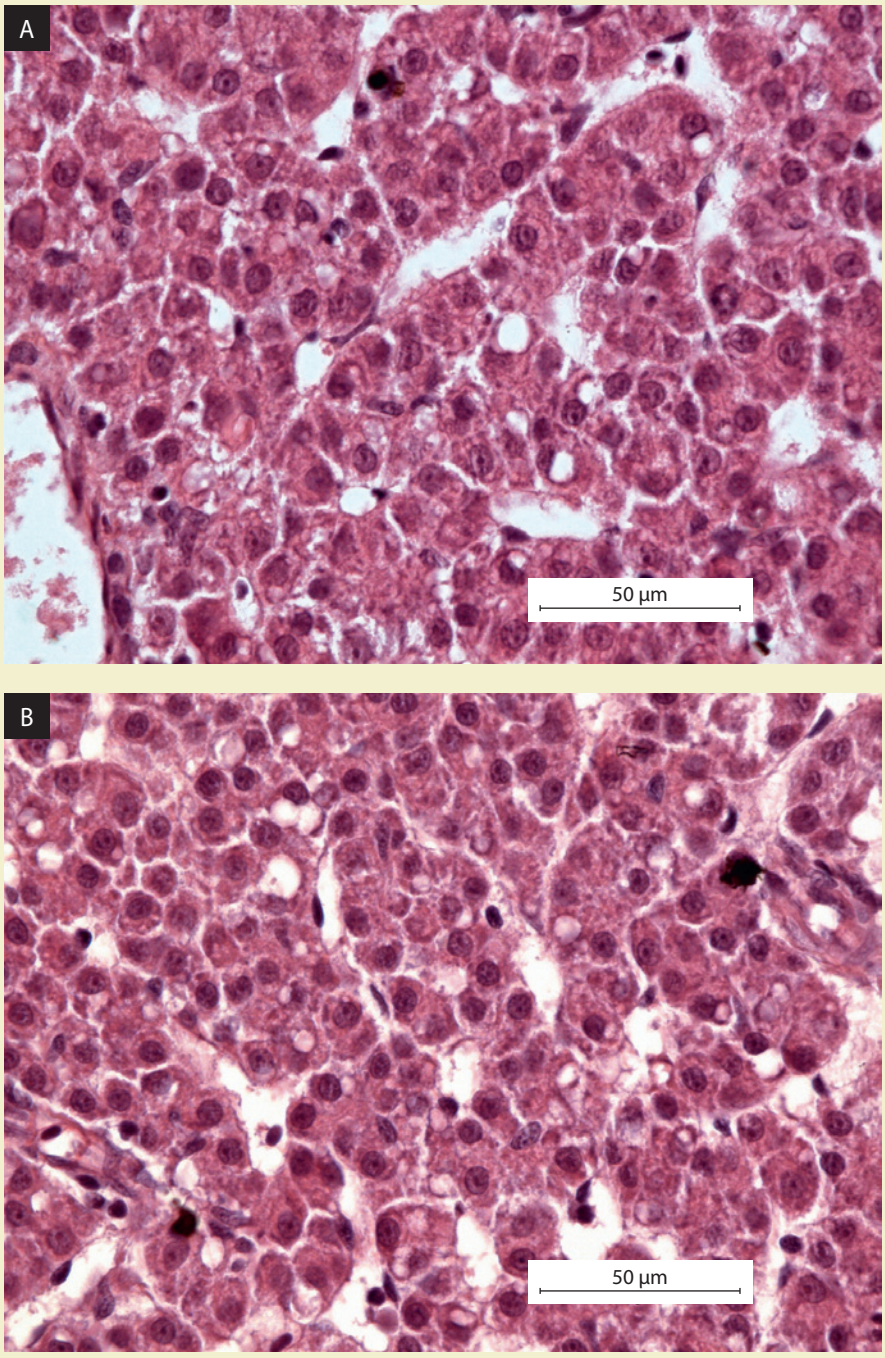
Fot. 7.6. Prawidłowy obraz mikroskopowy wątroby: pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 1-OOH, S (A); pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 2-RAS, S (B); barwienie HE / Phot. 7.6. The normal microscopic pattern of the liver: the rainbow trout from the autumn sampling, 1-OS, S (A); the rainbow trout from the autumn sampling, 2-RAS, T (B); HE staining



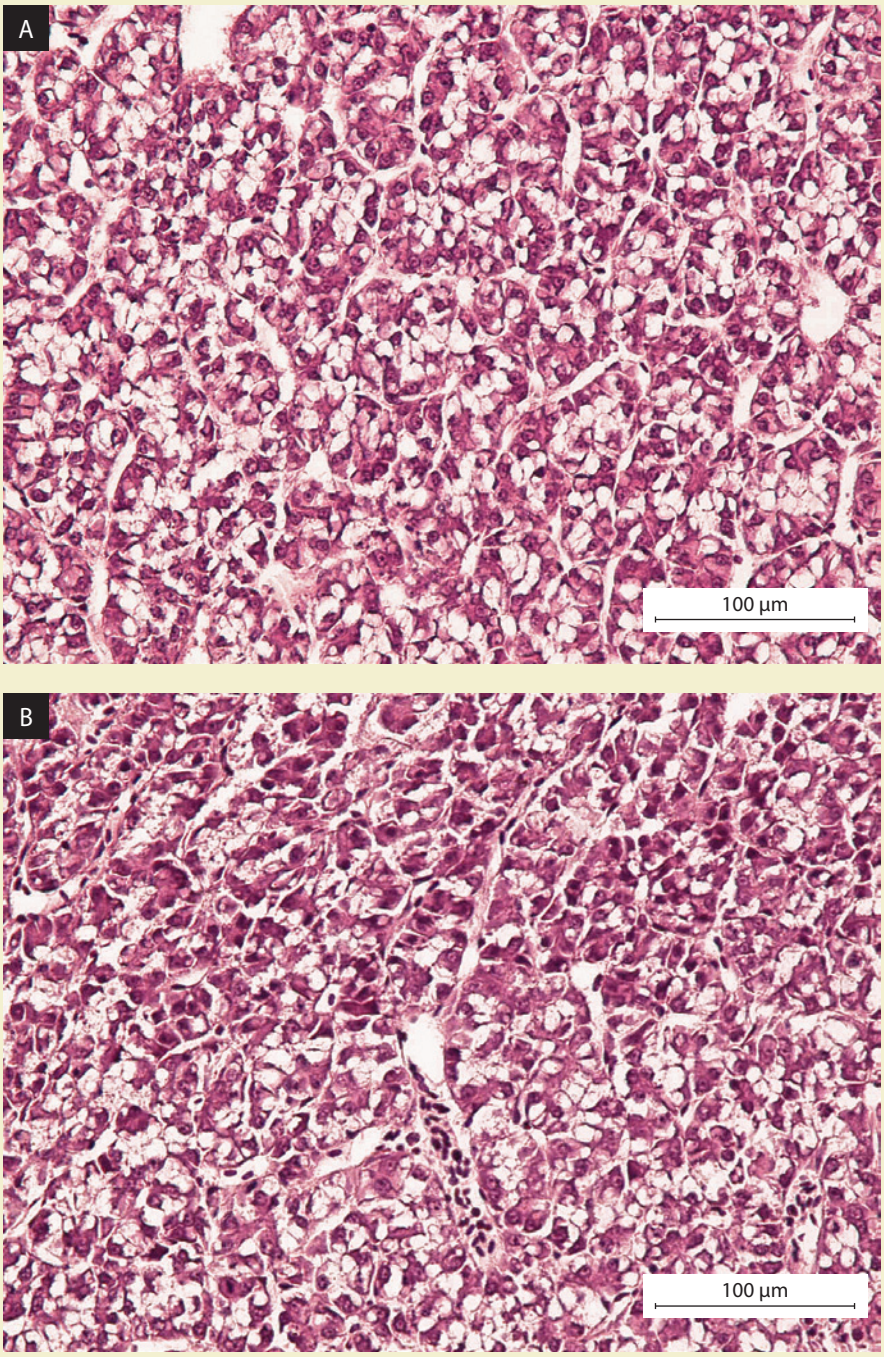
Fot. 7.7. Martwica pojedynczych hepatocytów pstrąga tęczowego z odłowu wiosennego (strzałki), 3-OOH, S; barwienie HE / Phot. 7.7. Necrosis of a single hepatocyte of the rainbow trout from the spring sampling (arrows), 3-OS, S; HE staining



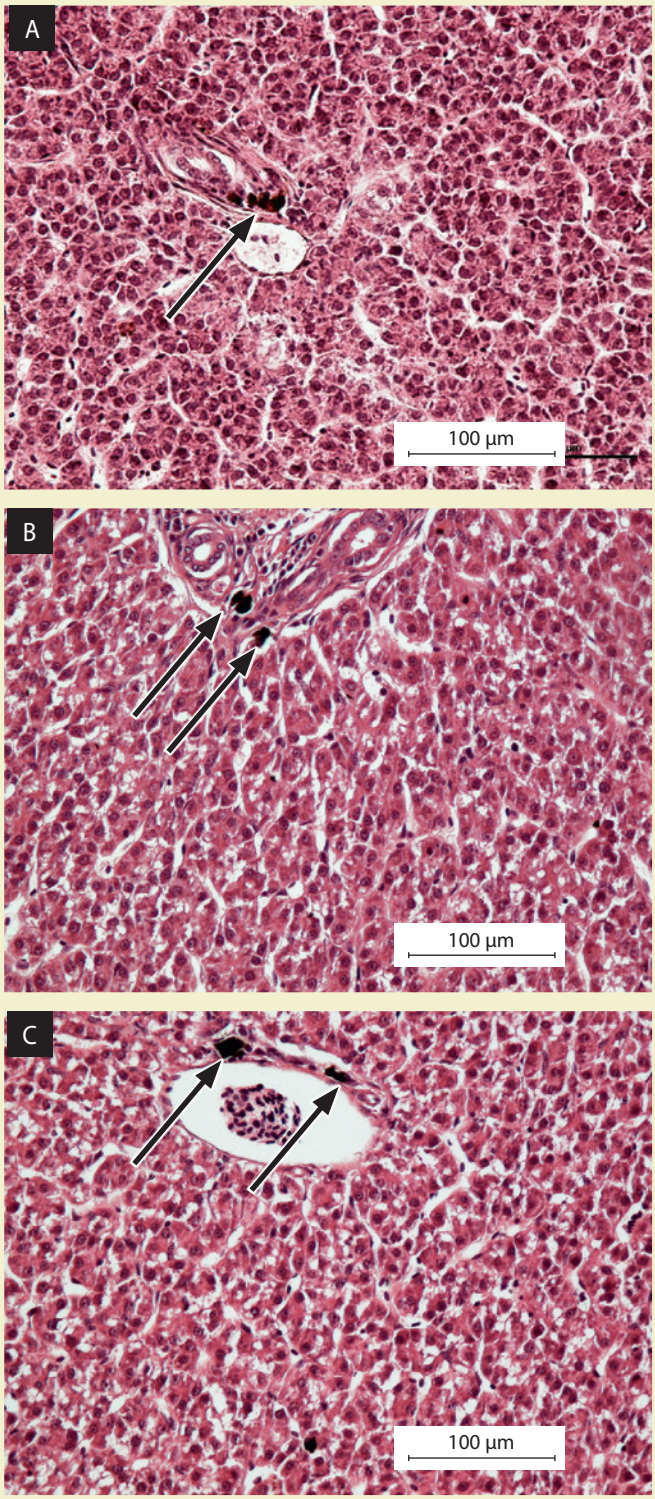
Fot. 7.8. Przekrwienie wątroby (strzałki) i zastój krwi (gwiazdki): w znacznym stopniu, pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 2-OOH, D (A); w małym stopniu, pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 2-RAS, D (B); barwienie HE / Phot. 7.8. Congestion of the liver (arrows) and the blood stasis (asteriks): of a marked degree, the rainbow trout from the spring sampling, 2-OS, B (A); of a slight degree, the rainbow trout from the autumn sampling, 2-RAS, B (B); HE staining



