

**Narzędzia oceny stosowanych w Polsce
technologii chowu pstrąga tęczowego
(*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)
w świetle badań własnych**

Redakcja naukowa

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

Autorzy projektu badawczego składają podziękowania 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 2012



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

Egzemplarz bezpłatny

**Narzędzia oceny stosowanych w Polsce
technologii chowu pstrąga tęczowego
(*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)
w świetle badań własnych**

Testowanie technologii produkcji pstrąga tęczowego w Polsce
w świetle Rozporządzenia Komisji
(WE) nr 710/2009

Autorzy

Józef Szarek (UWM w Olsztynie), Krystyna A. Skibniewska (UWM w Olsztynie), Józef Koc (UWM w Olsztynie), Anna Wiśniewska (UWM w Olsztynie), Elżbieta Terech-Majewska (UWM w Olsztynie), Janusz Zakrzewski (UWM w Olsztynie), Janusz Guziur (UWM w Olsztynie), Marcin Sidoruk (UWM w Olsztynie), Andrzej Siwicki (UWM w Olsztynie), Izabella Babińska (UWM w Olsztynie), Beata Szynaka (UM w Białymstoku), Anna Andrzejewska (UM w Białymstoku), Emilia Strzyżewska (UWM w Olsztynie), Stefan Dobosz (IRŚ w Olsztynie, ZHRŁ w Rutkach), Ewa Siemianowska (UWM w Olsztynie), Maria Dymkowska-Malesa (UWM w Olsztynie), Edyta Kaczorek (UWM w Olsztynie), Małgorzata Warechowska (UWM w Olsztynie), Joanna Małaczewska (UWM w Olsztynie), Agnieszka Lepa (IRŚ W Olsztynie, ZPiIR w Żabieńcu), Małgorzata Rafałowska (UWM w Olsztynie), Edward Głąbski (IRŚ W Olsztynie, ZPiIR w Żabieńcu), Henryk Białowąs (PAN, Gołysz), Magdalena Szweda (UWM w Olsztynie), Katarzyna Wojtkowiak (UWM w Olsztynie), Krzysztof Goryczko (IRŚ w Olsztynie, ZHRŁ w Rutkach), Andrzej Rochwerger (UWM w Olsztynie), Ewa Szczucińska (UWM w Olsztynie), Katarzyna Sobczyńska-Wójcik (UWM w Olsztynie), Barbara Kazuń (IRŚ W Olsztynie, ZPiIR w Żabieńcu), Joanna Wojtacka (UWM w Olsztynie), Krzysztof Kazuń (IRŚ W Olsztynie, ZPiIR w Żabieńcu), Krzysztof Wąsowicz (UWM w Olsztynie), Monika Zembruska (UWM w Olsztynie), Krystyna Dublan (UWM w Olsztynie)

Recenzenci

dr hab. Wojciech Bielecki

prof. dr hab. Jan Szczerbowski

Przygotowanie materiałów do druku

Zespół Pracowni Wydawniczej „ElSet”:

Zdzisław Skóra (projekt okładki)

Jakub Koziół (skład i łamanie)

Anna Westfeld (redakcja wydawnicza)

Wydawca

Pracownia Wydawnicza „ElSet”, Olsztyn 2012

Spis treści

1. Wpływ technologii gospodarowania wodą w hodowli pstrąga tęczowego jako czynnik warunkujący jakość wód powierzchniowych	7
1.1. Wstęp	7
1.2. Materiał i metody	7
1.3. Wyniki badań i ich omówienie	8
1.4. Wnioski	11
1.5. Piśmiennictwo	11
2. Metodyka oceny wskaźników hodowlano-użytkowych pstrągów handlowych z obiektów o zróżnicowanej technologii produkcji	13
2.1. Wstęp	13
2.2. Materiał i metody	13
2.3. Wyniki badań i ich omówienie	16
2.4. Podsumowanie i wnioski	20
2.5. Piśmiennictwo	21
3. Wpływ technologii chowu na skład chemiczny tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego	22
3.1. Wstęp	22
3.2. Materiał i metody	22
3.3. Wyniki badań i ich omówienie	23
3.4. Wnioski	26
3.5. Piśmiennictwo	27
4. Ocena „mięsa” pstrągów tęczowych z polskich hodowli na podstawie testów konsumenckich	28
4.1. Wstęp	28
4.2. Materiał i metody	28
4.3. Wyniki badań i ich omówienie	29
4.4. Wnioski	33
4.4. Piśmiennictwo	33
5. Kształtowanie się mechanizmów odporności nieswoistej wobec zagrożeń biologicznych u pstrąga tęczowego, w różnych systemach hodowli w Polsce	35
5.1. Wstęp	35
5.2. Materiał i metody	35
5.3. Wyniki badań i ich omówienie	36
5.4. Wnioski	40
5.5. Piśmiennictwo	40

6. Obraz morfologiczny i histochemiczny wybranych narządów wewnętrznych
pstrąga tęczowego jako narzędzie w ocenie stanu zdrowia tych ryb 41

6.1. Wstęp 41

6.2. Materiał i metody 41

6.3. Wyniki badań i ich omówienie 42

6.3.1. Badanie makroskopowe 42

6.3.2. Badanie mikroskopowe i histochemiczne 43

6.3.3. Badanie ultrastrukturalne 48

6.4. Podsumowanie 49

6.5. Piśmiennictwo 50

1. Wpływ technologii gospodarowania wodą w hodowli pstrąga tęczowego jako czynnik warunkujący jakość wód powierzchniowych

1.1. Wstęp

Podstawowym i niezbędnym warunkiem utrzymania wysokiej produkcji pstrąga jest zimna oraz wysokiej jakości woda zasilająca gospodarstwo, zwykle pobierana z pobliskich rzek i potoków albo wydajnych źródeł. Dynamiczny rozwój akwakultury sprawia, że ma ona coraz większy wpływ na stan czystości wód powierzchniowych. Podczas produkcji rybackiej powstają bowiem odpady (niezjedzona pasza, ekskrementy, substancje chemiczne i środki lecznicze wprowadzane do stawów), których wysoka koncentracja stanowić mogą poważne zagrożenie dla środowiska wodnego (Koc, Sidoruk 2013). Zanieczyszczenia wód w stawach hodowlanych mają wpływ na rozwój bytujących w nich organizmów, w tym niekorzystnych dla ryb oraz dla organizmów odbiornika wód zrzucanych ze stawów (Bieniarz i wsp. 2003).

Gospodarka stawowa wymaga technologii hodowli bądź chowu ryb uwzględniającej zarówno możliwości i opłacalność produkcji, jak i określenia wpływu tej działalności na środowisko przyrodnicze. Stąd też istotna jest identyfikacja zagrożeń i sytuacji konfliktowych występujących w środowisku przyrodniczym, spowodowanych hodowlą ryb w stawach (Prądyńska 2004; Sidoruk 2012).

Celem badań była ocena wpływu systemu gospodarowania wodą w hodowli pstrąga na jakość wód powierzchniowych.

1.2. Materiał i metody

Badania dotyczące wpływu technologii gospodarowania wodą w hodowli pstrąga na jakość wód powierzchniowych prowadzono w latach 2010–2012. Do badań wytypowano sześć gospodarstw, które podzielono na dwie grupy pod względem rozwiązań gospodarki wodnej. Pierwszą grupę stanowiły gospodarstwa o jednokrotnym wykorzystaniu wody (OOH), a drugą obiekty z wielokrotnym jej wykorzystaniem (RAS).

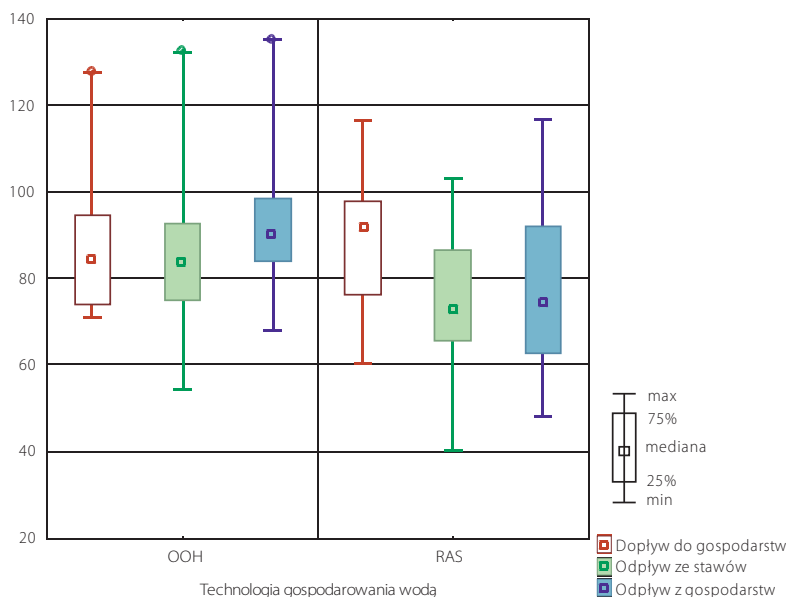
We wszystkich gospodarstwach wyznaczono punkty pomiarowe do oceny wody, tzn. obrazujące jakość wody dopływającej do obiektów, wody w stawach i odpływającej z gospodarstw rybackich. W wybranych punktach wykonano analizy wody (*in situ*). Za pomocą wieloparametrycznej sondy do badań właściwości fizycznych wody YSI 6600 oznaczono nasycenie wód tlenem (%). Z tych samych miejsc pobrano próby wody do analizy laboratoryjnej. Uśrednione próbki wody pobierano do pojemników o objętości 5 dm³ wykonanych z polietylenu, utrwalono i przewieziono do laboratorium. Wykonano następujące oznaczenia: BZT₅ – metodą respirometryczną w aparacie OXI-Top, azot azotanowy (V)

– kolorymetrycznie z kwasem dwusulfanilowym, azot azotanowy (III) – kolorymetrycznie z kwasem sulfanilowym, azot amonowy – kolorymetrycznie z odczynnikiem Nesslera, azot Kiejdahla – metodą destylacji po mineralizacji w kwasie siarkowym, fosfor ogólny – kolorymetrycznie po mineralizacji z molibdenem amonu i chlorkiem cynowym jako reduktorem.

1.3. Wyniki badań i ich omówienie

Stężenie tlenu, będące wynikiem fotosyntezy fitoplanktonu w ekosystemie stawowym, zależy od wielu czynników, m.in.: temperatury, przezroczystości wody, promieniowania słonecznego i zawartości składników odżywczych. Może stanowić nawet do 80% przychodów tlenu w ekosystemie stawowym (Jawecki, Krzemińska 2008). Wahania zawartości tlenu są proporcjonalne do żyzności stawu rybnego. Na zawartość tlenu w wodzie wpływają takie czynniki, jak temperatura wody i jej przezroczystość, zawartość składników pokarmowych oraz promieniowanie słoneczne. Znaczący wpływ mają także indywidualne cechy stawów i zabiegi w nich prowadzone (Jawecki 2008).

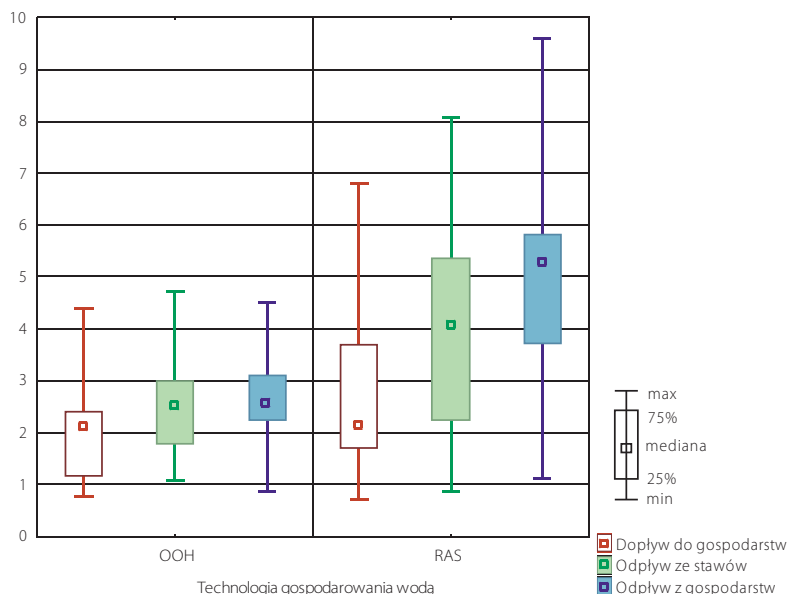
Wody zasilające stawy hodowlane były bardzo dobrze natlenione, a średnia zawartość w nich tlenu rozpuszczonego kształtowała na poziomie 84,3–92,0% (ryc. 1). W gospodarstwach rybackich typu OOH stwierdzono zwiększenie się nasycenia tlenem wód odpływających z gospodarstw o ok. 5%, natomiast w gospodarstwach RAS następowało zubożenie wody w tlen o ok. 12%. W stawach typu RAS mimo prowadzonej intensywnej hodowli pstrąga obserwowano niewielkie zmniejszenie się ilości tlenu w wodach odpływających ze stawów, co uzyskano dzięki sztucznej jej napowietrzaniu (stosowanie aeratorów mechanicznych lub czystego tlenu) w celu stworzenia optymalnych warunków bytowania ryb.



Ryc. 1. Nasycenie tlenem (%) wód dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga

Wody wykorzystywane do zasilania obiektów chowu pstrąga cechowały się względnie niską wartością BZT_5 , a jego średnia wartość mediany w okresie badawczym kształtowała się w zakresie od 2,09 mg/dm³ (OOH) do 2,14 mg/dm³ (RAS) (ryc. 2). Okresowo wartość BZT_5 przekraczała normy, jakim powinny

odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb łososiowatych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r.).