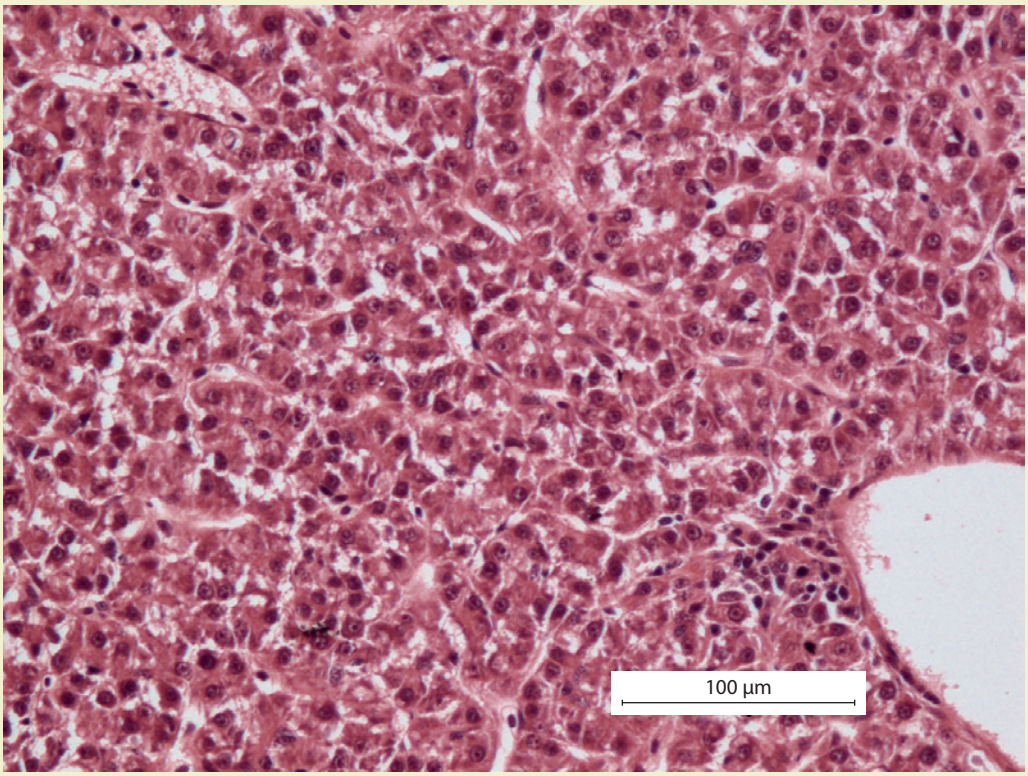
Fot. 7.9. Stłuszczenie zwykłe wątroby: w małym stopniu, pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 3-OOH, D (A); w średnim stopniu, pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 3-RAS, D (B); barwienie HE / Phot. 7.9. Steatosis simplex: of the low intensity, the rainbow trout from the spring sampling, 3-OS, B (A); of the medium intensity, the rainbow trout from the autumn sampling, 3-RAS, B (B); HE staining



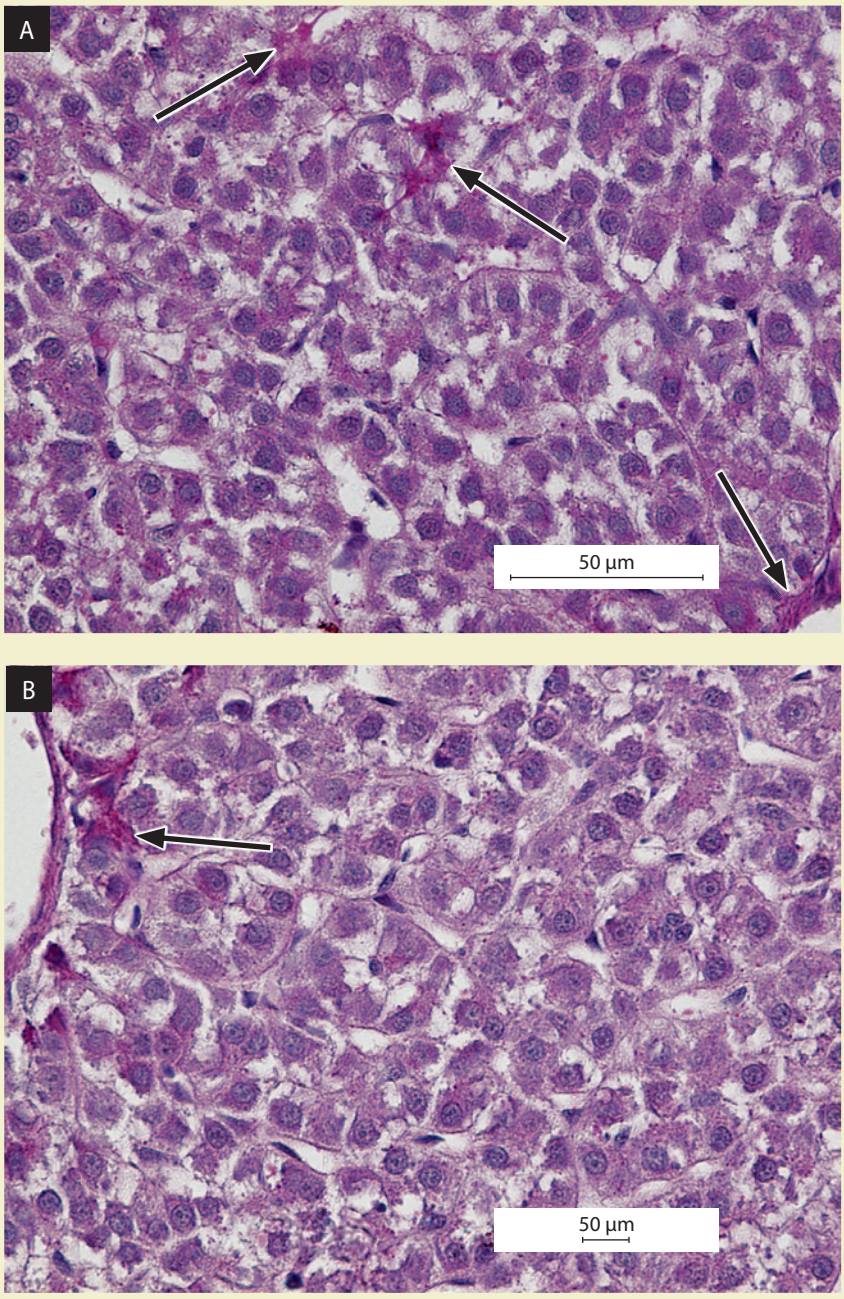
Fot. 7.10. Stłuszczenie zwykłe wątroby w bardzo dużym stopniu pstrągów tęczowych z odłowu jesiennego: 3-OOH, S (A); 2-RAS, S (B); barwienie HE / Phot. 7.10. Steatosis simplex of a very high degree in the rainbow trout's from the autumn sampling: 3-OS, S (A), 2-RAS, S (B); HE staining



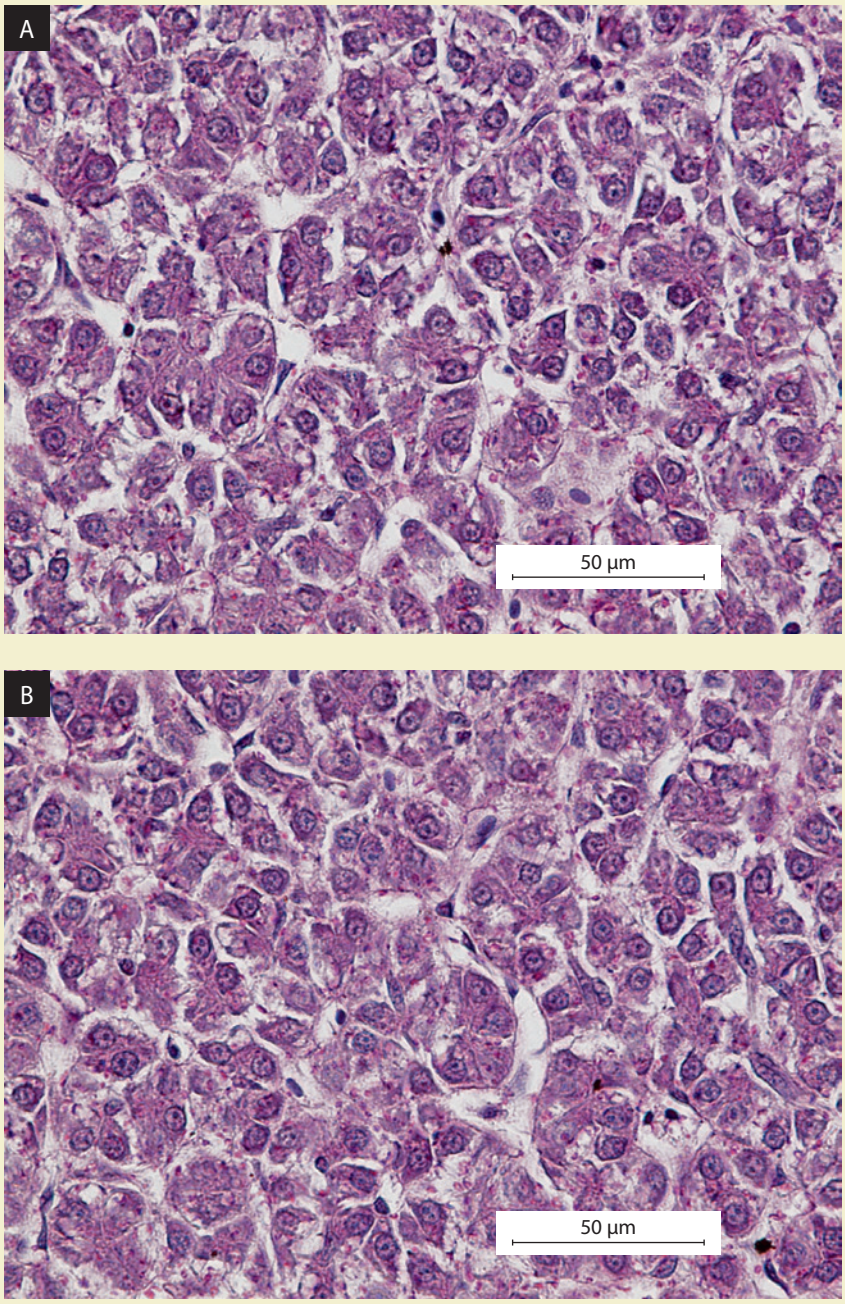
Fot. 7.11. Naciek melanomakrofagów (strzałki) w wątrobie pstrągów tęczowych w pobliżu przewodów żółciowych: odłów wiosenny, 1-OOH, S (A); odłów jesienny, 1-RAS, D (B); oraz naczynia krwionośnego: odłów jesienny, 2-OOH, S (C); barwienie HE / Phot. 7.11. Melanomacrophages infiltrating (arrows) the liver of the rainbow trout's in the vicinity of bile ducts: spring sampling, 1-OS, S (A); autumn sampling, 1-RAS, B (B); and in the vicinity of the blood vessel: autumn sampling, 2-OS, S (C); HE staining



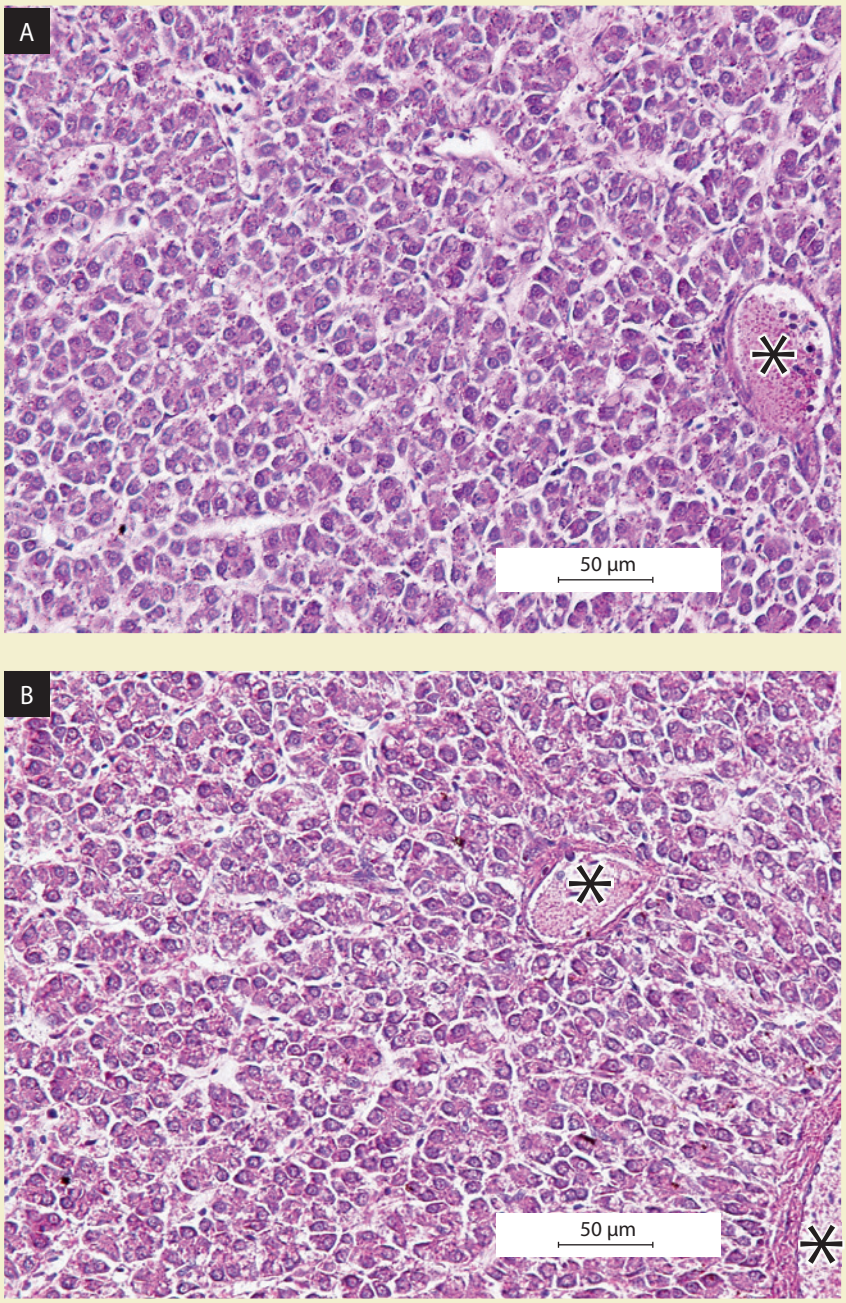
Fot. 7.12. Naciek pojedynczych komórek limfoidalnych w pobliżu naczynia krwionośnego w wątrobie pstrąga tęczowego z odłowu wiosennego, 1-RAS, D; barwienie HE / Phot. 7.12. The infiltration of the scarce lymphoid cells in the surrounding of the blood vessel in the rainbow trout from the spring sampling, 1-RAS, B; HE staining



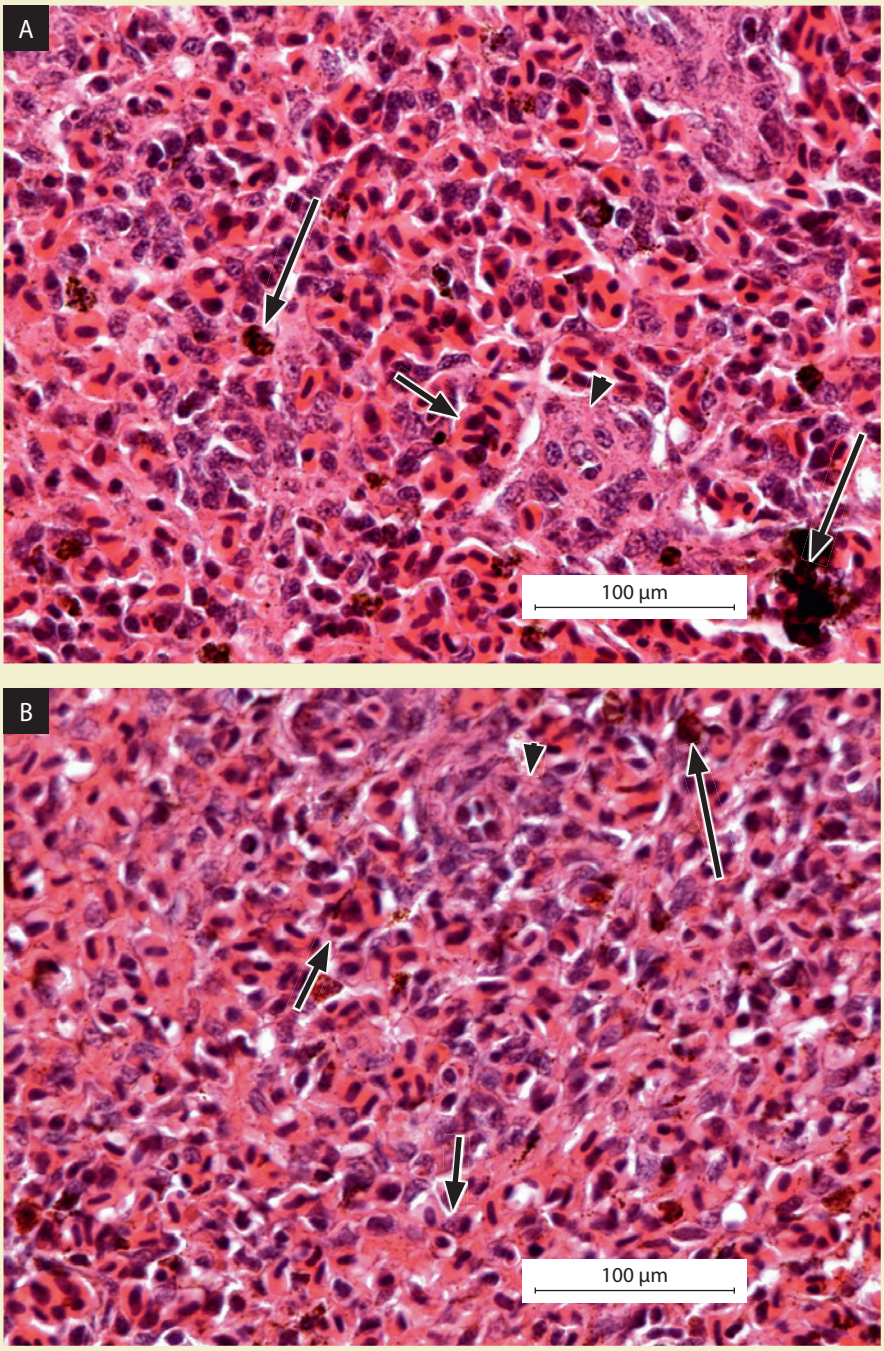
Fot. 7.13. Średnia zawartość wielocukrów (wybarwione purpurowo), miejscami znaczna (strzałki) w cytoplazmie hepatocytów pstrągów tęczowych odłowionych wiosną, stłuszczenie zwykłe: 2-OOH, S (A); 2-OOH, D (B); barwienie zgodnie z metodą PAS wg McManusa / Phot. 7.13. Slightly higher content of polysaccharides (purple), in some foci even high (arrow), in the cytoplasm of hepatocytes of the rainbow trout's sampled in the spring. Steatosis simplex: 2-OS, S (A); 2-OS, B (B); PAS staining according to McManus