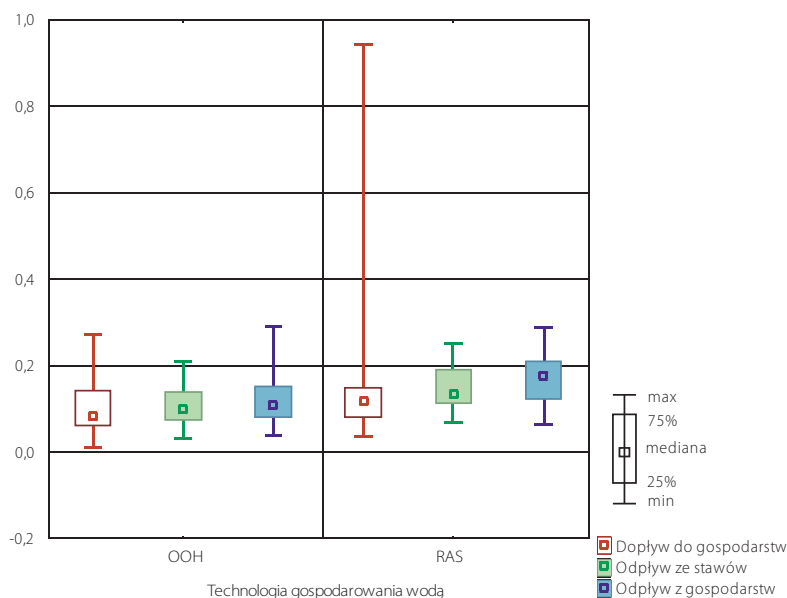
Ryc. 2. Wartość BZT_5 (mg/dm^3) w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga

Taka sytuacja mogła być spowodowana okresowym zwiększonym dopływem zanieczyszczeń, np. w wyniku splukiwania 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 chowu pstrąga. Analizując zmiany wartości BZT_5 w poszczególnych typach gospodarki wodnej, w wodach poprodukcyjnych odpływających z gospodarstw OOH stwierdzono wzrost wartości BZT_5 średnio o ok. $0,5 mg/dm^3$, natomiast w gospodarstwach RAS wzrost BZT_5 był bardziej znaczący i wynosił średnio $3,14 mg/dm^3$.

W wodzie stawowej fosfor występuje w postaci jonów fosforanowych, będących wynikiem dysocjacji kwasu ortofosforowego, oraz jako rozpuszczony fosfor organiczny. Jego główną funkcją w ekosystemach wodnych jest regulacja produkcji biologicznej jako podstawowego biogenu do syntezy związków organicznych, a przez to wpływ na żyzność wód (Bieniarz i wsp. 2003; Raczyńska, Machula 2006).

Fosfor w wodach zasilających badane gospodarstwa rybackie występował głównie w formie organicznej i stanowił średnio 57% w dopływie do gospodarstw OOH i 52% w dopływie do gospodarstw RAS. Mediana stężenia fosforu ogólnego w dopływach do obiektów była zbliżona w obu grupach gospodarstw i wynosiła $0,08 mg/dm^3$ w obiektach typu OOH i $0,12 mg/dm^3$ w gospodarstwach typu RAS (ryc. 3). W gospodarstwach typu RAS okresowo obserwowano zbyt wysoką koncentrację fosforu ogólnego, przekraczającą normy, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb łososiowatych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r.).

Po wykorzystaniu wody na cele hodowlane w odpływie z badanych obiektów obserwowano wzrost stężenia fosforu ogólnego. Analizując przyrosty tego pierwiastka w obu grupach gospodarstw, stwierdzono, że w ośrodkach OOH w wodach odpadowych następował mniejszy wzrost stężenia fosforu ogólnego (średnio o $0,03 mg/dm^3$) niż w gospodarstwach RAS ($0,06 mg/dm^3$).



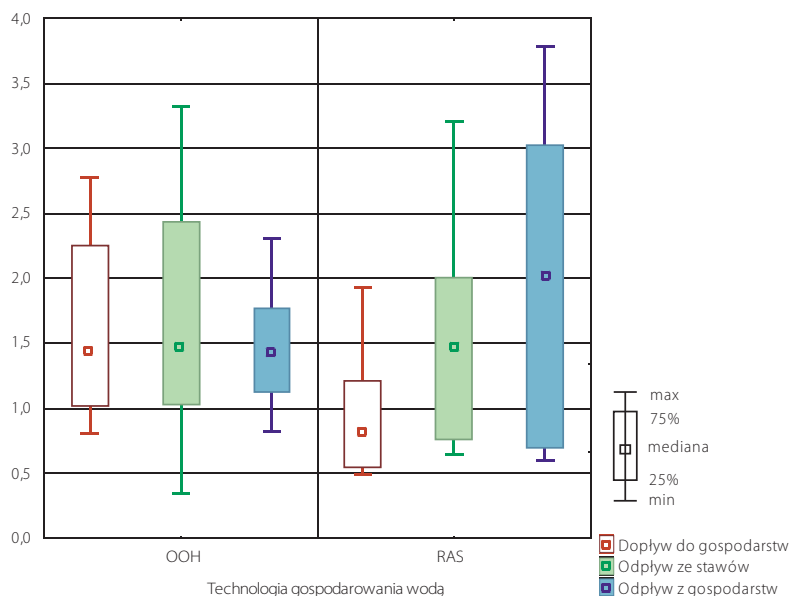
Ryc. 3. Zawartość fosforu ogólnego (mg/dm^3) w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga

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. Niewielka tylko część związków zawartych w karmie zostaje wbudowywana w biomasę ryb, większość pozostaje w wodzie (Raczyńska, Machula 2006; Tucholski, Sidoruk 2012). Szacuje się, że z pożywienia wprowadzanego do stawów zaledwie 5–20% materii zostaje wbudowana w ciało ryb, reszta pozostaje w wodzie, przyczyniając się do jej zanieczyszczenia (Sidoruk i wsp., 2013).

Azot dostaje się do wód głównie w postaci związków mineralnych pochodzących z procesów rozkładu organicznych związków azotowych, opadów oraz gleb. Występuje 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, tj. mocznika, amin, pirydyny, puryny. W wodach naturalnych powstaje z obumarłych organizmów zwierzęcych i roślinnych oraz resztek pożywienia (Koc, Sidoruk 2013).

W wodach zasilających gospodarstwa OOH azot występował głównie w formie mineralnej, która stanowiła 57% azotu ogólnego, natomiast w gospodarstwach RAS stwierdzono przewagę formy organicznej, która wynosiła 52% azotu ogólnego. Mediana stężenia azotu ogólnego w dopływie do gospodarstw OOH wynosiła $1,43 \text{ mg}/\text{dm}^3$ i kształtowała się w zakresie $0,80\text{--}2,25 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Natomiast w środowiskach stosujących system RAS mediana stężenia azotu ogólnego w wodach zasilających była niższa ($0,80 \text{ mg}/\text{dm}^3$) i zmieniała się w przedziale $0,49\text{--}1,93 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (ryc. 4).

Po wykorzystaniu wody w hodowli pstrągów stwierdzono, że w wodach odpływowych w gospodarstwach rybackich stosujących systemy przepływowe następowała redukcja stężenia azotu ogólnego o $0,01 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Odmienna sytuacja wystąpiła w gospodarstwach stosujących recyrkulację wody, w których stwierdzono przyrost stężenia azotu ogólnego o ok. $1,22 \text{ mg}/\text{dm}^3$.



Ryc. 4. Zawartość azotu ogólnego (mg/dm^3) w wodach dopływających i odpływających z obiektów chowu pstrąga

1.4. Wnioski

Stwierdzono wyraźny wpływ stosowanej technologii gospodarowania wodą na wysokość wskaźnika BZT_5 . W wodach odpływających z gospodarstw OOH stwierdzono nieznaczny wzrost wartości BZT_5 o ok. $0,5 \text{ mg/dm}^3$, natomiast w gospodarstwach RAS wzrost BZT_5 był bardziej znaczący i wynosił ok. $3,15 \text{ mg/dm}^3$.

W wyniku wykorzystania wody na potrzeby produkcyjne stwierdzono wzrost koncentracji fosforu w wodach odpływających z obu typów gospodarstw. W ośrodkach RAS w wodach odpływowych następował nieznacznie wyższy wzrost stężenia fosforu ogólnego (średnio o $0,06 \text{ mg/dm}^3$) niż w gospodarstwach OOH ($0,03 \text{ mg/dm}^3$).

Stwierdzono wyraźny wpływ technologii gospodarowania wodą na koncentrację azotu ogólnego w wodach pochodzących. W gospodarstwach stosujących systemy jednokrotnego wykorzystania wody w wodach poprodukcyjnych obserwowano redukcję azotu w stosunku do wód zasilających stawy o $0,01 \text{ mg/dm}^3$, natomiast w gospodarstwach z wielokrotnym wykorzystaniem wód następował wzrost stężenia azotu ogólnego o ok. $1,22 \text{ mg/dm}^3$.

Wody odpadowe z gospodarstw stosujących systemy recykulacji wód cechuje znaczący wzrost wartości BZT_5 (Me-5,29 mg/dm^3) do poziomu mogącego mieć niekorzystny wpływ na warunki bytowania ryb.

1.5. Piśmiennictwo

- Bieniarz K., Kownacki A., Epler P. 2003. Biologia stawów rybnych, cz. I. Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 1–98.
- Jawecki B. 2008. Dobowe ekstrema tlenowe w stawie rybnym. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 528: 373–379.
- Jawecki B., Krzemińska A. 2008. Wpływ temperatury wody na natlenienie strefy eutroficznej stawu karpiego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 528: 381–387.

- Koc J., Sidoruk M. 2013. Effect of a trout aquaculture technology on quality of waters. W: Szarek J., Skibniewska K.A., Zakrzewski J., Guziur J. (eds.). The quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) from technologies applied in Poland. ElSet, Olsztyn: 101–120.
- Prądzyska D. 2004. Próba oceny oddziaływania stawów hodowlanych na środowisko przyrodnicze (na przykładzie gminy Malechowo). Studia Ekologiczno-Krajobrazowe w Prognozowaniu Rozwoju Zrównoważonego. Problemy Ekologii Krajobrazu, 13: 221–226.
- Raczyńska M., Machula S. 2006. Oddziaływanie stawów karpowych na jakość wód rzeki Kąpiel (Pomorze Zachodnie). Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4(2): 141–149.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakimi powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (Dz.U. Nr 176 poz. 1455).
- Sidoruk M. 2012. Wpływ chowu pstrąga w stawach ziemnych na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych. Inżynieria Ekologiczna, 31: 101–110.
- Sidoruk M., Koc J., Szarek J., Skibniewska K., Guziur J., Zakrzewski J. 2013. Wpływ produkcji pstrąga w stawach betonowych z kaskadowym przepływem wody na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych. Inżynieria Ekologiczna, 34: 206–213.
- Tucholski S., Sidoruk M. 2012. Wpływ zasilania stawów hodowlanych biologicznie oczyszczonymi ściekami na jakość wody w stawach. Proceedings of ECOpole, 6(1): 287–292.

2. Metodyka oceny wskaźników hodowlano-użytkowych pstrągów handlowych z obiektów o zróżnicowanej technologii produkcji

2.1. Wstęp

Potrzeba doskonalenia metod produkcji ryb oraz zainteresowanie nowymi technikami hodowlanymi sprawiły, iż wnioskowanie o sukcesie programu hodowlanego staje się wiarygodne dopiero dzięki zastosowaniu metod pozwalających określić wartości cech ilościowych. Cechy te są warunkowane przez wiele genów, ale również modyfikowane przez czynniki środowiskowe (Goryczko 2008). Morfologiczne zróżnicowanie ciała osobników w obrębie gatunku może wynikać z różnic genetycznych, zmiennych warunków środowiskowych oraz z interakcji zachodzących pomiędzy genotypem a warunkami środowiskowymi. Wiadomo, że istnieje osobnicze zróżnicowanie cech morfologicznych ryb, które z pewnością jest w pewnym stopniu dziedziczne (Wiśniewska 2005).

W krajach europejskich intensywne systemy hodowli zostały upowszechnione dla szeregu gatunków ryb. Aby produkcja była opłacalna, hodowca musi wziąć pod uwagę oczekiwania konsumenta, który docenia nowe produkty, takie jak gotowe tusze czy filety. Z kolei produkcja przetworzonych produktów rybnych na skalę przemysłową wymaga standaryzacji wielkości ryb.

2.2. Materiał i metody

Harmonogram i metodyka realizacji prezentowanego projektu zakładała badanie pstrągów towarowych (handlowych), żywionych tym samym typem paszy (granulatu). Badane obiekty stawowe zostały podzielone, ze względu na stosowaną technologię chowu, na dwie grupy: o ekstensywnym poziomie produkcji i jednokrotnym wykorzystaniu wody (OOH) oraz o intensywnym poziomie produkcji i recykulacji wody (RAS). W każdej grupie technologicznej badania prowadzono w trzech niezależnych od siebie obiektach.

W celu oceny wskaźników hodowlano-użytkowych przyjęto następującą procedurę badawczą. Badania prowadzono w okresie późnej wiosny i jesieni, w latach 2010–2012. Poprzedzono je badaniem pilotażowym w dwóch wytypowanych obiektach hodowlanych (po jednym z każdej grupy technologicznej). Wybór precyzyjnego terminu badań podyktowany był terminami osiągnięcia sortymentu handlowego ryb w analizowanych obiektach. Jednocześnie, ze względu na towarzyszące inne analizy

(szczególnie dotyczące wpływu chowu pstrąga tęczowego na jakość wody), założono analizę wskaźników w okresach newralgicznych dla jakości wód (wiosna i jesień). Łącznie wykonano dwa pobory wiosenne i dwa pobory jesienne.

Z obu grup technologicznych (OOH, RAS), na potrzeby badań podstawowych, w okresie badawczym odłowionych zostało 960 ryb. Ryby były pozyskiwane w trakcie jednego dnia na terenie danego gospodarstwa (obiektu), każdorazowo po tzw. odpiciu. Z każdego gospodarstwa pobierano jednorazowo 40 ryb, po 20 z obu sortymentów: M (350–500 g) i D (501–850 g).