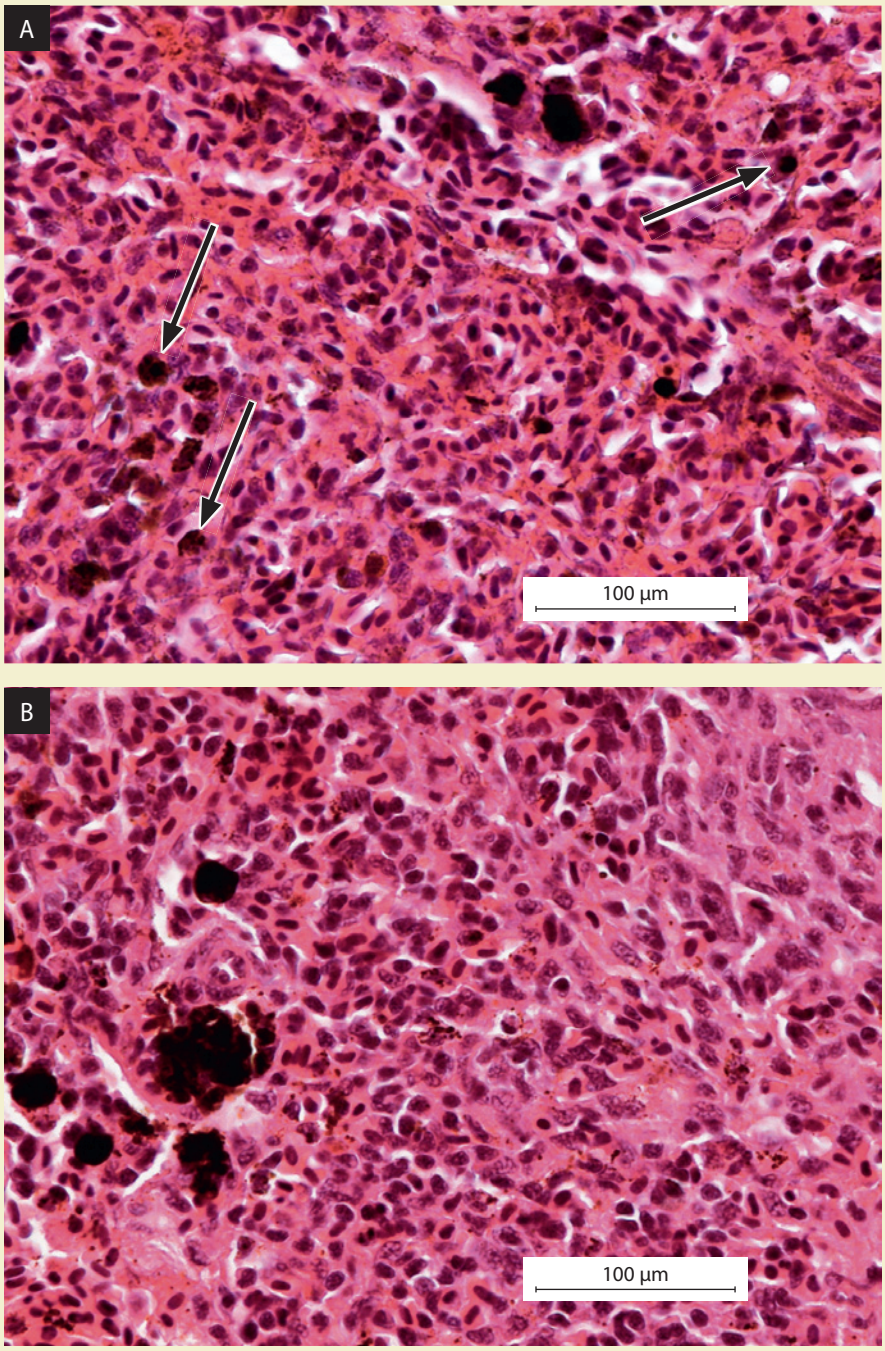
Fot. 7.14. Znaczna zawartość wielocukrów (wybarwione purpurowo) równomiernie rozmieszczonych głównie w postaci ziaren w cytoplazmie hepatocytów pstrągów tęczowych odłowionych jesienią: 1-RAS, S (A); 1-RAS, D (B); barwienie zgodnie z metodą PAS wg McManusa / Phot. 7.14. High content of polysaccharides (purple) evenly distributed as granules in the cytoplasm of hepatocytes of the rainbow trout's sampled in the autumn: 1-RAS, S (A); 1-RAS, B (B); PAS staining according to McManus



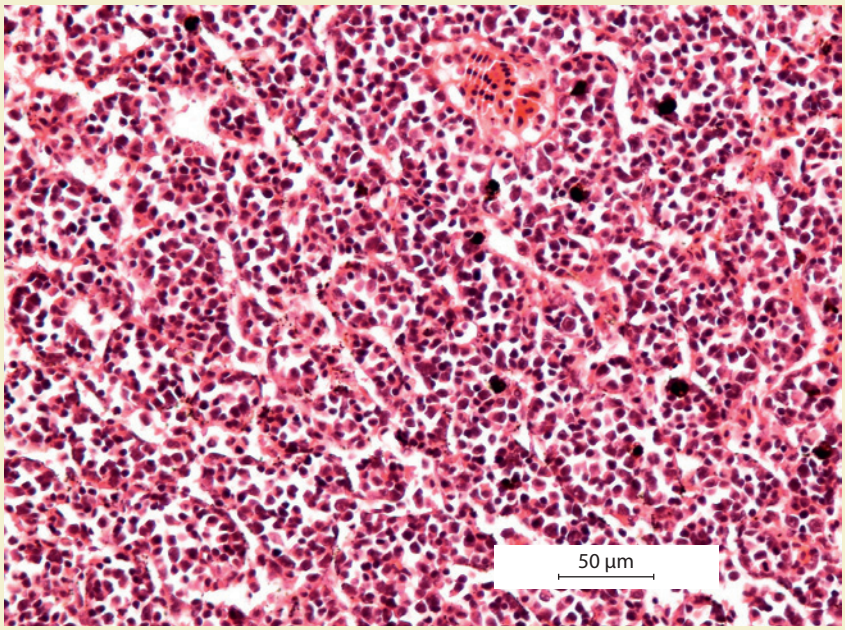
Fot. 7.15. Bardzo znaczna zawartość wielocukrów (wybarwione purpurowo) równomiernie rozmieszczonych w cytoplazmie hepatocytów pstrągów tęczowych odłowionych wiosną (gwiazdki), zastój krwi: 2-OOH, S (A); 2-OOH, D (B); barwienie zgodnie z metodą PAS wg McManusa / Phot. 7.15. Very high content of polysaccharides (purple) evenly distributed in the cytoplasm of hepatocytes of the rainbow trout's sampled in the spring, the haemostasis (asteriks): 2-OS, S (A); 2-OS, B (B); PAS staining according to McManus



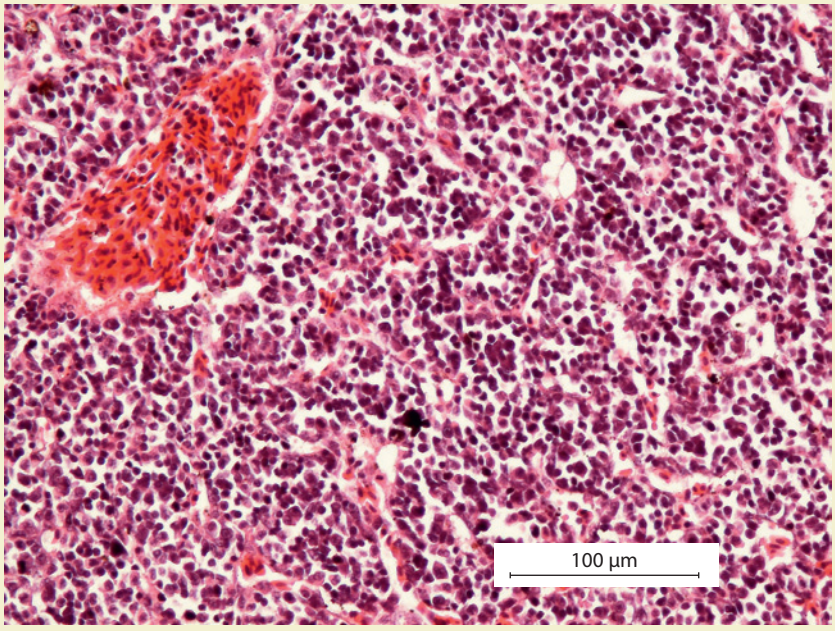
Fot. 7.16. Obraz prawidłowy śledziony pstrągów tęczowych – miazga czerwona (krótka strzałka), miazga biała (główka strzałki), melanomakrofagi (długa strzałka): odłów wiosenny, 2-OOH, D (A); odłów jesienny, 3-RAS, S (B); barwienie HE / Phot. 7.16. The normal pattern of the spleen of the rainbow trout's – red pulp (long arrow), white pulp (arrowhead), melanomacrophages (long arrow): spring sampling, 2-OS, B (A); autumn sampling, 3-RAS, S (B); HE staining