O wyborze gospodarstw decydowały: lokalizacja, terminy poboru prób oraz zróżnicowanie wielkości produkcji w poszczególnych grupach technologicznych. Badania prowadzone były w sześciu gospodarstwach pstrągarskich: 1-OOH, 2-OOH, 3-OOH, 1-RAS, 2-RAS, 3-RAS (tabela 1).

Tabela 1. Typ produkcji pstrąga tęczowego i wielkość zagęszczenia w analizowanych gospodarstwach

Typ gospodarstwa	Wielkość wyjściowej obsady – zagęszczenie ryb (kg/m ³)
1-OOH	24,9
2-OOH	2,7
3-OOH	6,8
Średnio (grupa OOH)	11,4
1-RAS	82,5
2-RAS	107,5
3-RAS	61,3
Średnio (grupa RAS)	83,8

Analizowano następujące parametry technologiczne i biometryczne: odłów ryb (kg/m³), przyrost jednostkowy ryb (g/szt.), przeżywalność obsad (P%), zużycie paszy w kg na 1 kg przyrost ryb (wskaźnik FCR), długość Lc (cm), masę ryb W (g), wartość rzeźną ryb – bezwzględną (g) oraz relatywną (%), współczynnik odżywienia (kondycji) wg Fultona.

Jeżeli ryby nie były zabezpieczane na potrzeby innych badań, do pomiarów biometrycznych stosowano anestezję przy użyciu roztworu anestetyku (2-phenoxy-ethanol; 0,6–1,0 ml anestetyku na 1 dm³ wody), a następnie przyżyciowo dokonywano pomiarów przy użyciu suwmiarki (o dokładności do 0,01 mm) (Wiśniewska 2005). Masę ryb określano z dokładnością do 1 g.

Jako długości ciała mierzono odległości wzdłuż osi ciała: długość całkowitą ciała (od początku pyska do końca promieni twardych płetwy ogonowej) oraz długość ciała (od początku pyska do nasady płetwy ogonowej). Celem dokonania pomiarów wydajności rzeźnej mierzono masę całej ryby, masę tuszy oraz masę i długość części głowowej. Znakowanie miało na celu umożliwienie powiązania pomiarów wartości rzeźnej z pozostałymi pomiarami.

Badane cechy morfologiczne podzielono na dwa zbiory: cechy mierzalne uzyskane z pomiarów oraz indeksy hodowlane.

Indeksy hodowlane obliczono według wzorów podanych przez Czubak (1966), które zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Indeksy hodowlane oraz wskaźniki charakteryzujące surowiec rybny (Czubak 1966)

Indeks	Symbol	Wzór	Opis danych
Długość ciała (% długości całkowitej)	A	$A = \frac{SLII \times 100}{TLI}$	TLI – długość całkowita ciała (mm) SLII – długość ciała (mm)
Wskaźnik długości głowy	D	$D = \frac{SLII}{l_c}$	l _c – długość głowy (mm) SLII – długość ciała (mm)
Indeks masy na jednostkę długości ciała	F	$F = \frac{W}{SLII}$	W – masa całkowita (g) SLII – długość ciała (mm)
Współczynnik Fultona	G	$G = \frac{100 \times W}{SLII^3}$	W – masa całkowita (g) SLII – długość ciała (mm)
Wydajność tuszy	J	$J = \frac{W_t}{W} \times 100\%$	W _t – masa tuszy (g) W – masa całkowita (g)

Zbadano związki cech mierzalnych z wydajnością rzeźną pstrąga. Każda ryba była ważona w całości, następnie zabijana, patroszona i ponownie ważona w celu określenia masy tuszy. Tusze były ważone ze skórą. Następnie rybę dekapitowano i określano masę części głowowej. Wydajność rzeźna ryby była definiowana jako stosunek masy tuszy do całkowitej masy ryby.

Wypracowano następujący schemat postępowania podczas opracowywania wartości cech morfologicznych.

- Sprawdzono rozkłady wartości poszczególnych zmiennych. Dla wszystkich cech obliczono: wartość średnią ($\bar{x}$), wariancję (s^2) i odchylenie standardowe (SD) oraz określono wartość minimalną i maksymalną. Badanie rozkładu wartości zmiennych przeprowadzono dla wszystkich ryb łącznie oraz z podziałem na grupy technologiczne, sezony poboru prób i sortymenty ryb. Do zbadania normalności rozkładu wartości badanych cech przeprowadzono test Shapiro–Wilka (Wagner 1990).
- Sformułowano i zbadano hipotezę zerową o braku różnic pomiędzy średnimi wartościami cech morfologicznych w poszczególnych grupach technologicznych. Do testowania tej hipotezy posłużono się analizą wariancji, którą przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.
- Obliczono współczynnik zmienności zbadanych cech mierzalnych w poszczególnych grupach technologicznych oraz dla wszystkich ryb łącznie. Cechy, dla których wartość współczynnika zmienności była niższa niż 10%, uznano za mało plastyczne (Ruszczyc 1981).
- Dla każdej ryby obliczono indeksy hodowlane według wzorów podanych przez Czubak (1966) oraz współczynniki charakteryzujące ryby jako surowiec dla przemysłu spożywczego (Polska Norma 1999).
- Przyjęto, że wartość wskaźnika Fultona powyżej 1,20 określa ryby o bardzo dobrej kondycji, w granicach 1,00–1,20 ryby o dobrej kondycji, zaś wartości poniżej 1,00 – ryby o przeciętnej lub słabej kondycji (w skrajnym przypadku – ryby wychudzone lub chore).

Ustalono zostały następujące parametry badanych technologii hodowli pstrągów: przeżywalność obsad ryb (P%), zużycie paszy (kg) na 1 kg przyrostu ryb, przyrost jednostkowy w sezonie (g/szt.).

Wskaźniki hodowlano-produkcyjne uzyskiwano na podstawie analizy zapisów ksiąg hodowlanych stawów oraz informacji pozyskanych od kierowników – ichtiologów z poszczególnych gospodarstw rybactw. Wyniki zestawiano w tabelach zbiorczych z jednoczesnym obliczaniem średnich dla poszcze-

gólnych parametrów (wskaźników). Wyniki uzyskane ww. metodami są obiektywne, weryfikowalne oraz porównywalne.

2.3. Wyniki badań i ich omówienie

Porównanie wartości wskaźników hodowlano-technologicznych odnotowanych 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 kontynuowano badania w zaplanowanych sezonach badawczych. Z uwagi na fakt, że obserwacje sugerowały nierównomierny rozkład wartości zależny od sezonu hodowlanego, w dalszych pracach postanowiono próby pobierać w dwóch kategoriach wagowych – tzw. sortymencie M (350–500 g) i D (501–850 g).

Po zakończeniu serii poborów prób sprawdzono, czy przyjęte postępowanie było słuszne oraz czy obserwowane różnice w wartościach badanych parametrów nadal różniły się istotnie w zależności od sezonu poboru. Nie rozdzielając danych na sortymenty, różnice istotne statystycznie stwierdzono jedynie dla parametru współczynnik Fultona. Miało to znaczenie dla dalszych analiz oraz wskazówek metodycznych do prowadzenia podobnych prac badawczych. Po podzieleniu danych na sortymenty M i D otrzymano potwierdzenie istotności zróżnicowania dla parametru masa w sortymencie M i parametru współczynnik Fultona dla sortymentu D (tabela 3).

Wyniki potwierdzają iż przyjęte podejście metodyczne było prawidłowe, gdyż pozwoliło na stwierdzenie zależności pomiędzy uzyskiwanymi wartościami współczynnika Fultona a okresem hodowlanym (wiosenny i jesienny), ze wskazaniem, iż wyższe wartości tego współczynnika są osiągane w okresie wiosennym.

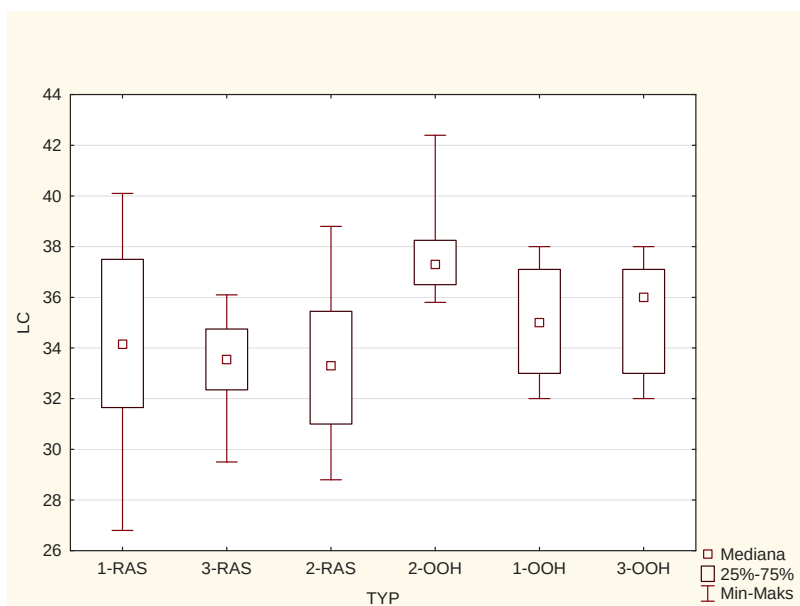
Tabela 3. Wyniki testu t-Studenta uzyskane w analizie parametrów Lc, masa i współczynnik Fultona w podziale na dwa okresy badawcze (wiosenny i jesienny), bez podziału na grupy technologiczne. Różnice istotne statystycznie wyróżniono kursywą

Wskaźnik	Średnia		t	p	Odchylenie standardowe	
	okres wiosenny	okres jesienny			okres wiosenny	okres jesienny
Bez podziału na sortymenty						
Lc	35,0425	35,2525	-0,416	0,677	2,015	2,468
Masa	526,7750	504,1800	0,985	0,327	91,680	112,418
Współczynnik Fultona	1,2151	1,1090	3,019	0,003	0,087	0,204
Sortyment M						
Lc	33,4250	33,1050	0,897	0,375	1,269	0,963
Masa	445,8500	410,5950	2,896	0,006	31,787	44,195
Współczynnik Fultona	1,1980	1,0772	1,841	0,073	0,108	0,272
Sortyment D						
Lc	36,6600	37,4000	-1,883	0,067	1,105	1,365
Masa	607,7000	597,7650	0,496	0,622	49,553	74,496
Współczynnik Fultona	1,2322	1,1408	3,636	0,000	0,058	0,096

Tabela 4. Podstawowe statystyki opisowe danych zebranych w trakcie wszystkich pobrań – bez podziału na grupy technologiczne

Wskaźnik	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	SD
Lc (cm)	960	35,74	34,90	26,65	184,10	11,39
Masa (g)	960	512,14	493,25	160,50	1005,50	157,16
Wydajność rzeźna (g)	960	443,93	423,25	175,00	872,50	135,53
Relatywna wydajność rzeźna (%)	960	86,40	86,44	31,83	110,14	4,44
Współczynnik Fultona	960	1,16	1,16	0,40	1,70	0,14

Następnie analizowano różnice w uzyskiwanych wartościach badanych parametrów w zależności od typu technologii chowu. W tym celu posługiwano się metodą nieparametrycznej analizy wariancji (testem Kruskala–Wallisa). Stwierdzono różnice dla wartości badanych parametrów uzyskiwanych w obu typach technologicznych (OOH i RAS). Dla przykładu, dla parametru Lc wartości testu Kruskala–Wallisa: $H(5, N = 240) = 67,74048, p = 0,000$ pozwalają na stwierdzenie, że nie ma wewnętrznego zróżnicowania w hodowlach typu RAS. Istotnie różne wyniki otrzymano, porównując wyniki uzyskane dla gospodarstwa 2-OOH i pozostałych gospodarstw (dane zaznaczone na czerwono) oraz dla gospodarstw 3-OOH, 2-RAS i 3-RAS.

**Ryc. 1.** Porównanie wartości parametru Lc uzyskiwanych w obu testowanych typach hodowli, bez podziału na grupy

Podobne analizy wykonano dla wszystkich badanych wskaźników. Istotne statystycznie zróżnicowanie, ze względu na typ hodowli, obserwowano dla parametrów hodowlanych Lc, relatywna wartość rzeźna, i współczynnik 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 (tabela 5).

Tabela 5. Wyniki testu Kruskala–Wallisa dla analiz różnicowania wartości badanych parametrów w podziale na sortymenty D i M

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

Po wprowadzeniu obu parametrów różnicujących – typ hodowli i sortyment – nie stwierdzono jednoznacznego różnicowania pomiędzy typami technologicznymi, natomiast obserwowano wewnętrzne różnicowanie: wobec pozostałych grup. Największe różnice dotyczyły wyników otrzymanych w hodowli 2-OOH, następnie 3-RAS i 2-RAS.

W przypadku analizowanych parametrów odnoszących się bezpośrednio do badanych obiektów przygotowano zestawienia ich wartości; na potrzeby innych analiz wykonywanych w projekcie. Dodatkowo porównano uzyskiwane wartości dla przeżywalności, współczynnika pokarmowego FCR, wielkości odłowu i przyrostu w obu analizowanych typach gospodarstw (tabela 6).

Tabela 6. Zestawienie wartości średnich dla badanych parametrów w podziale na sortymenty wagowe ryb i pobrania dla obu technologii (OOH, RAS)

Grupa	Sortyment ryb	Pobranie	Lc	Masa	Wartość rzeźna	% Rzeźny	Współczynnik Fultona
OOH	M	I–IV	33,08	414,30	355,43	85,88	1,14
	D	I–IV	38,47	666,98	575,53	86,44	1,16
RAS	M	I–IV	32,93	392,55	338,82	84,98	1,11
	D	I–IV	37,58	645,73	550,53	85,10	1,22
Ogółem	—	—	35,52	529,89	455,08	85,60	1,16

Ze względu na zaplanowane różnicowanie parametrów gospodarczych obiektów (tabela 7) zebrane dane, na potrzeby dalszych porównań, standaryzowano. Tabele 7–9 przedstawiają rzeczywiste uśrednione wartości zebranych wyników.