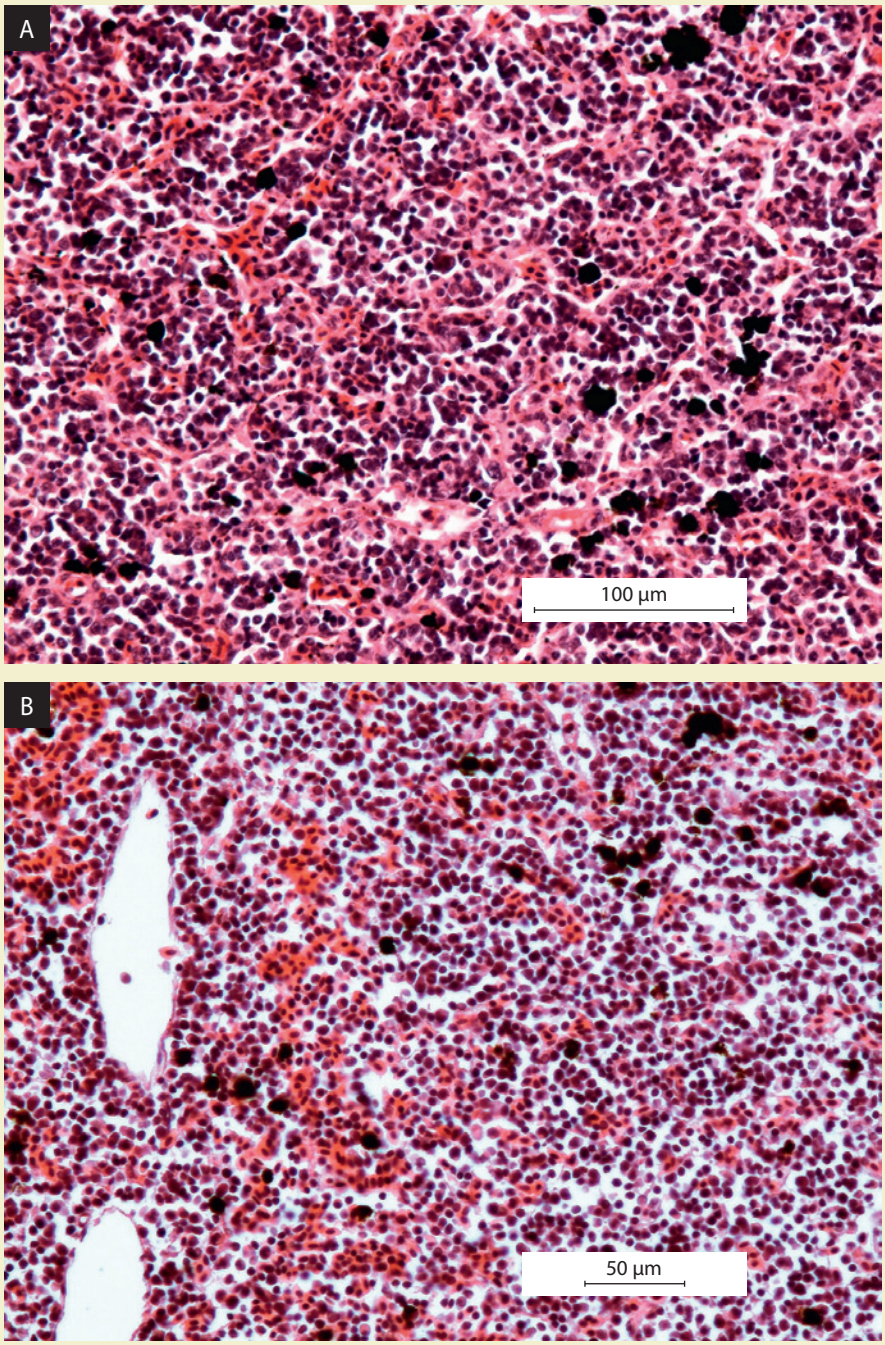
Fot. 7.17. Liczne melanomakrofagi w śledzionie pstrągów tęczowych: rozproszone (strzałki), odłów wiosenny, 2-OOH, S (A); tworzące duże skupisko (centrum melanomakrofagów), odłów jesienny, 3-RAS, D (B); barwienie HE / Phot. 7.17. Numerous melanomacrophages in the spleen of the rainbow trout's: dispersed (arrows), autumn sampling, 2-OS, S (A); forming clusters (melanomacrophage centers), autumn sampling, 3-RAS, B (B); HE staining



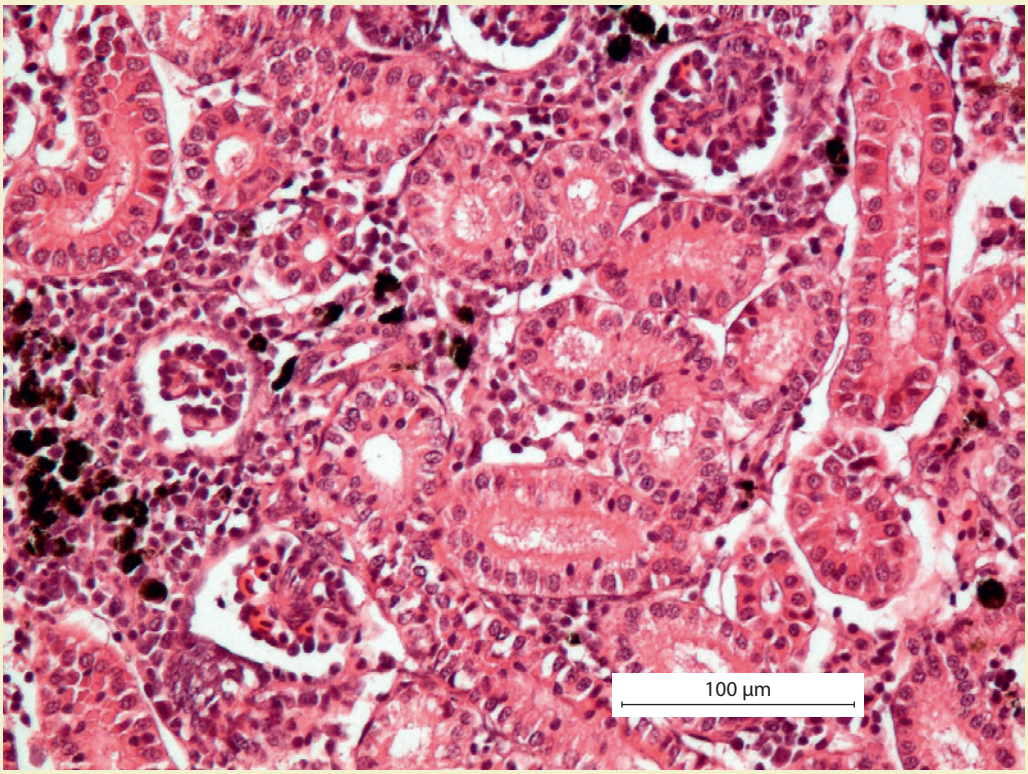
Fot. 7.18. Obraz prawidłowy nerki głowowej pstrąga tęczowego, rozproszone melanomakrofagi zabarwione na kolor brunatnoczarny, odłów wiosenny, 1-RAS, S; barwienie HE / Phot. 7.18. The normal pattern of the anterior kidney of the rainbow trout, dispersed melanomacrophages stained in brown-black, spring sampling, 1-RAS, S; HE staining



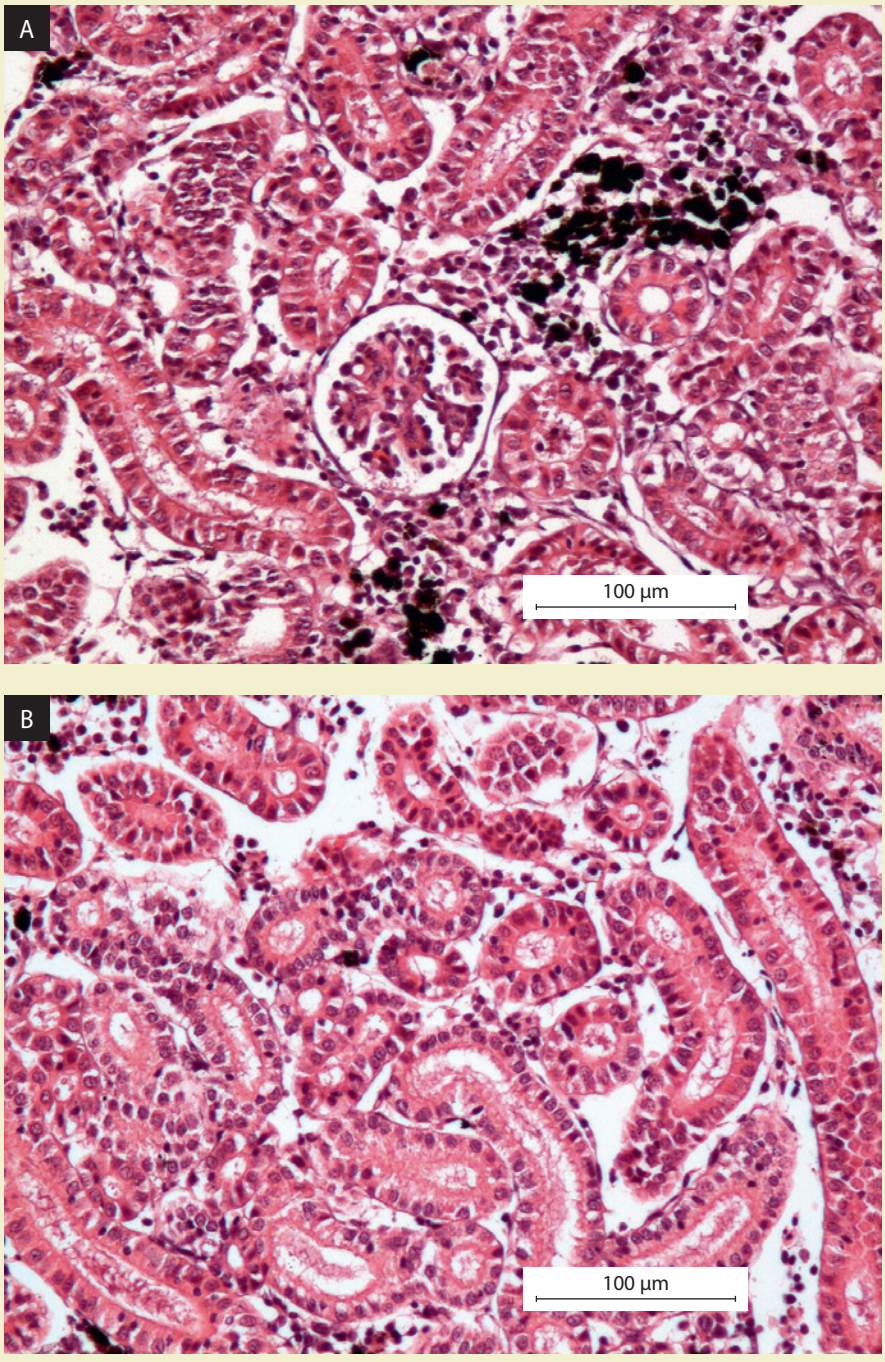
Fot. 7.19. Przekrwienie w nerce głowowej pstrąga tęczowego, melanomakrofagi zabarwione na kolor brunatno czarny, odłów wiosenny, 2-OOH, D; barwienie HE / Fig. 7.19. Congestion of the anterior kidney of the rainbow trout, melanomacrophages stained in brown-black, spring sampling, 2-OS, B; HE staining



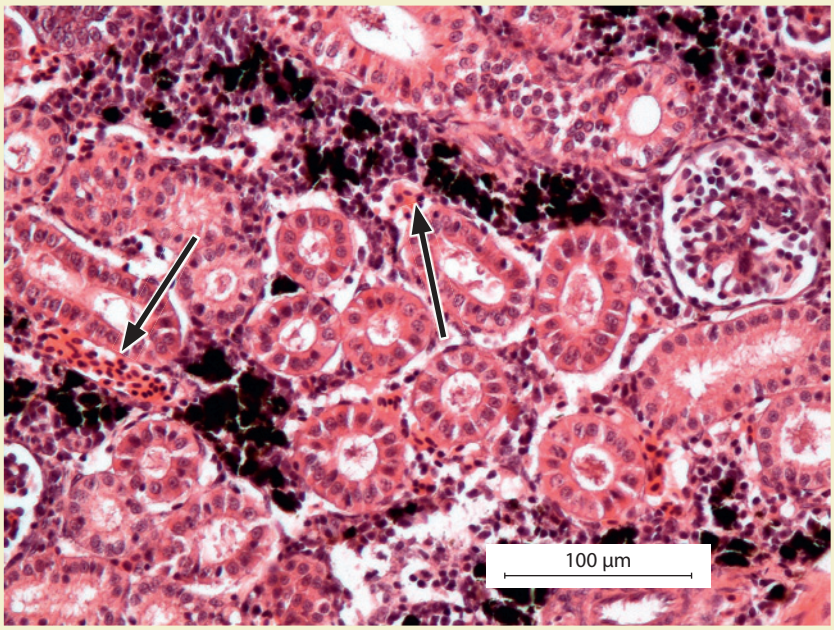
Fot. 7.20. Liczne melanomakrofagi, miejscami tworzące centra, zabarwione na kolor brunatnoczarny w nerce głowowej pstrągów tęczowych, odłów jesienny: 2-OOH, D (A), 3-RAS, D (B); barwienie HE / Phot. 7.20. Numerous melanomacrophages, locally forming centers, stained in brown-black, in the anterior kidney of the rainbow trout's, autumn sampling, 2-OS, B (A); 3-RAS, B (B); HE staining



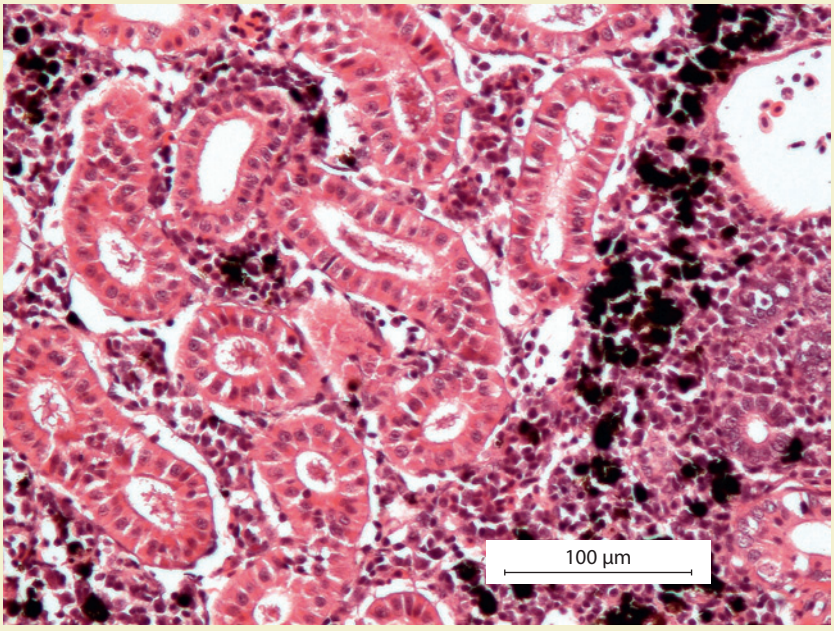
Fot. 7.21. Obraz prawidłowy nerki tułowiowej pstrąga tęczowego, liczne, o prawidłowej strukturze, kanaliki nefronu bliższe i dalsze, odłów wiosenny, 3-RAS, S; barwienie HE / Phot. 7.21. The normal pattern of the posterior kidney of the rainbow trout, numerous normal proximal and distal nephrone tubules, spring sampling, 3-RAS, S; HE staining



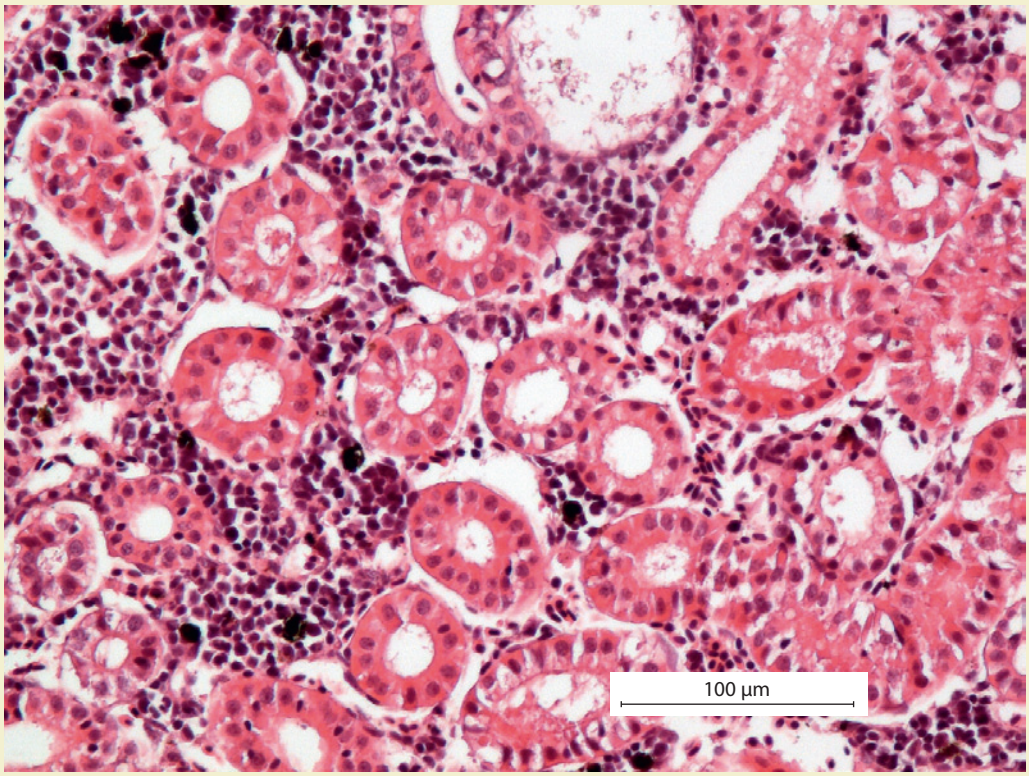
Fot. 7.22. Zwyrodnienie nerki tułowiowej pstrągów tęczowych: wodniczkowe (A), miąższowe (B), odłów jesienny, 3-RAS, D; barwienie HE / Phot. 7.22. Degeneration of the posterior kidney of the rainbow trout: vacuolar degeneration (A), parenchymatous degeneration (B), autumn sampling, 3-RAS, B; HE staining



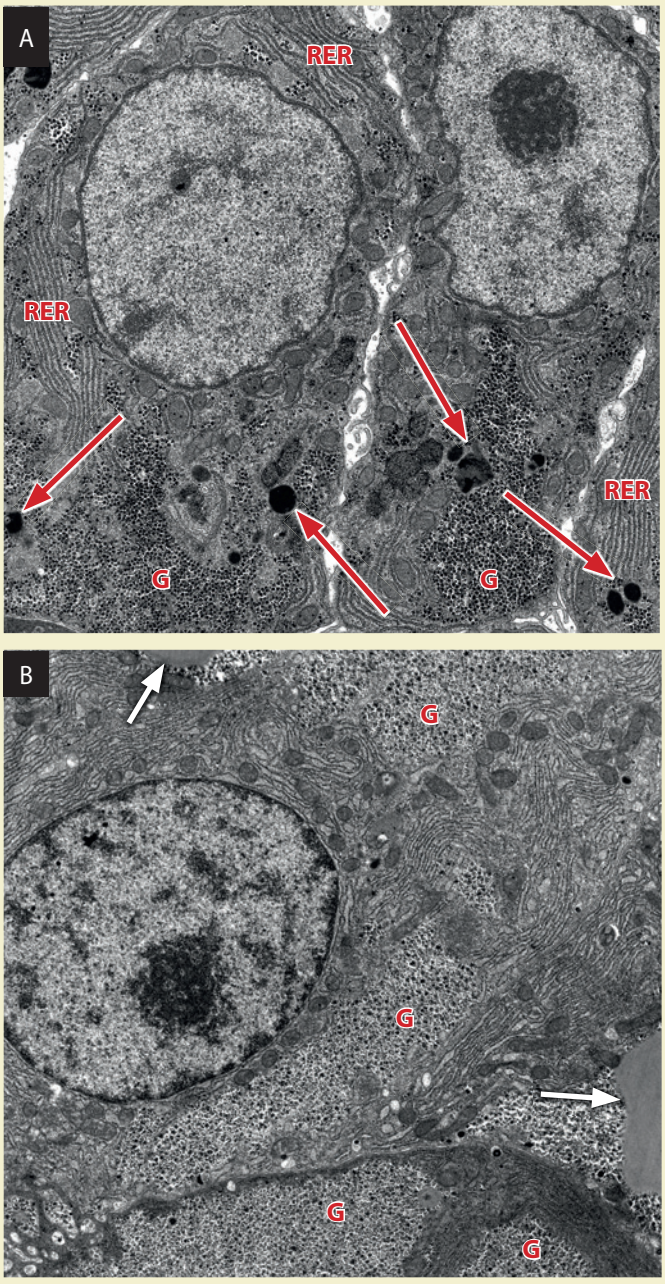
Fot. 7.23. Małe wynaczynienia (strzałki) w nerce tułowiowej pstrąga tęczowego, liczne duże centra melanomakrofagów, odłów jesienny, 3-OOH, D; barwienie HE / Phot. 7.23. Petechiae in the posterior kidney (arrows) of the rainbow trout, numerous big centers of melanomacrophages, autumn sampling, 3-OS, B; HE staining