Tabela 7. Zestawienie parametrów obiektów hodowlanych biorących udział w badaniach

Wskaźniki	Gospodarstwa					
	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
nr st. z prod. rybacką	—	—	—	(II)	(IV)	(V)

Tabela 8. Przykładowe wielkości obsad i odłowów uzyskiwanych w badanych obiektach oraz wartości współczynnika FCR

Gospodarstwo	Wskaźniki					
	Objętość wody w stawie	Obsada		Odlów		FCR
		m³	kg	kg/m³	kg	
1-OOH	56	775	13,83	1394	24,89	0,97
	56	621	11,08	1285	22,95	1,05
	56	511	9,13	1218	21,75	1,09
	56	534	9,57	1267	22,62	1,08
2-OOH	2700	1020	0,38	9200	3,43	1,08
	3500	1095	0,31	10 480	3,00	1,11
	2700	540	0,20	10100	3,74	1,12
	2700	450	0,17	9650	3,57	1,10
3-OOH	148	1220	8,24	2710	18,33	1,11
	148	1100	7,43	2857	19,31	1,08
	160	1687	10,54	3102	19,36	1,15
	380	198	0,52	490	1,28	1,28
Średnia OOH	1055	812	5,95	4479	13,69	1,10
1-RAS	210	2210	10,51	5870	27,95	0,98
	210	2175	10,38	6600	31,43	1,20
	210	2030	9,67	7030	33,48	1,18
	210	2272	10,82	7110	33,86	1,12
2-RAS	470	7600	16,17	15 400	32,77	1,03
	470	7100	15,11	16 890	35,94	0,99
	200	3400	17,00	6110	30,55	1,05
	200	4510	22,55	6520	32,60	0,90
3-RAS	100	1480	14,80	3340	33,40	1,03
	100	1500	15,00	3200	32,00	1,05
	125	1150	9,20	3860	30,88	1,05
	125	1310	10,48	4125	33,01	1,06
Średnia RAS	219,17	3061	13,47	7171	32,32	1,05

Tabela 9. Średnie wartości przyrostów i przeżywalności uzyskiwane w badanych obiektach w trakcie całego okresu badawczego

Gospodarstwo	Przyrost			
	ogólny (kg)	sztuki (g/szt.)	średni dzienny (%)	przeżywalność (P%)
1-OOH	476,33	231,33	0,67	97,90
2-OOH	6981,00	509,83	1,01	95,35
3-OOH	1802,67	276,67	0,71	96,90
1-RAS	4014,33	224,67	1,05	91,55
2-RAS	7583,33	176,00	0,82	94,00
3-RAS	1933,33	231,33	1,25	90,60

W celu porównania analizowanych wskaźników produkcyjnych posłużono się testem *t*-Studenta. Analizowano wyniki otrzymane w całym okresie badań. Otrzymane wyniki wskazują, że istotne różnice obserwowane były dla parametrów odłów, przeżywalność i przyrost jednostkowy sztuki. Natomiast nie stwierdzono zróżnicowania ze względu na współczynnik FCR.

Tab. 10. Końcowa analiza porównawcza 4 wskaźników technologicznych w 2 grupach badawczych (OOH, RAS)

Technologia chowu	Wskaźnik technologiczny			
	odłów (kg/m ³)	przeżywalność (P%)	przyrost sztuki (g/szt.)	zużycie paszy – FCR
OOH	13,69	96,72	480	1,10
RAS	32,32	91,05	286	1,05
Różnice statystyczne (p)	istotne	istotne	istotne	nieistotne
	$p = 0,0004$	$p = 0,0001$	$p = 0,00001$	$p = 0,9026$

2.4. Podsumowanie i wnioski

1. Uzyskane wyniki wskaźników technologiczno-produkcyjnych w obu grupach gospodarstw (OOH, RAS) w poszczególnych etapach badań były wysoko powtarzalne (tabela 6).
2. Finalne zagęszczenie ryb (kg/m³) w stawach i basenach podczas ich końcowego odłowu w gospodarstwach z intensywną technologią tuczu (RAS) było średnio 2,5-krotnie większe aniżeli w gospodarstwach z ekstensywną technologią chowu OOH (tabela 6).
3. Wyższe tempo wzrostu, określane na podstawie średniego procentowego przyrostu dziennego, wykazywały ryby w gospodarstwach RAS, co wiązało się z krótkim i intensywnym tuczem, a wahania spowodowane były temperaturą wody (tabela 9).
4. Pasza stosowana w badanych gospodarstwach pochodziła z produkcji czterech różnych, renomowanych firm, posiadających w kraju największą popularność i sprzedaż – ALLE-AQUA (41,5% udziału w sprzedaży), BIOMAR (34,6%), SKRETTING (12,3%), AGRO-FISH (6,7%) – Bontemps, 2011). W większości gospodarstw w okresie pobierania prób stosowano tę samą paszę.
5. Oszacowany współczynnik pokarmowy FCR w obu technologiach był bardzo podobny (różnice statystyczne nieistotne, gdzie $p = 0,9026$) i osiągnął wartości średnie na poziomie 1,1 w technologii ekstensywnej (OOH) i 1,05 – w technologii RAS. Efekt ten jest zgodny z obliczonym wcześniej wyrównanym współczynnikiem kondycji Fultona dla obu grup technologii.
6. Uzyskane wyniki poziomu współczynnika FCR ze wszystkich sezonów (etapów) uznać należy za bardzo dobre w stosunku do wyników statystycznych z 2010 r., gdzie współczynnik ten dla większości gospodarstw pstrągowych w Polsce wyniósł średnio 1,12 (Bontemps 2008).
7. Podczas końcowego okresu tuczu w obu stosowanych technologiach odnotowano wysoką przeżywalność obsad ryb, przy czym w gospodarstwach ekstensywnych OOH była ona wyższa w stosunku do gospodarstw grupy RAS (tabela 9 i 10). Gospodarstwa z technologią OOH osiągnęły przeżywalność ryb na poziomie ponad 96% i statystycznie istotnie różniły się ($p = 0,0001$) od technologii RAS, gdzie średnia przeżywalność ryb wynosiła 91%.
8. 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 i popytu.

9. Końcowy tucz ryb w technologii OOH trwał średnio 5 miesięcy, osiągając średni przyrost jednostkowy sztuki 480 g, zaś w gospodarstwach RAS tucz trwał tylko ok. 2,5 miesiąca, osiągając średni przyrost jednostkowy sztuki ok. 286 g.
10. Z przeprowadzonych badań, realizowanych w sześciu gospodarstwach pstrągowych na terenie kraju, 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 M (do 500 g/szt.), jak i ryb większych, z sortymentu D (501–850 g/szt.).
11. 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 pstrągów M i D (tabela 6).
12. Nie stwierdzono różnic w kondycji ryb, mierzonej współczynnikiem Fultona, zarówno w obu grupach technologicznych (OOH, RAS), jak i w sortymentach wielkościowych ryb M, D (tabela 6).

2.5. Piśmiennictwo

- Bontemps S. 2008. Analiza produkcji i sprzedaży pstrągów tęczowych w 2007 r. Komunikaty Rybackie, 4: 25–36.
- Bontemps S. 2011. Analiza produkcji i sprzedaży pstrągów. Przegląd Rybacki, 5: 20–22.
- Czubak C. 1966. Wskaźniki hodowlane dla chowu karpia. Acta Hydrobiologia, 8(3–4): 161–216.
- Goryczko K. 2008. Pstrągi chów i hodowla. Wydawnictwo IRŚ, Olsztyn.
- Ruszczyc Z. 1981. Metodyka doświadczeń zootechnicznych. PWRiL, Warszawa: 3–425.
- Wagner W. 1990. Test normalności wielowymiarowej Shapiro–Wilka i jego zastosowania w doświadczalnictwie rolniczym. Poznań: Wydawnictwo Akademii Rolniczej; 3–91.
- Wiśniewska A.M. 2005. Zastosowanie wielowymiarowych technik eksploracyjnych w badaniach morfologicznych ryb. Praca doktorska, Olsztyn [manuskrypt].

3. Wpływ technologii chowu na skład chemiczny tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego

3.1. Wstęp

Z końcem XX w. okazało się, że morza i oceany nie są niewyczerpanym źródłem pożywienia. Ponadto rosnący poziom zanieczyszczeń wód słonych wywołuje niechęć do pozyskiwania z nich pożywienia wysokiej jakości. W efekcie akwakultura stała się rosnącym dynamicznie sektorem przemysłu rolno-spożywczego na świecie. W 2010 r. produkcja ryb słodkowodnych wyniosła 33 742 437 ton o wartości 51 460 074 USD, z czego 3 444 203 ton stanowiła produkcja karpia o wartości 4 551 826 USD i 728 448 ton pstrąga o wartości 3 416 547 USD (FAO 2010).

Pstrąg tęczowy znajduje się na drugim miejscu (po omułku śródziemnomorskim) wśród 10 głównych gatunków produkowanych w europejskiej akwakulturze i na pierwszym, jeżeli chodzi o ryby, natomiast karp plasuje się na miejscu siódmym (Komisja Europejska 2012). W 2009 r. w UE wyprodukowano pstrąga w ilości 199 905 ton żywej wagi, co stanowiło 15% ogółu produkcji i posiadało wartość 666 263 tys. EUR (21% wartości ryb wyprodukowanych w akwakulturze), zaś w Polsce wyprodukowano 14 872 ton pstrąga tęczowego o wartości 30 922 EUR. Warto nadmienić, że w 2009 r. produkcja pstrąga wyniosła 41% całości produkcji akwakultury.

W związku z rosnącym zainteresowaniem konsumentów produktami polskiej akwakultury powstała potrzeba oceny jakości jednego z dwu podstawowych gatunków ryb produkowanych w polskich gospodarstwach rybackich. Celem badań była ocena wpływu technologii chowu na skład chemiczny tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego.

3.2. Materiał i metody

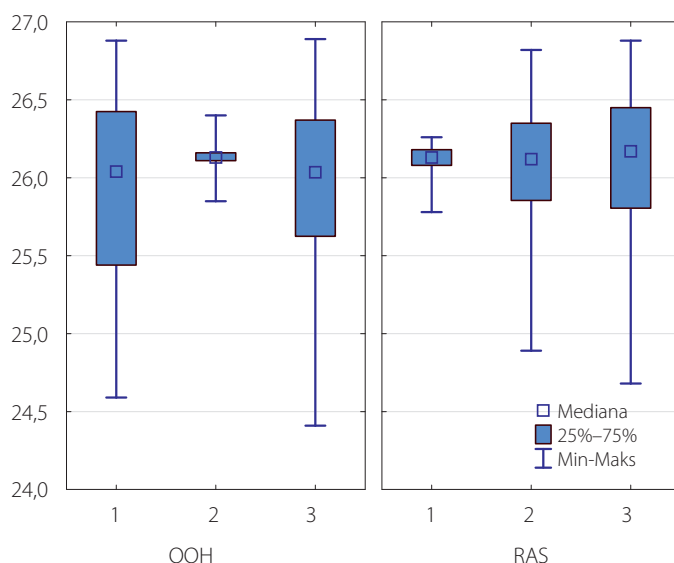
Materiał badawczy stanowiły pstrągi tęczowe odłowione w sześciu wyselekcjonowanych gospodarstwach pstrągowych: trzy z nich prowadziły produkcję na wodzie przepływowej, z jednokrotnym jej wykorzystaniem (oznaczone jako OOH), trzy stosowały recyrkulację (RAS). Próbkę pobrano do badań w latach 2010–2012 (wiosną i jesienią). W sześciu gospodarstwach każdorazowo odławiano po 20 ryb sortymentu M (350–500 g) i 20 sortymentu D (501–850 g). Ryby patroszono na miejscu, pobrane próbki pakowano do oznakowanych worków polietylenowych przeznaczonych do kontaktu z żywnością i przewożono w przenośnych lodówkach do laboratorium.

Natychmiast po przywiezieniu z próbek pobierano wycinek tkanki mięśniowej od strony dorsalnej (grzbietowej) do brzusznej o szerokości ok. 10–15 cm, usuwano skórę i ości, siekano nożem i homogenizowano (typ PRO350 BIOEKO, czas: 40 s, prędkość: 11.000 rpm). Z tak przygotowanego materiału pobierano próbki do dalszych analiz. Oznaczono suchą masę całkowitą metodą wagową wg PN 62/A/86783, tzn. suszenie do stałej wagi w temperaturze 105°C, popiołowość metodą wagową w temperaturze 650°C, zawartość białka poprzez oznaczenie zawartości azotu ogólnego metodą Kjeldahla oraz przeliczenie na białko ogólne z zastosowaniem przelicznika wynoszącego 6,25, zgodnie z normami PN-A-04018:1975, PN-A-04018:1975/Az3:2002, a także tłuszcz ogółem metodą wagową po ekstrakcji metodą Folcha i wsp. (1957), polegającej na homogenizacji próbki kolejno z metanolem i chloroformem, odsączeniu homogenatu, przepłukaniu pozostałości mieszaniną chloroform: metanol (2 : 1), wysoleniu próbki, oddzieleniu warstwy lipidowej i oddestylowaniu rozpuszczalnika. Profil kwasów tłuszczowych w hydrolizacie tłuszczu uzyskanego według zmodyfikowanej metody Peiskera (Żegarska i wsp. 1991) oznaczono metodą chromatografii gazowej (Agilent Gas Chromatograph 6890N) z płomieniowym detektorem jonizacyjnym i 30-metrową kolumną kapilarną.

Wyniki poddano analizie statystycznej z zastosowaniem oprogramowania STATISTICA for Windows v. 10 (StatSoft Inc.). Hipotezy statystyczne testowano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Istotność różnic między średnimi oceniono z pomocą testu Tukey'a.

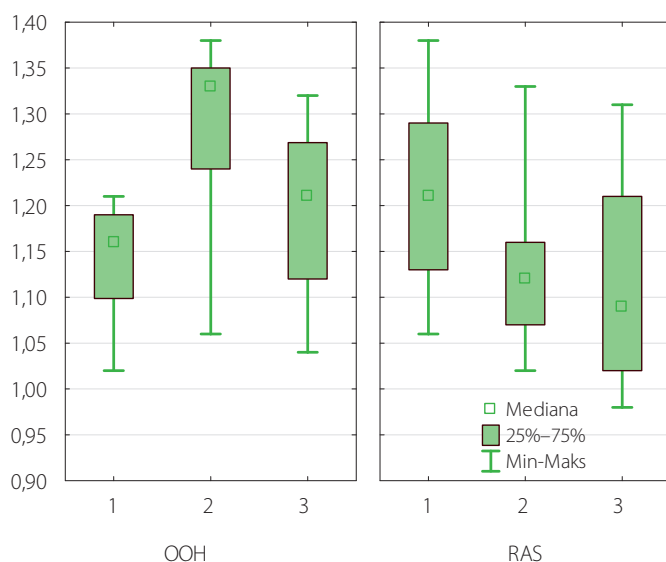
3.3. Wyniki badań i ich omówienie

Sucha masa całkowita należy do podstawowych parametrów stosowanych przy ocenie jakości produktów spożywczych (Başyiğit, Tekin-Özan 2013). Jej średnia zawartość w próbkach z poszczególnych gospodarstw została oznaczona w wąskich granicach 25,91–26,13%, a analiza statystyczna nie wykazała różnic zarówno pomiędzy poszczególnymi gospodarstwami, jak i pomiędzy technologiami (OOH – 25,99% i RAS – 26,10%) – ryc. 1.



Ryc. 1. Zawartość suchej masy (%) w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw

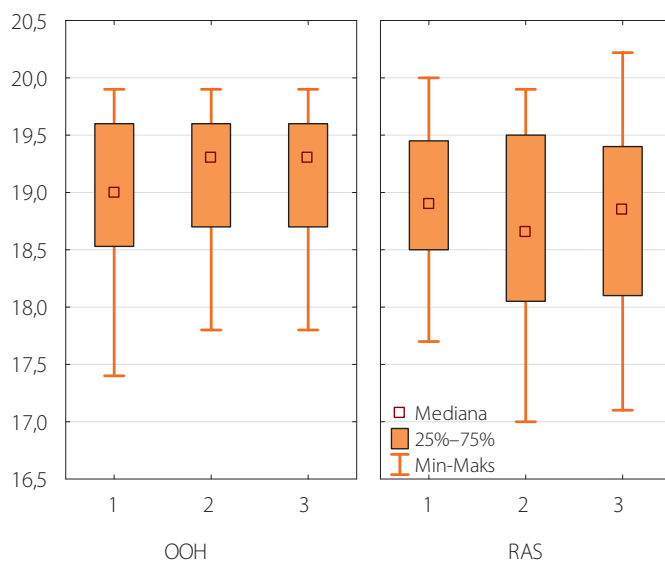
Kolejnym, ważnym parametrem oceny jakości produktu spożywczego jest zawartość popiołu ogólnego pozostającego po spaleniu próbki produktu (Vujadinović, Marjanović-Balaban 2012). Stanowi on całkowitą zawartość związków mineralnych pozostałą po spaleniu, bez względu na to, w jakiej postaci występowały one w produkcie. Skład i ilość tych substancji w mięsie zwierząt hodowlanych, w tym i pstrąga, zależy głównie od dostępności tych pierwiastków w paszy, od gatunku zwierząt, ich stanu fizjologicznego i wieku. Średnia zawartość popiołu w tkance mięśniowej ryb odłowionych w poszczególnych gospodarstwach zawarta była w przedziale 1,12–1,28%, przy czym zawartość popiołu w tkance mięśniowej ryb z technologii OOH wynosiła 1,20%, zaś z technologii RAS – 1,15%. Niemniej analiza statystyczna nie potwierdziła istotnego wpływu stosowanych technologii hodowli na zawartość składników mineralnych w mięsie pstrąga (ryc. 2).



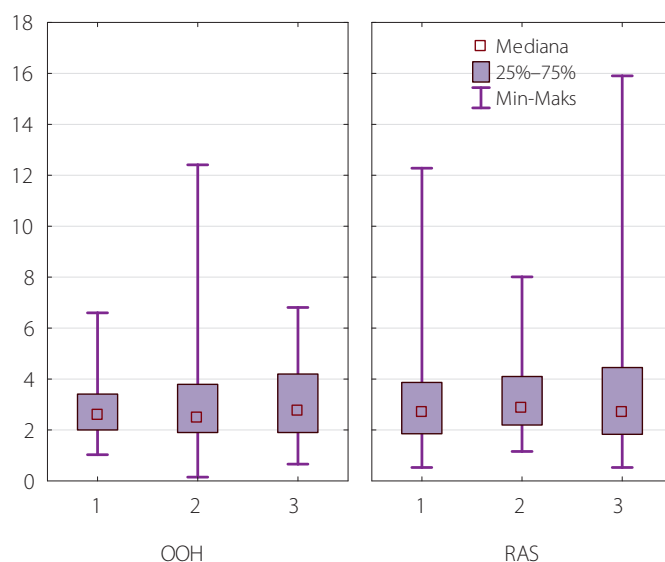
Ryc. 2. Zawartość popiołu ogólnego (%) w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw

Tkanka mięśniowa ryb zawiera białko wysokiej jakości, porównywalne w swoim składzie z białkiem wzorcowym, gdyż charakteryzuje się ono wysoką zawartością aminokwasów egzogennych (Aussan-suwannakul i wsp. 2012). Pstrągi z poszczególnych gospodarstw zawierały średnio 18,73–19,15% białka, przy czym rozrzut wyników w poszczególnych gospodarstwach był niewielki (ryc. 3). Zawartość białka w rybach z różnych gospodarstw również była podobna, dlatego też analiza statystyczna nie potwierdziła różnic pomiędzy grupami wyników, choć zaobserwowano nieco niższą średnią dla grupy OOH (19,10%), w porównaniu do grupy RAS (18,81%). Różnica ta może wynikać z nieco wyższej zawartości tłuszczu w grupie ryb z technologii RAS.

Zawartość tłuszczu ogółem w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw przedstawiono na rycinie 4. Zaobserwowano znaczne różnice w zawartości tego składnika tkanki mięśniowej u poszczególnych ryb, nawet w obrębie tego samego gospodarstwa i przy odłowieniu w jednym terminie. Odzwierciedleniem tego faktu jest wysoka wartość odchylenia standardowego i, w konsekwencji, brak różnic pomiędzy rybami z poszczególnych gospodarstw. Średnia zawartość tłuszczu ogółem w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw wyniosła 2,82–3,52%. Ryby z gospodarstw stosujących technologię OOH zawierały średnio 2,98% tłuszczu i nie różniły się istotnie pod tym względem od ryb z gospodarstw RAS (3,35%).



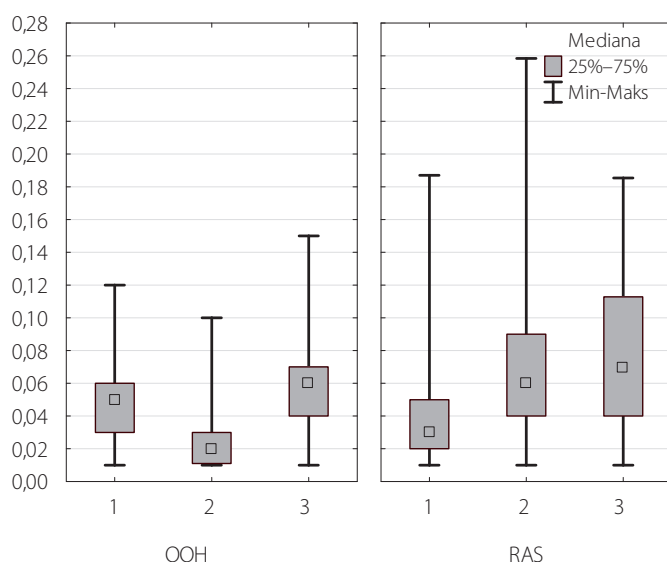
Ryc. 3. Zawartość białka ogółem (%) w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw



Ryc. 4. Zawartość tłuszczu ogółem (%) w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw

Analiza składu kwasów tłuszczowych badanych ryb wykazała bardzo korzystny dla organizmu człowieka profil kwasów tłuszczowych (Das 2006). Dominującym kwasem był kwas oleinowy $C_{18:1}$, którego udział w całej puli kwasów tłuszczowych w rybach z technologii OOH wynosił 27,38%, zaś z technologii RAS – 22,49%. Drugim w kolejności kwasem okazał się nasycony kwas palmitynowy $C_{16:0}$ (OOH – 16,83% i RAS – 17,41%), następnie kwas linolowy $C_{18:2}$ (8–12%) i kwas linolenowy $C_{18:3}$ (6–9%). Tkanka mięśniowa pstrąga zawierała również dość znaczne – bo wynoszące nieco ponad 5% w obu technologiach – ilości kwasu eikozapentaenowego (EPA) z grupy ważnych kwasów wielonienasyconych ω -3.

Czystość środowiska wodnego oceniana jest powszechnie poprzez oznaczenie zawartości metali ciężkich: ołowiu i kadmu. Pierwiastki te ulegają kumulacji w łańcuchu pokarmowym, więc ich zawartość w rybach dobrze charakteryzuje środowisko, w jakim żyją (Polak-Juszczak 2013; Szarek i wsp. 2008). Średnia zawartość ołowiu w pstrągach tęczowych z poszczególnych gospodarstw (ryc. 5) zawierała się w przedziale 0,03–0,08 mg (w 100 g tkanki mięśniowej), przy czym średnia zawartość w gospodarstwach stosujących technologię OOH wyniosła 0,04 mg (w 100 g), zaś RAS – 0,05 mg (w 100 g). Nie wykazano istotnych różnic zarówno pomiędzy poszczególnymi gospodarstwami, jak i pomiędzy stosowanymi technologiami chowu. Warto nadmienić, że oznaczone zawartości znajdują się znacznie poniżej najwyższego dopuszczalnego przez polskie ustawodawstwo poziomu zanieczyszczenia mięsa ryb tym metalem.



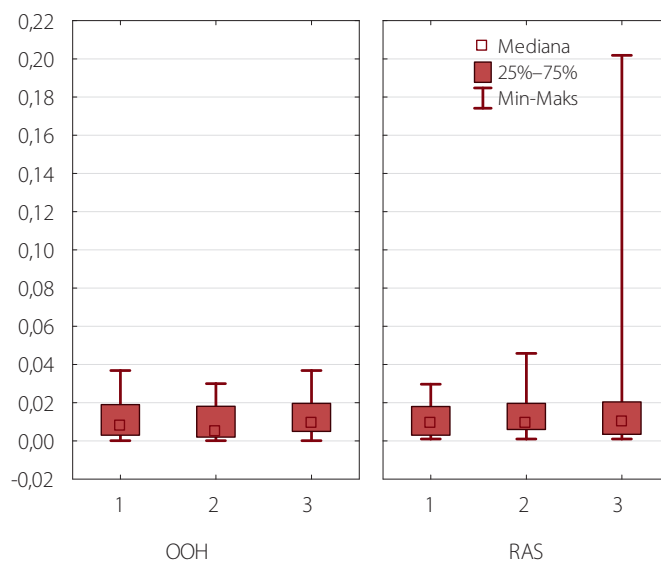
Ryc. 5. Zawartość ołowiu (mg w 100 g) w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw

Średnia zawartość kadmu w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw wyniosła 0,01 mg w 100 g tkanki (ryc. 6). Ryby z gospodarstw stosujących technologie OOH zawierały 0,011 mg kadmu w 100 g tkanki, natomiast stosujące technologie RAS – 0,012 mg. Niemniej różnica ta nie została potwierdzona statystycznie. Podobnie, jak w przypadku ołowiu, oznaczone poziomy zanieczyszczeń były znacznie poniżej najwyższego dopuszczalnego poziomu zanieczyszczenia kadmem (Rozporządzenie KE 2011).

3.4. Wnioski

Technologia chowu pstrąga tęczowego nie ma wpływu na zawartość suchej masy, popiołu, białka ogółem, tłuszczu ogółem oraz zanieczyszczeń metalami ciężkimi: ołowiem i kadmem.

Tkanka mięśniowa pstrąga cechuje się niskimi poziomami zanieczyszczeń środowiskowych ocenianych poprzez zawartość ołowiu i kadmu.



Ryc. 6. Zawartość kadmu (mg w 100 g) w tkance mięśniowej pstrągów z poszczególnych gospodarstw

3.5. Piśmiennictwo

- Aussanasuwannakul A., Weber G., Salem M., Yao J., Slider S., Manor M.L., Kenney P.B. 2012. Effect of sexual maturation on thermal stability, viscoelastic properties, and texture of female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, filets. *Journal of Food Science*, 77(1): S77–S83.
- Basiği B., Tekin-Özan S. 2013. Concentrations of some heavy metals in water, sediment, and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, Fish Size, and Seasons. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3): 633–644.
- Das U.N. 2006. Essential Fatty acids: biochemistry, physiology and pathology. *Biotechnology Journal*, 1: 420–439.
- FAO. 2012. Fishery and Aquaculture Statistics. 2010. Rome.
- Folch J., Lees M., Sloane S.G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497–509.
- Komisja Europejska. 2012. Wspólna polityka rybołówstwa w liczbach. Luxemburg.
- Polak-Juszczak L. 2013. Pierwiastki toksyczne w rybach i produktach rybnych. *Technol. Przem. Rybn.*, 4(94): 32–34.
- Rozporządzenie Komisji Europejskiej nr 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r.
- Szarek J., Skibniewska K.A., Guziur J. (red.). 2008. Technologia produkcji rybnej a jakość karpia. Wpływ rodzaju technologii produkcji rybnej i jakości środowiska wodnego na wybrane wskaźniki hodowlane i patomorfologiczne karpia konsumpcyjnego (*Cyprinus carpio* L.). ElSet, Olsztyn.
- Vujadinović D., Marjanović-Balaban Ž. 2012. Influence of temperature and heat treatment regime on chemical properties of pork meat. *Quality Life*, 3(3–4): 4954.
- Żegarska Z., Jaworski J., Borejszo Z. 1991. Ocena zmodyfikowanej metody Peiskera otrzymywania estrów metylowych kwasów tłuszczowych. *Acta Academiae Agriculturae Technicae Olstenensis*, 24: 25–33.