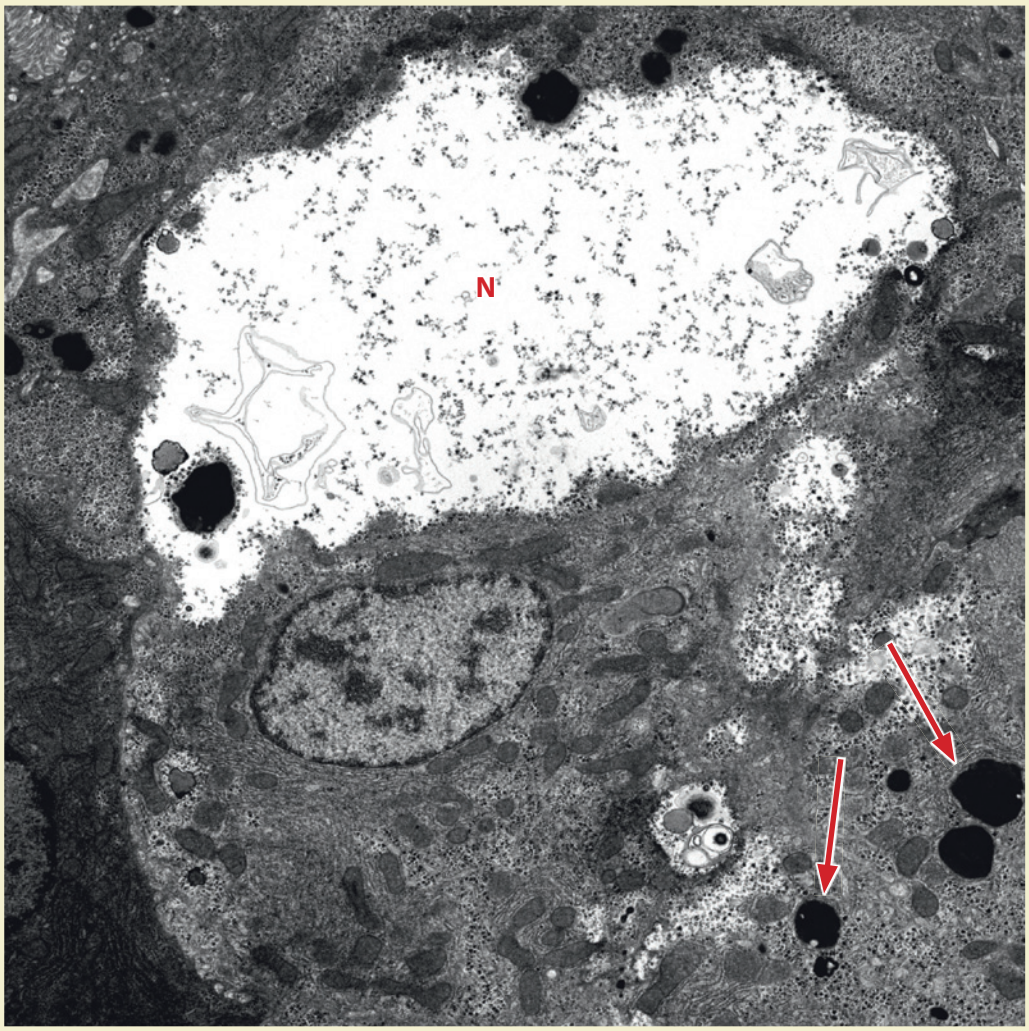
Fot. 7.24. Rozlegle centrum melanomakrofagów zlokalizowane w pobliżu naczynia krwionośnego i rozciągające w głąb miąższu, odłów wiosenny, 3-OOH, S; barwienie HE / Phot. 7.24. Vast melanomacrophage center located in the vicinity of the blood vessel and reaching the parenchyma, spring sampling, 3-OS, S; HE staining



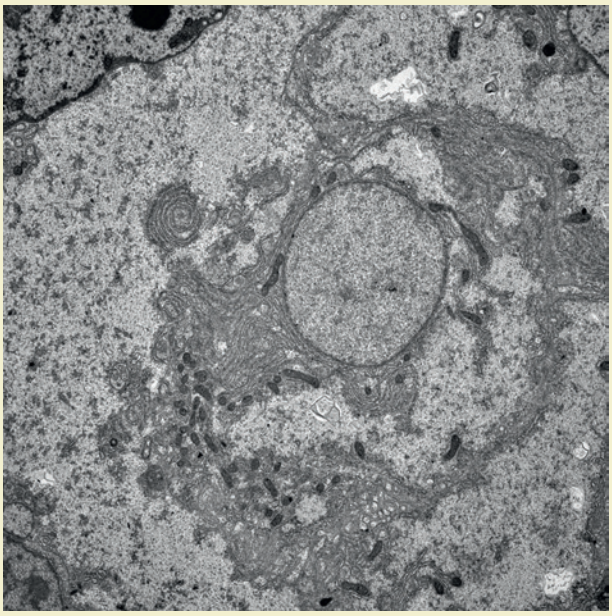
Fot. 7.25. Naciek komórek limfoidalnych okalający kanaliki nefronu bliższe, odłów jesienny, 2-RAS, D; barwienie HE /
Phot. 7.25. Infiltration of lymphoid cells surrounding the proximal tubules of the nephron, autumn sampling, 2-RAS, B; HE staining.



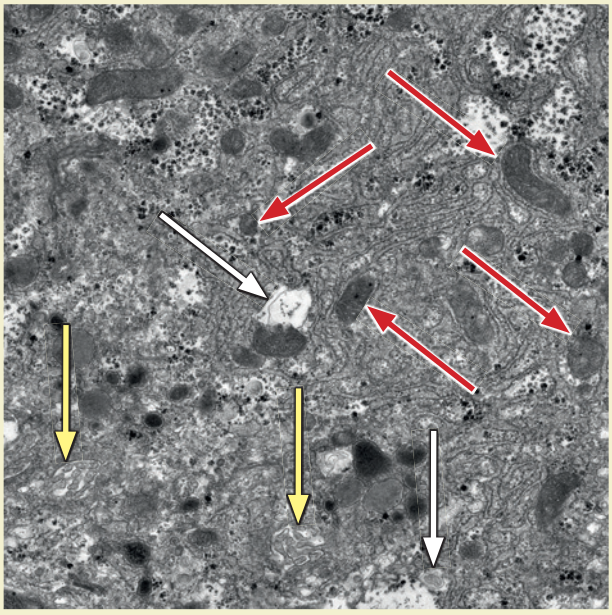
Fot. 8.1. Prawidłowy obraz ultrastrukturalny hepatocytów: liczne ziarna glikogenu (G), dobrze rozwinięta szorstka siateczka endoplazmatyczna (RER), lizosomy (czerwone strzałki) fragmenty kropel lipidowych (białe strzałki), mikrokosmki widoczne pomiędzy dwoma hepatocytami, pstrągi tęczowe z odłowu wiosennego: 1-OOH, S (A); 2-RAS, D (B) / Phot. 8.1. Normal ultrastructure of hepatocytes: numerous granules of glycogen (G), well development rough endoplasmatic reticulum (RER), lysosomes (red arrows), fragments of lipid drops (white arrows), microrilli visible between two hepatocytes, rainbow trout's from the spring sampling: 1-OS, S (A); 2-RAS, B (B).



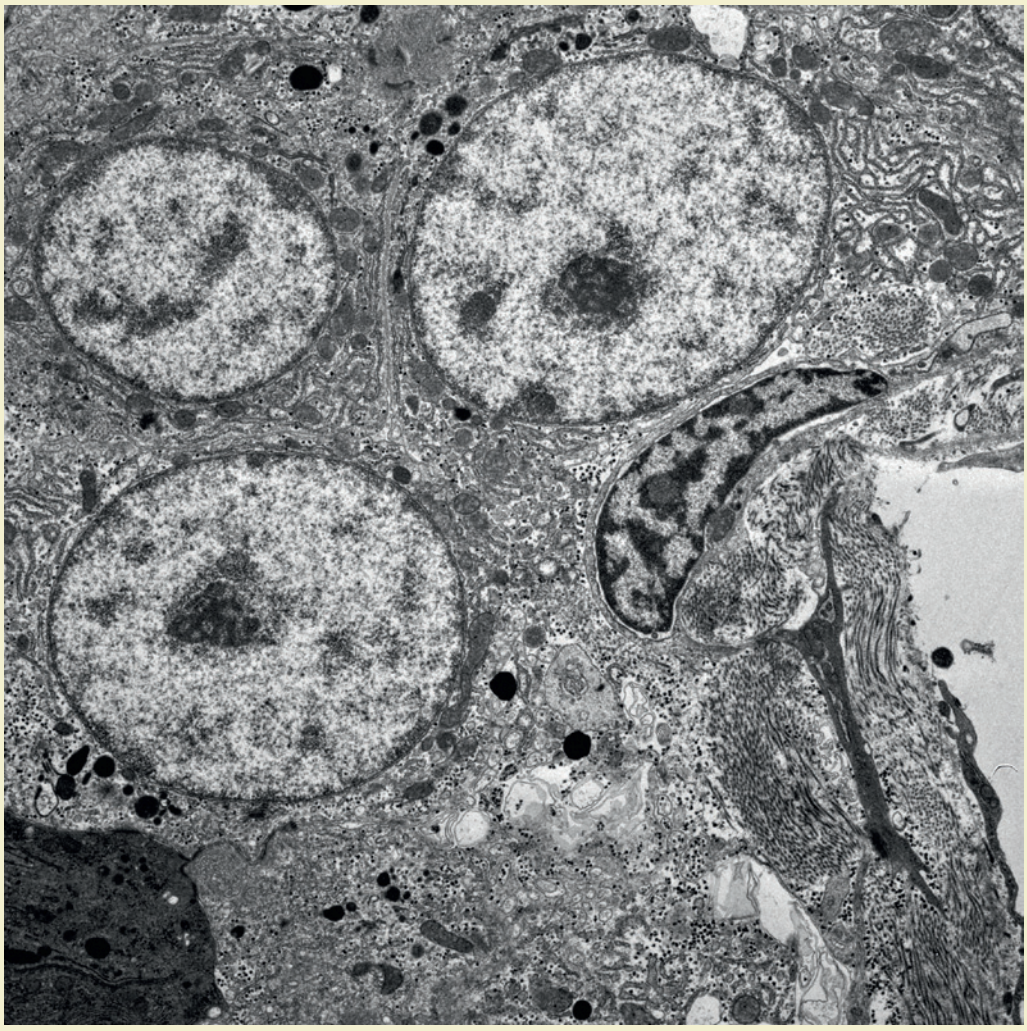
Fot. 8.2. Częściowa martwica hepatocyta (N), polimorfizm mitochondriów, lizosomy (strzałki): pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 3-RAS, D / Phot. 8.2. Partial necrosis of hepatocyte (N), mitochondrial polymorphism, lysosomes (arrows): rainbow trout from the autumn sampling, 3-RAS, B