4. Ocena „mięsa” pstrągów z polskich hodowli na podstawie testów konsumenckich

4.1. Wstęp

Konsumpcja ryb uzależniona jest od wielu czynników. Do najważniejszych należą te, które charakteryzują produkt, takie jak zapach, smak, kruchość czy barwa (Baryłko-Pikielna 1975; Baryłko-Pikielna, Matuszewska 2009; Olszewska-Siemaszkó, Kaczkowska 2009). Oczekiwania współczesnego konsumenta są wyraźnie skierowane w stronę slow-food, do której zalicza się powszechnie żywność nisko przetworzoną, tradycyjną, regionalną, a także ekologiczną. Hodowcy pstrąga tęczowego, chcąc podążać za wyzwaniami stawianymi obecnie przez rynek, starają się sprostać wymaganiom i potrzebom konsumentów (Gawęcki, Baryłko-Pikielna 2007; Hryszko 2012; Pieńkowska 2008). Wśród różnego rodzaju badań prowadzonych w trakcie chowu i hodowli pstrąga od niedawna w standardzie znajduje się analiza sensoryczna, którą przeprowadza się w końcowym etapie produkcji (Krełowska-Kułas 1993).

4.2. Materiał i metody

Materiałem do badań były filety pochodzące z sześciu gospodarstw zlokalizowanych w różnych regionach Polski. Trzy gospodarstwa stosowały hodowlę ekstensywną na wodzie przepływowej (OOH), trzy kolejne – recyrkulację wody (RAS). Próbkę pobierano z każdego gospodarstwa w latach 2010–2012 w okresie wiosennym oraz jesiennym. Łącznie do badań przeznaczono 960 sztuk pstrąga tęczowego.

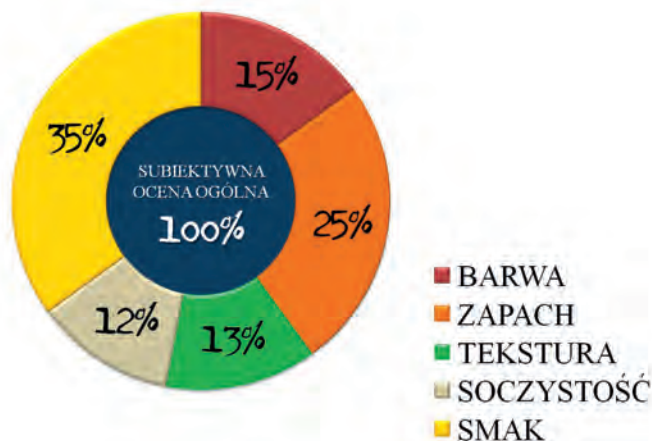
Po odłowieniu ryby usypiano, zabijano, patroszono i myto, następnie schładzano i przewożono do laboratorium. Do czasu analizy ryby przechowywano w temperaturze ok. 4°C. Do oceny tkanki mięśniowej próbek pstrąga zastosowano metodykę zgodną z zaleceniami Niemieckiego Zrzeszenia Rybackiego, w modyfikacji Białowąsa i Zakrzewskiego (opracowanej podczas realizacji omawianych badań). W laboratorium próbki preparowano, usuwając ości długie z kręgosłupem. Następnie tak przygotowane filety umyto i poddano obróbce termicznej w środowisku pary pod przykryciem w czasie 10 minut. Nie zastosowano przyprawiania, aby nie fałszować naturalnego smaku tkanki mięśniowej.

Ocenę organoleptyczną przygotowano na zasadzie testu konsumenckiego. Kandydatów do zespołu oceniającego wybrano na podstawie selekcji, zgodnie z normą PN-ISO 8586-1:1996. Docelowo do grupy oceniających zakwalifikowano 20 respondentów.

Do oceny stopnia akceptacji (pożądalności) zastosowano skalę hedoniczną dziesięciostopniową, opracowaną przez Peryama i Pilgrima (1957). Zgodnie z przyjętymi założeniami kolejne stopnie skali oznaczono jako:

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

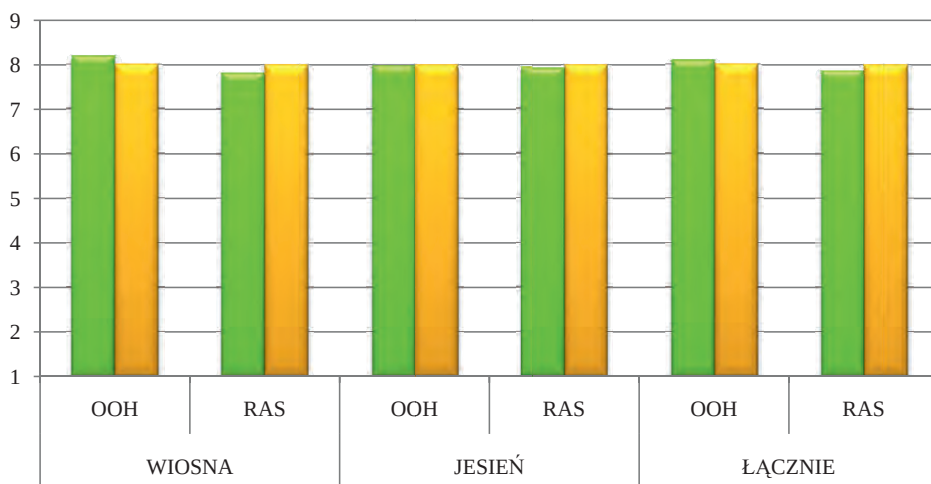
Zgodnie z art. 3 ust. 3 ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia do oceny organoleptycznej wytypowano następujące wyróżniki: barwa, zapach, tekstura, soczystość i smak. Dodatkowo respondenci określili subiektywną ocenę ogólną. Dla zweryfikowania subiektywnej oceny ogólnej wyliczono ocenę z poszczególnych wyróżników z uwzględnieniem ważności (wag) poszczególnych cech organoleptycznych przedstawionych na diagramie (ryc. 1).



Ryc. 1. Skład wagowy subiektywnej oceny ogólnej (%)

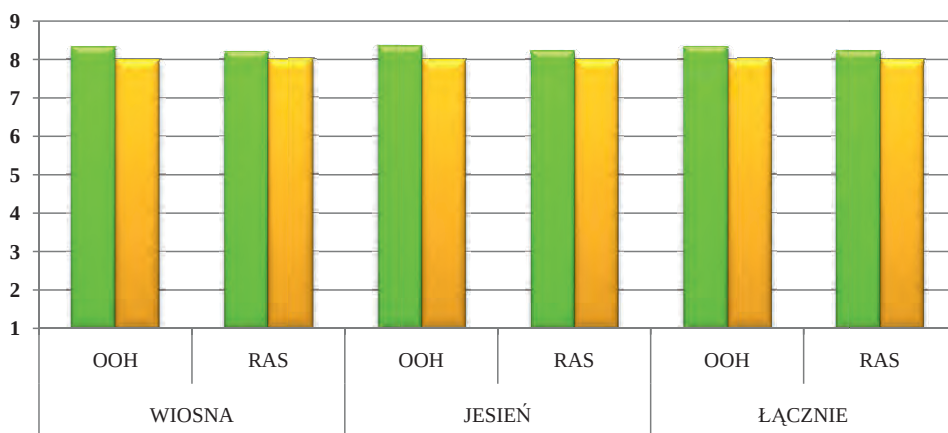
4.3. Wyniki badań i ich omówienie

Pierwszym badanym wyróżnikiem była barwa. Wyróżnik ten należy do jednych z najważniejszych wskaźników żywności. „Urządzeniem” pomiarowym tej cechy jest wzrok – najdoskonalszy, a zarazem najbardziej skomplikowany zmysł wykorzystywany przez człowieka. Wzrok pozwala doświadczonemu konsumentowi odebrać informację o świeżości produktu czy surowca, ponieważ barwniki wchodzące w skład żywności w trakcie dojrzewania i jej psucia zmieniają się. 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. Wszystkie uzyskane wyniki dla barwy tkanki mięśniowej pstrąga tęczowego poddanego obróbce termicznej nie wskazują różnic w próbkach z różnych technologii chowu oraz informują o wysokim stopniu akceptacji przez zespół ocenianych. Wyniki średnie i mediany badanych prób tkanki mięśniowej pstrągów zostały przedstawione na wykresie (ryc. 2).



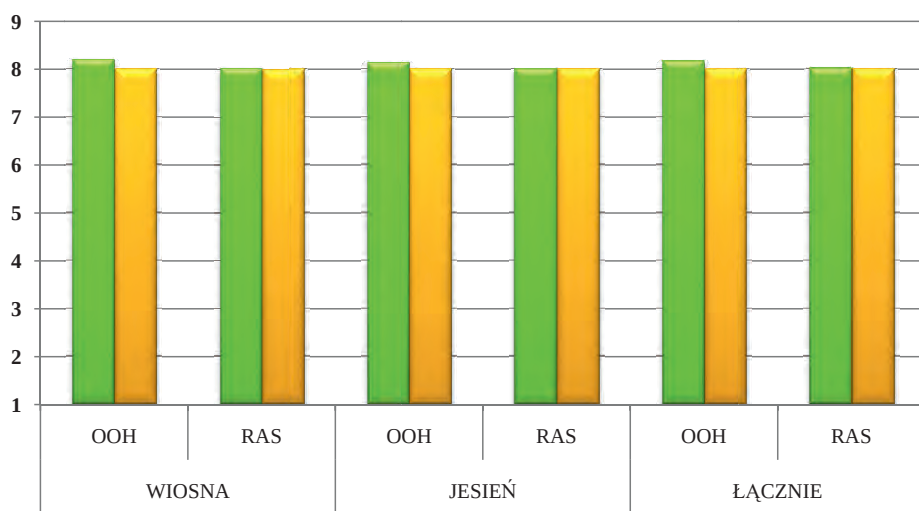
Ryc. 2. Średnie (kolor zielony) i mediany (kolor żółty) oceny barwy próbek tkanki mięśniowej pstrągów

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” zmysłu jest nabłonek węchowy znajdujący się w górnej części jamy nosowej. Na powierzchni ok. 5 cm² znajduje się blisko 5 milionów komórek receptorowych. Aby móc ocenić woń produktu, substancja zapachowa musi być lotna i dotrzeć do nozdrzy. Wrażenie zapachowe jest kreowane przez bardzo złożone mieszaniny. Dlatego też ocena tego wyróżnika ograniczała się do stwierdzenia 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 próbki z wszystkich technologii i wszystkich pobrań nie stwierdzono różnic. Na wykresie (ryc. 3) przedstawiono średnie oraz mediany ocen zapachu dla prób pochodzących z wszystkich badanych gospodarstw rybackich.



Ryc. 3. Średnie (kolor zielony) i mediany (kolor żółty) oceny zapachu próbek tkanki mięśniowej pstrągów

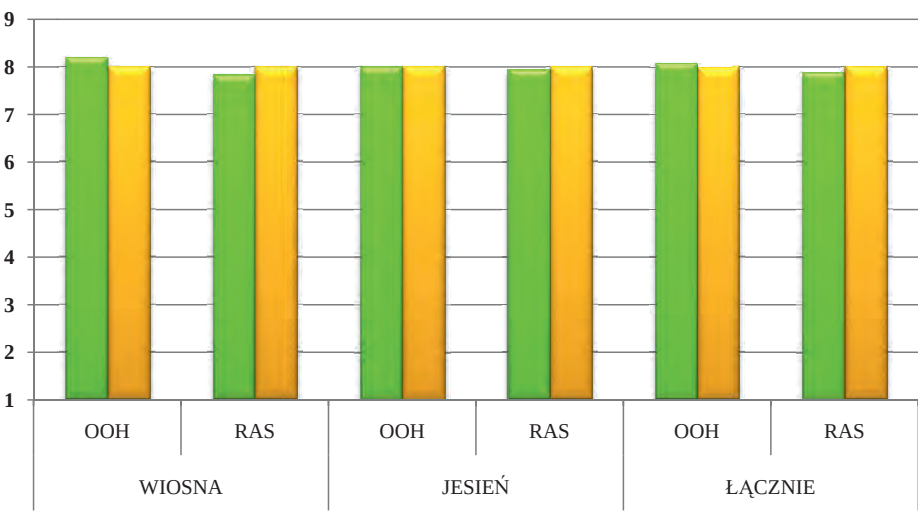
Kolejnym badanym wyróżnikiem była tekstura. Tekstura to wszystkie reologiczne i strukturalne właściwości produktu spożywczego, które mogą być odbierane przez człowieka za pomocą receptorów dotyku, mechanicznych oraz wizualnych i słuchowych (jeżeli to możliwe). Tekstura żywności jest jednym z najbardziej złożonych wyróżników żywności. 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, jakie w nich zachodzą w trakcie obróbki termicznej, odpowiadają za właściwą, specyficzną dla każdego produktu strukturę. Średnie i mediany przedstawiono na rycinie 4. Wszystkie uzyskane oceny dla próbek pochodzących z różnych technologii chowu różniły się nieznacznie i różniły się od siebie statystycznie.



Ryc. 4. Średnie (kolor zielony) i mediany (kolor żółty) oceny tekstury próbek tkanki mięśniowej pstrągów

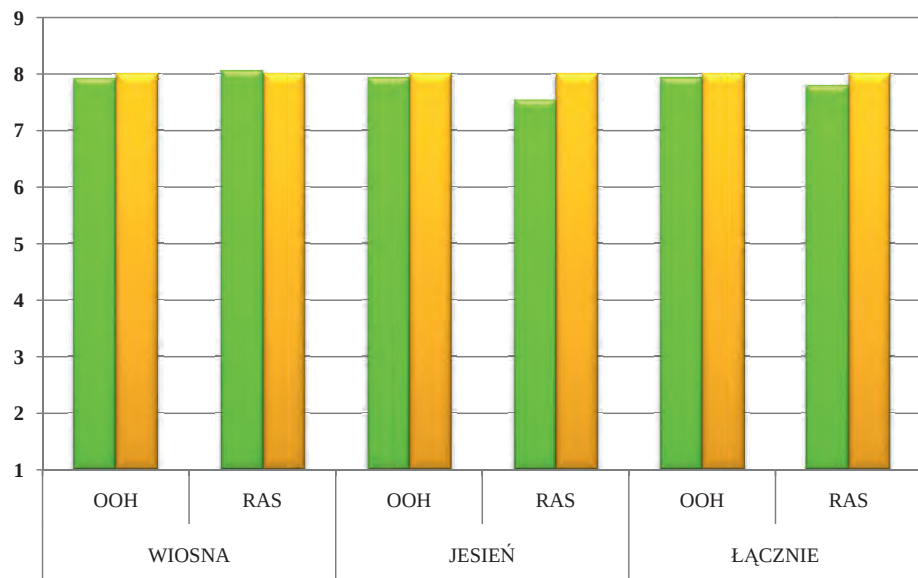
Soczystość jest wyróżnikiem powiązanim z teksturą, a odczuwanie soczystości jest ściśle zależne od ilości tłuszczu śródmięśniowego. To warunki wpływające na ilość tłuszczu śródmięśniowego w tkance mięśniowej odzwierciedlają się w jego soczystości. Dlatego silnie marmurkowane mięso dorosłego zwierzęcia o względnie wysokim stopniu dojrzałości będzie soczystsze od mięsa młodych zwierząt o mniejszej marmurkowatości. Mięso młodych zwierząt (np. cielęcina) w pierwszej chwili jedzenia wywołuje odczucie wodnistości, natomiast wrażeniem ostatecznym jest suchość tego mięsa. W przypadku tkanki mięśniowej ryb również ocenia się suchość bądź wodnistość. Jedna i druga skrajność obniżają jej ocenę i mają wpływ na ogólne wrażenie odbierane przez konsumenta. Na rycinie 5 przedstawiono średnie oraz mediany ocen wystawionych przez zespół oceniający. Wszystkie próbki pobrane z wszystkich gospodarstw uzyskały wysokie oceny, co świadczy o doskonałej soczystości tkanki mięśniowej pstrągów hodowanych w Polsce.

Jednym z najważniejszych, o ile nie najważniejszym, wyróżnikiem jest smak. Smak jest zmysłem, który w odżywianiu się człowieka ma bardzo istotne znaczenie. Należy pamiętać, że podczas żucia pokarmu w jamie ustnej powstają również inne wrażenia, których oddzielenie od wrażeń smakowych jest praktycznie niemożliwe. Dlatego w analizie sensorycznej żywności częściej stosuje się termin „smakowitość”. Jest to cecha sensoryczna, na którą składają się odczucia smakowe, zapachowe i czucia. Cecha ta jest najważniejszą i końcową. To ona determinuje przydatność danego produktu do stosowania w ży-



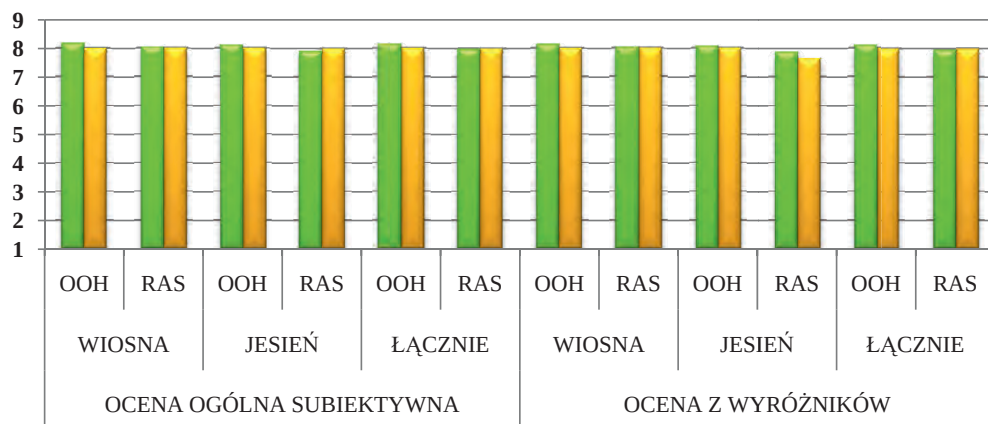
Ryc. 5. Średnie (kolor zielony) i mediany (kolor żółty) oceny soczystości próbek tkanki mięśniowej pstrągów

wieniu człowieka. Zły i nieakceptowany smak eliminuje produkt czy surowiec z diety konsumenta (Seremak-Bulge 2011). Oceny średnie i mediany próbek z różnych technologii przedstawiono na rycinie 6. Wszystkie badane próbki otrzymały wysokie noty w zakresie wyróżnika smak. O ile pstrągi z wytypowanych gospodarstw pochodzące z poszczególnych poborów znacznie różniły się między sobą, to w przypadku analizy poszczególnych technologii uzyskano oceny nieróżniące się od siebie pod względem statystycznym. Należy pamiętać, że w przypadku ryb, a zwłaszcza ryb łososiowatych ogromne znaczenie w ocenie parametru smak ma granulat stosowany w żywieniu ryb w trakcie cyklu produkcyjnego, mniejsze znaczenie mają warunki środowiskowe (Krełowska-Kułas 1993).



Ryc. 6. Średnie (kolor zielony) i mediany (kolor żółty) oceny smaku próbek tkanki mięśniowej pstrągów

Jakość sensoryczna produktu jest jedną z najważniejszych jego cech, o ile nie najważniejszą. To ona decyduje o atrakcyjności i akceptowalności danego artykułu żywnościowego przez konsumenta. Wszystkie próby poza oceną poszczególnych wyróżników zostały poddane także subiektywnej ocenie ogólnej każdego z członków zespołu oceniającego. Dla zweryfikowania poprawności oceny subiektywnej wyliczono ocenę ogólną z poszczególnych wyróżników, uwzględniając ich wagę. Na rycinie 7 przedstawiono wyniki ogólnej oceny subiektywnej (OOS) oraz oceny obliczonej z wyróżników (OZW).



Ryc. 7. Średnie (kolor zielony) i mediana (kolor żółty) oceny OOS i OZW próbek tkanki mięśniowej pstrągów

4.4. Wnioski

Uzyskane wyniki są dowodem wysokiej akceptowalności przez zespół oceniający badanych próbek ze wszystkich technologii ze wszystkich pobrań. Hodowcy ryb przykładają ogromną wagę do jakości organoleptycznej pstrągów pochodzących z polskich hodowli.

Ekstensywny chów pstrągów tęczowych na wodzie przepływowej oraz intensywny na wodzie recykulowanej, przeprowadzane w polskich warunkach, zapewniają wysoką jakość sensoryczną hodowlanych ryb, a w ślad za tym, zgodnie z przytoczoną uprzednio ustawą, zapewniają surowiec bezpieczny pod względem cech organoleptycznych.

Wszystkie badane próbki uzyskały wysoką i bardzo wysoką akceptowalność w zakresie wszystkich wyróżników oraz w subiektywnej ocenie ogólnej, co potwierdziła ocena ogólna wyliczona z wyróżników.

4.5. Piśmiennictwo

Baryłko-Pikielna N. 1975. Zarys analizy sensorycznej żywności. Warszawa.

Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. 2009. Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. PTTŻ, Kraków.

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

Hryszko K. 2012. Rynek rolny. Rynek ryb. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej. Państwowy Instytut Badawczy: 1–3.

Krełowska-Kułas M. 1993. Badanie jakości produktów spożywczych. PWE, Warszawa.

Olszewska-Siemaszkó J., Kaczkowska A. 2009. Ocena sensoryczna. Wiedza i jakość. 3(15): 14–16.

- Paryam D.R., Pilgrim F.J. 1957. Hedonic scale method of measuring food references. Food Technology Symposium: 9–14.
- Pieńkowska B. 2008. Spożycie ryb. Rynek Ryb. Stan i Perspektywy. Analizy Rynkowe, 1: 19–22.
- PN-ISO 8586-1:1996. Analiza sensoryczna – Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających – Wybrani oceniający.
- Seremak-Bulge J. 2011. Rynek i spożycie ryb w latach 2009–2010 [online]. Zakład Badań Rynkowych, IE-RIGŻ-PIB. <http://sprl.pl/userfiles/files/pdf/rynek.pdf>.

5. Kształtowanie się mechanizmów odporności nieswoistej wobec zagrożeń biologicznych u pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) w różnych systemach hodowli w Polsce

5.1. Wstęp

Ryby jako organizmy zmienneocielne, żyjące w bardzo zmiennym środowisku reagują na wszelkie zmiany parametrów fizykochemicznych wody. Podobnie zresztą zachowują się poszczególne elementy ekosystemu, wykorzystując te parametry i ich zmiany dla swojego rozwoju. Nawet niewielkie skoki temperatury mogą prowadzić do obniżenia sprawności mechanizmów obronnych, komórkowych i humoralnych. W warunkach hodowli zjawiska takie obserwowane są w okresach znacznych wahań temperatury, głównie wiosną oraz jesienią. Zbyt niska czy zbyt wysoka temperatura może prowadzić do obniżenia poziomu przeciwciał, białka całkowitego w surowicy, obniżenia sprawności biobójczej fagocytów, procesów gojenia się ran i regeneracji. Wszelkie zaburzenia funkcji obronnych mogą ułatwiać wnikanie patogenów, prowadząc aż do zakażenia i rozwoju choroby (Siwicki, Robak 2011). Kompleksowe działanie procesów odporności nieswoistej i swoistej zapewnia rybom utrzymanie wewnętrznej homeostazy. Monitorowanie tych mechanizmów może stanowić podstawę ochrony zdrowia ryb, szczególnie w intensywnych systemach produkcji. Zagrożenie czynnikami biologicznymi, np. wirusy, bakterie, grzyby czy pasożyty, jest również skorelowane ze zmianami środowiska, ale głównie z brakiem kontroli, higieny oraz ułatwionym kontaktem między rybami i możliwością bezpośredniego przenoszenia tych czynników.

Celem badań była ocena potencjału obronnego u pstrąga tęczowego w zróżnicowanych systemach hodowli, w różnych okresach cyklu, a także wobec zróżnicowanych zagrożeń mikrobiologicznych.

5.2. Materiał i metody

Badania dotyczące wpływu technologii hodowli pstrąga na mechanizmy obronne i odporność przeciwnakazną u tego gatunku ryb prowadzono w latach 2010–2012, wiosną i jesienią, w okresach zmian warunków środowiskowych istotnych dla stanu zdrowia ryb. Do badań wytypowano sześć gospodarstw, które podzielono na dwie grupy pod względem technologii wykorzystania wody. Pierwszą grupę stanowiły gospodarstwa o systemie przepływowym (z jednokrotnym wykorzystaniem wody – OOH), a drugą obiekty z wielokrotnym wykorzystaniem wody poprzez jej zawracanie (zwrotne systemy obiegu wody – RAS). Materiał do badań pobierano każdorazowo od 40 sztuk ryb z każdej grupy towarowej o masie ciała 300–500 g (M – małe), 500–900 g (D – duże).

Oceny stanu kondycyjnego i zdrowotnego ryb dokonywano na podstawie nowatorskiego programu postępowania diagnostycznego oraz jego procedur, które obejmowały badania kliniczne, bakteriologiczne i wirusologiczne oraz immunologiczne i biochemiczne. Każdorazowo przed rozpoczęciem badań, w celu ograniczenia wpływu stresu polietiologicznego (manipulacyjnego) na organizm ryb, wprowadzano je w stan znieczulenia ogólnego poprzez zanurzenie w roztworze Propiscinu (IRS Olsztyn), w stężeniu 1 ml preparatu na 1 l, wody oraz przetrzymywano w pojemnikach z napowietrzaniem (Kazuń, Siwicki 2001). Krew do badań pobierano z żyły ogonowej do jałowych probówek i przetrzymywano w probówkach plastikowych w temperaturze 4°C. Narządy limfoidalne (nerka głowowa i śledzioną) przetrzymywano i transportowano w medium RPMI z dodatkiem (5%) surowicy płodowej w celu zapewnienia aktywności biologicznej komórek immunokompetentnych.