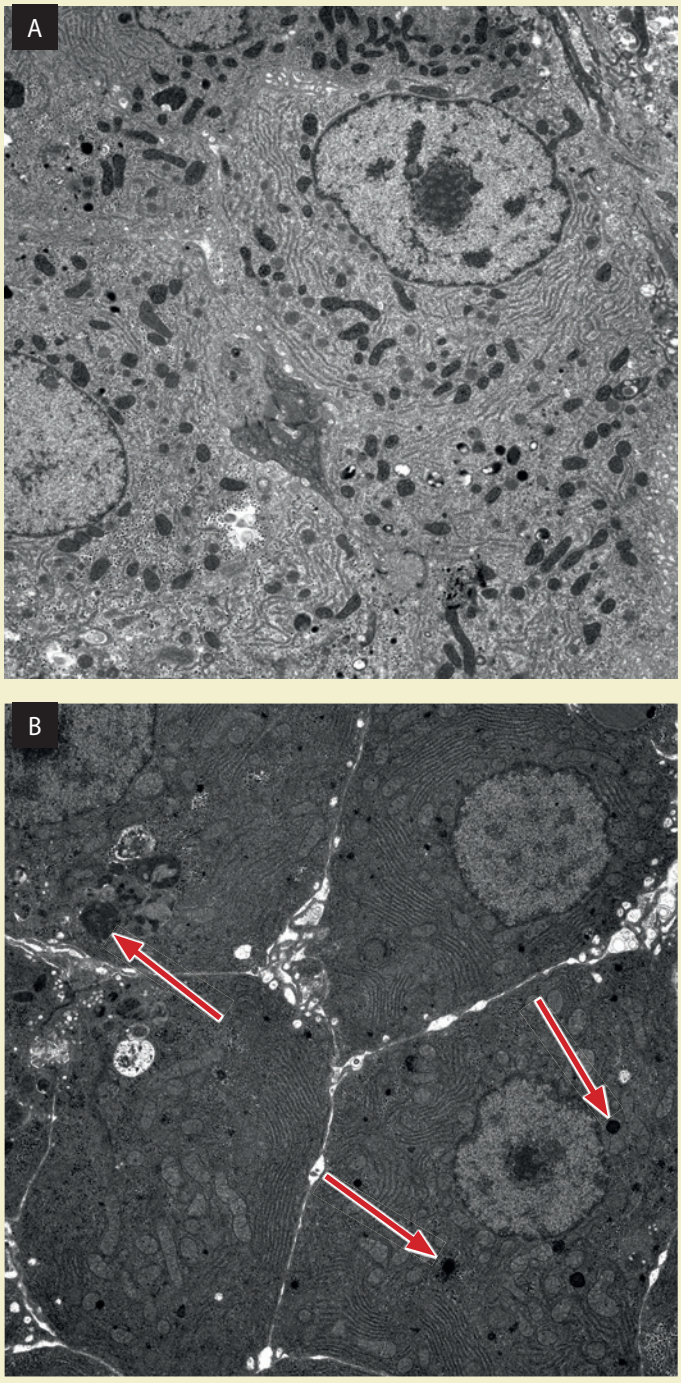
Fot. 8.3. Rozrzedzenie cytoplazmy hepatocyta z rozpadem jej struktur: pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 2-RAS, S / Phot. 8.3. Cytoplasmic rarefication with the dissolution of cytoplasmic structures: rainbow trout from the spring sampling, 2-RAS, S



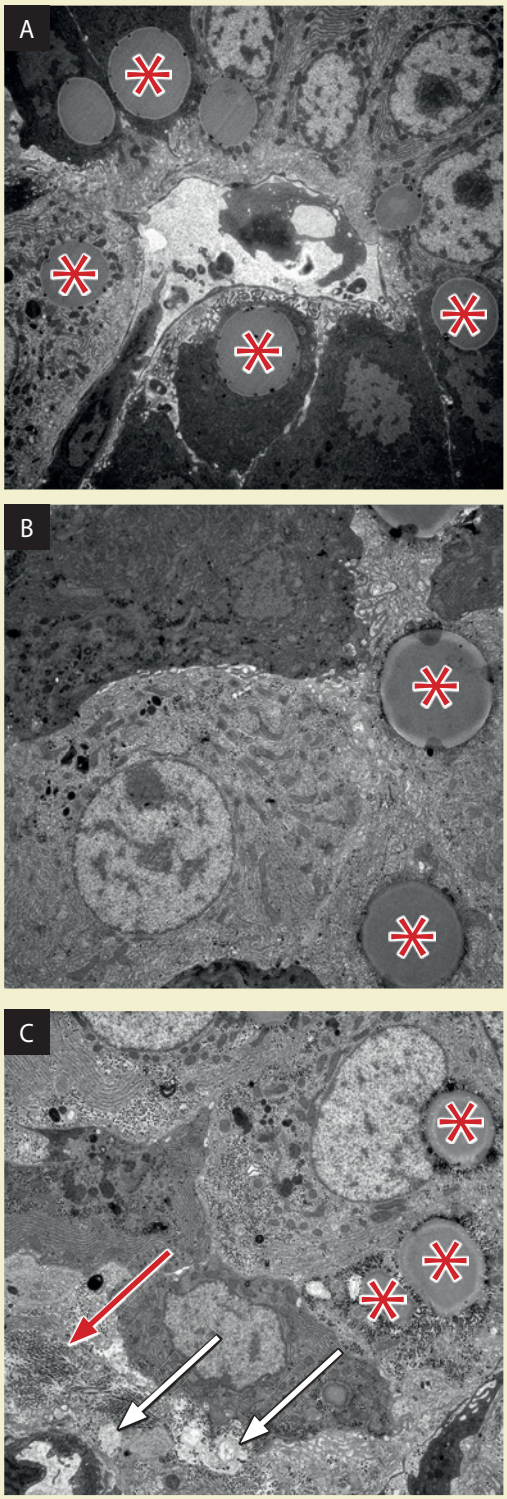
Fot. 8.4. Miejscami rozrzedzenie cytoplazmy, zatarcie struktur grzebieniastych w mitochondriach i ich polimorfizm (czerwone strzałki), struktury mielinopodobne (białe strzałki), widoczne aparaty Golgiego (żółte strzałki): pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 3-OOH, S / Phot. 8.4. Local cytoplasmic rarefication, blurring of mitochondrial crest structures, mitochondrial polymorphism (red arrows), myelin-like structures (white arrows), Golgi apparatuses visible (yellow arrows): rainbow trout from the autumn sampling, 3-OS, S



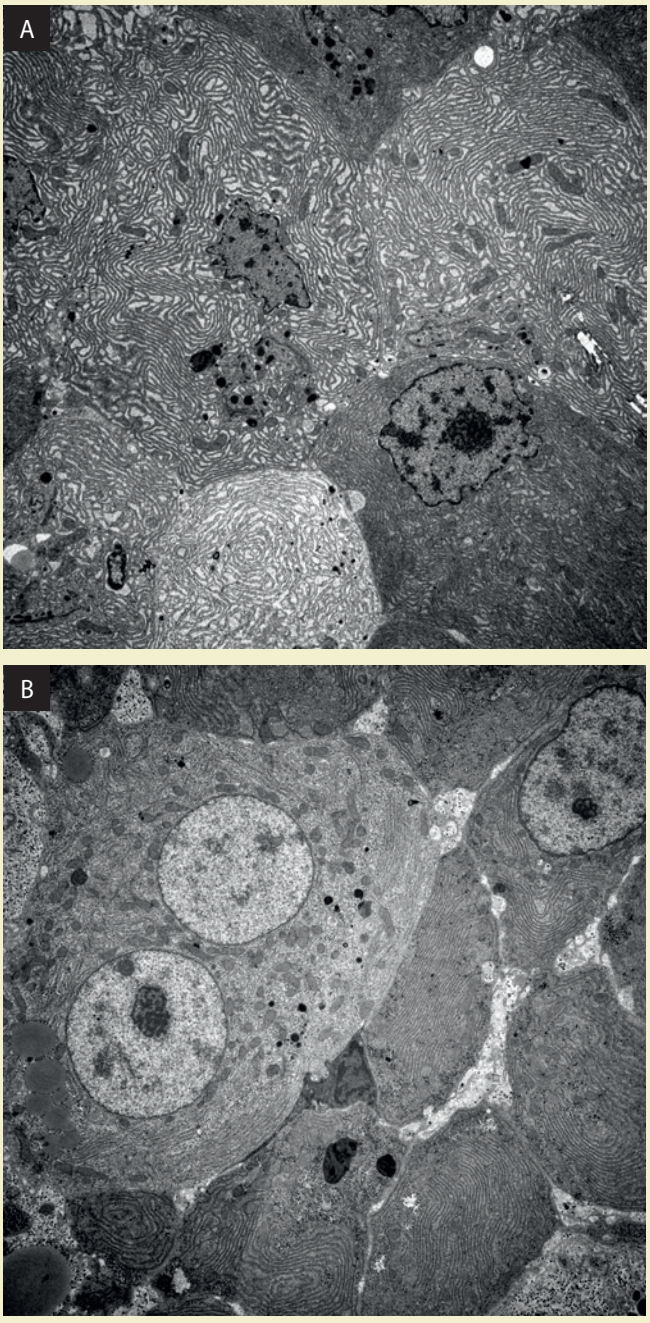
Fot. 8.5. Hepatocyty ze strukturami mielinopodobnymi, widoczne liczne włókna kolagenowe: pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 3-OOH, D / Phot. 8.5. Hepatocytes with myelin-like structures, numerous collagen fibers visible: rainbow trout from the spring sampling, 3-OS, B



Fot. 8.6. Polimorfizm i rozplem mitochondriów w hepatocytach pstrągów tęczowych (A, B), miejscami lizosomy – strzałki (B), odłów jesienny: 2-OOH, S (A); 1-RAS, D (B) / Phot. 8.6. Polymorphism and proliferation of mitochondria in hepatocytes of the rainbow trout's (A, B), locally lysosomes visible – arrows (B), autumn sampling: 2-OS, S (A); 1-RAS, B (B)



Fot. 8.7. Liczne krople lipidów w cytoplazmie hepatocytów pstrągów tęczowych (gwiazdki): rozplem i polimorfizm mitochondriów w hepatocycie (A), odłów jesienny, 3-RAS, D; miejscami rozplem mitochondriów (B), odłów jesienny, 1-OOH, S; miejscami włókna kolagenowe (czerwona strzałka) i struktury mielinopodobne (białe strzałki) (C), odłów wiosenny, 1-OOH, D / Phot. 8.7. Numerous lipid droplets in the cytoplasm of hepatocytes of the rainbow trout's (asteriks): mitochondrial proliferation and polymorphism in the hepatocyte (A), autumn sampling, 3-RAS, B; local mitochondrial proliferation (B), autumn sampling, 1-OS, S; locally visible collagen fibers (red arrow) and myelin-like structures (white arrows) (C), autumn sampling, 1-OS, B



Fot. 8.8. Rozplem szorstkiej siateczki endoplazmatycznej w cytoplazmie hepatocytów pstrągów tęczowych: odłów wiosenny, 3-RAS, D (A); hepatocyt z podwójnym jądrem i rozplemem mitochondriów, odłów jesienny, 1-OOH, S (B) / Phot. 8.8. The proliferation of the rough endoplasmatic reticulum in the cytoplasm of the hepatocytes of the rainbow trout's: spring sampling, 3-RAS, B (A); hepatocyte with a double nucleus and mitochondrial proliferation, autumn sampling, 1-OS, S (B)

Fot. 10.1. Pompa wody z zastosowaniem śruby Archimedesa / Phot. 10.1. Water pump using Archimedean screw

Fot. 10.2. Automatyczna sortownica wykorzystująca pompę wody / Phot. 10.2. Automatic sorting device using water pump

Fot. 10.3. Praktyczne wykorzystanie urządzeń: pompa wody z śrubą Archimedesa i sortownica / Phot. 10.3. Practical use of equipment: water pump with Archimedean screw and sorting device