Aby określić poziom nieswoistej odporności humoralnej, badano aktywność lizozymu w surowicy z użyciem bakterii *Micrococcus lysodeikticus*, poziom białka całkowitego w surowicy metodą biuretową przy zastosowaniu zestawu Diagnostic Kits – Protein Total Reagents (Sigma), poziom gamma-globulin z użyciem metody biuretowej (zestaw Diagnostic Kits – Protein Total Reagents, Sigma) oraz glikolu polietylenowego 10000 (Sigma), poziom ceruloplazminy, białek ostrej fazy, kortyzolu i laktoferyny. Do oceny poziomu nieswoistej odporności komórkowej zastosowano metody:

- RBA (*respiratory burst activity*) – zdolność do wewnątrzkomórkowego wybuchu tlenowego, izolowanych z krwi oraz ze śledziony, zawieszanych w gradiencie Gradisol G (Polfa) oznaczono za pomocą metody spektrofotometrycznej po stymulacji komórek PMA (*phorbol myristate acetate*),
- PKA (*potential killing activity*) – aktywność bójcza fagocytów krwi oraz makrofagów izolowanych ze śledziony zawieszanych w gradiencie Gradisol G (Polfa) oznaczano przy użyciu metody spektrofotometrycznej, po stymulacji komórek bakteriami *Aeromonas hydrophila*,
- LyP – odpowiedź proliferacyjna limfocytów T (LyTP) stymulowanych konkanawaliną A (ConA, Sigma) oraz limfocytów B (LyBP) stymulowanych lipopolisacharydem (LPS) przy użyciu metody MTT, limfocyty krwi oraz ze śledziony izolowano po wirowaniu komórek w gradiencie Gradisol L (Polfa).

Wybrane parametry immunologiczne pozwalają na ocenę wpływu środowiska na stan kondycyjny i zdrowotny ryb (Siwicki, Anderson 1993). W celu optymalnej oceny stanu zdrowia ryb w danym gospodarstwie każdorazowo wykonywano także badania diagnostyczne pstrągów w kierunku obecności materiału genetycznego wirusów VHS, IHN, IPN i Herpes SALHV-2 przy użyciu metod molekularnych PCR i Nested-PCR. Materiał do badań stanowiły wycinki skrzeli, nerki, śledziony, wątroby oraz mózgu, które pobierano jałowo do pojemników transportowych i przetrzymywano w stanie zamrożenia (–20°C). Izolację wirusów prowadzono metodami biologicznymi, a ich identyfikację wykonywano przy zastosowaniu metod molekularnych PCR i Nested-PCR wg procedur stosowanych w Zakładzie Patologii i Immunologii Ryb Instytutu Rybactwa Śródlądowego i zalecanych przez laboratoria referencyjne.

Do badań bakteriologicznych, określających występowanie flory saprofitycznej, potencjalnie patogennej dla ryb na skórze, skrzelach oraz w narządach, stosowano rutynowe metody biologiczne. Materiał do badań stanowiły wymazy, które umieszczano na podłożu transportowym Amies, następnie izolowano czyste kultury na podłożach wybiórczych i identyfikowano przy zastosowaniu testów API (BioMerieux).

5.3. Wyniki badań i ich omówienie

Pobrane do badań pstrągi tęczowe wykazywały dobrą kondycję i klinicznie były zdrowe, bez zmian wskazujących na toczący się proces chorobowy. W ocenie stanu klinicznego badanych grup ryb nie stwierdzono różnic, które pozwalałyby na obiektywną ocenę, że warunki hodowli OOH i RAS mogłyby

mieć wpływ na obraz kliniczny. Stwierdzone drobne otarcia czy uszkodzenia płetw nie rzutowały na stan zdrowotny, były wynikiem zabiegów hodowlanych.

Odporność nieswoista u ryb odgrywa kluczową rolę dla zapewnienia integralności organizmu. Jej mechanizmy są bardzo dobrze rozwinięte i oprócz barier anatomiczno-fizjologicznych główną rolę odgrywa w nich proliferacja komórek immunokompetentnych oraz substancje biologicznie czynne w płynach ustrojowych, tj. lizozym, interferon, ceruloplazmina, transferyna. Za główne organy limfoidalne u ryb uznaje się nerkę (głową – łac. *pronephros*) oraz śledzionę. Narządy wytwarzają komórki immunokompetentne biorące udział w reakcjach immunologicznych. Komórkowa odporność nieswoista polega na bezpośredniej reakcji komórek układu na czynniki patogenne. W obronie przed mikroorganizmami główną rolę pełnią granulocyty (neutrofile, eozynofile, bazofile). Najważniejszą funkcję obronną u ryb pełnią neutrofile nerki przedniej i śledziony. Dzięki obecności anionu nadtlenkowego O_2^- , grupy hydroksylowej OH^- , nadtlenu wodoru H_2O_2 w neutrofilach i makrofagach komórki te wykazują działanie bakterio- i wirusobójcze. Aktywowane makrofagi oprócz produkcji aktywnych form tlenu są źródłem wielu czynników humoralnych, tj. cytokin, interferonu (Siwicki, Anderson 1993; Siwicki, Robak 2011).

W przeprowadzonych badaniach do oceny sprawności układu immunologicznego wybrano te wskaźniki, które umożliwiają ocenę naturalnych procesów, istotnych dla obrony przed szkodliwymi czynnikami środowiska. Fagocytoza jest złożonym procesem polegającym na migracji, przyleganiu do patogenu, pochłanianiu, wewnątrzkomórkowym zabijaniu i trawieniu szkodliwych organizmów. Pełni rolę inicjującą w prezentacji obcego antygeny, indukuje wydzielanie cytokin, prowadzi do aktywacji limfocytów odpowiedzialnych za produkcję przeciwciał. Podczas reakcji fagocytozy zachodzi zjawisko wybuchu tlenowego; jest to efekt produkcji reaktywnych form tlenu. Pomiar tego zjawiska – poprzez przeprowadzenie reakcji redukcji barwnika NBT do nierozpuszczalnego formazanu – służy do oceny aktywności tych komórek pod wpływem czynników *in vivo*, jak również *in vitro*. Niezbędnym etapem wiodącym do rozpoczęcia swoistej odpowiedzi typu komórkowego jest rozpoznanie antygeny prezentowanego przez komórki APC oraz swoista stymulacja limfocytów.

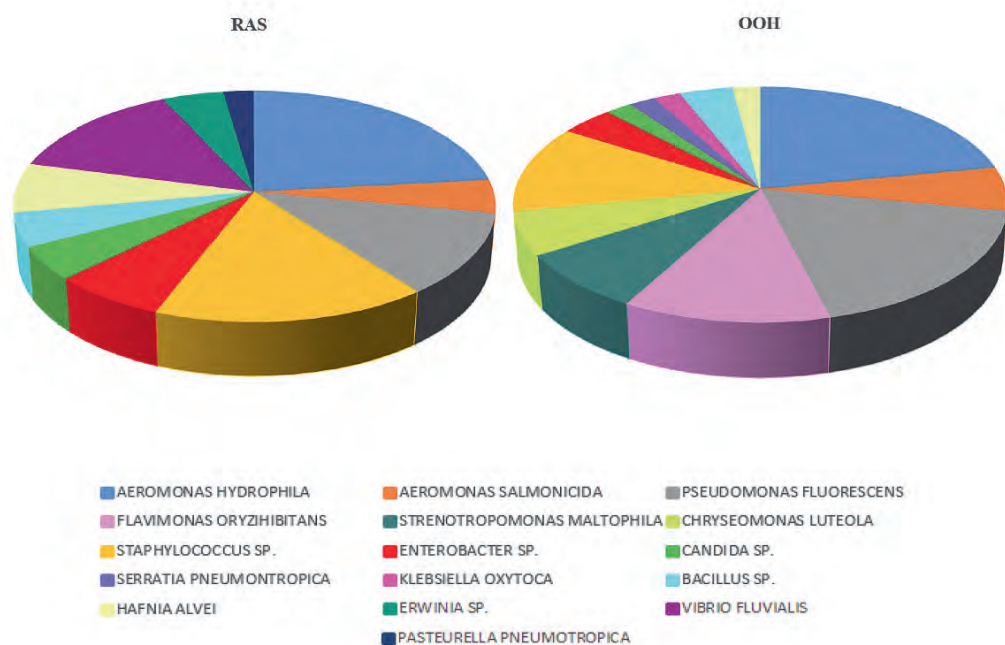
Na sprawność mechanizmów obronnych wpływ ma wiele czynników, głównym jest temperatura wody. Wzrost temperatury w granicach tolerancji fizjologicznej, właściwej dla gatunku, zwiększa intensywność przemiany materii oraz zapotrzebowanie na tlen i pokarm. Obniżenie temperatury prowadzi do spowolnienia przemiany materii, zaprzestania pobierania pokarmu, zwolnienia podstawowych funkcji życiowych, w tym procesów odpornościowych. Wykazano, że wzrastająca temperatura wpływa na wzrost takich parametrów, jak: poziom lizozymu w surowicy, koncentracja immunoglobulin M (IgM), a także ekspresja molekuł i cytokin. Na wzrost lizozymu i IgM w surowicy wpływ mają także zwiększająca się długość dnia świetlnego i pora roku. Na układ immunologiczny wpływają czynniki stresogenne, tj. zanieczyszczenie środowiska, stopień natlenienia wody, nadmierne zagęszczenie ryb, transport, a nawet obsługa. Testowane technologie produkcji różnią się znacząco pod względem warunków środowiskowych. Za bardziej zbliżone do naturalnych należy uznać technologie przepływowe (Szarek i wsp. 2011).

Wyniki badań immunologicznych uzyskanych w dwóch okresach sezonu hodowlanego sugerują wyraźnie, że u wszystkich ryb pochodzących z trzech obiektów OOH i trzech obiektów RAS obserwowano wzrost aktywności nieswoistych komórkowych mechanizmów obronnych w drugim okresie cyklu hodowlanego (październik–listopad). Zaobserwowano wzrost aktywności lizozymu w surowicy u wszystkich ryb pochodzących z badanych obiektów oraz spadek poziomu gamma-globulin (Ig) w surowicy. Jest to zjawisko wskazujące na zmniejszenie negatywnego wpływu stresu polietiologicznego (środowiskowego) na organizm ryb. Podwyższenie aktywności komórek immunokompetentnych, które są odpowiedzialne za odporność przeciwwakaźną, jest bardzo pozytywnym zjawiskiem, obserwowanym zarówno w gospodarstwach OOH, jak i RAS. Najwyższy potencjał odporności komórkowej

i humoralnej stwierdzono w gospodarstwie 1-OOH we wszystkich okresach badawczych lat 2011 i 2012. Jednocześnie stwierdzono statystycznie istotne obniżenie aktywności komórkowych mechanizmów obronnych u ryb sortymentu M i D w dwóch gospodarstwach (3-OOH i 3-RAS), gdzie w 2011 r. w dwóch okresach badawczych stwierdzono obecność wirusa IPN, w porównaniu z 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 Ig 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, gdzie stwierdzono obecność wirusa IPN. W żadnym z badanych gospodarstw, w pobranych próbkach nie stwierdzono w badanych okresach 2010–2012 r. obecności wirusów VHS i IHN oraz SalHV-2. Monitoring w kierunku obecności czynnika VHSV i IHNV był prowadzony w tych gospodarstwach w ramach Programu Nadzoru Państwowej Inspekcji Sanitarnej i Weterynaryjnej. W dwóch obiektach, jednego o systemie OOH (3-OOH) oraz drugiego o systemie RAS (3-RAS), w dwóch okresach badań, stwierdzono obecność wirusa IPN. Jednakże duży potencjał odporności przeciwwakażnej stwierdzany u ryb pochodzących z tych gospodarstw nie pozwolił na wystąpienie objawów klinicznych i zmian anatomopatologicznych prowadzących do śnięć. Badano ryby o masie ciała, przy której ten czynnik zakaźny nie stanowi już bezpośredniego zagrożenia, jednakże nosicielstwo może utrzymywać obecność wirusa w gospodarstwie i stanowić stałe zagrożenie dla zdrowia młodych ryb. Na podstawie uzyskanych wyników badań należy 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 przeciwwakażnej nie pozwalał na wystąpienie 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. Immunosupresja może ułatwiać rozwój zakażeń bakteryjnych.

W dostępnej literaturze opisano dotąd ponad 80 gatunków i rodzajów bakterii chorobotwórczych dla ryb słodkowodnych. W Polsce największe znaczenie w patologii ryb hodowlanych mają mezofilne, wykazujące ruch bakterie *Aeromonas* sp. (grupa fenotypowa *Aer. hydrophila* complex, *Aer. sobria* complex), psychrofilne *Aer. salmonicida*, różne gatunki *Pseudomonas* i *Flavobacterium*, *Shewanella putrefaciens*, *Yersinia ruckeri*. W ostatnich latach notowane są przypadki zakażeń *Acinetobacter* sp., *Citrobacter freundii*, *Hafnia alvei*, *Mycobacterium* sp., *Lactococcus* sp., *Pseudomonas chlororaphis*, *Streptococcus* sp. (Austin, Austin 2007; Kozińska, Pękala 2010). Wyniki badań bakteriologicznych wykonanych w całym badanym okresie przedstawiono na rycinie 1 (dla przejrzystości użyto skrótów nazw izolowanych bakterii). Na wykresach uwidoczniono częstotliwość izolacji różnych grup bakterii w całym okresie badawczym. Wyniki podzielono na dwie grupy – OOH i RAS. Częstotliwość jest odmienna dla poszczególnych typów gospodarstw, co wiąże się ze zróżnicowanym obciążeniem środowiska materią organiczną oraz zróżnicowanym efektem wstępnego oczyszczania wody po wykorzystaniu technologicznym. Liczba oraz skład gatunkowy mikroflory wody zależy od biodostępności substancji pokarmowych oraz warunków środowiskowych. Za najbardziej typowe dla środowiska wodnego uznawane są *Pseudomonas* sp., *Aeromonas* sp., *Vibrio* sp. Wzrost liczby tych drobnoustrojów obserwuje się przy zwiększonej ilości

materii organicznej. Psychotrofy i psychrofile jako grupa odpowiedzialne są za mineralizację tej materii podczas procesów samooczyszczania wód. Za florę autochtoniczną, odpowiedzialną za te procesy odpowiedzialne są *Proteus* sp., *Klebsiella* sp., *Enterobacter* sp., *Arthrobacter* sp., *Corynebacterium* sp. Procesy biodegradacji w wodzie zachodzą w całym cyklu rocznym, jednakże bardziej aktywne są w okresie ożywienia biologicznego – wiosną, latem. Jeśli ryby w okresie tego ożywienia są w stresie, stają się rodzajem pożywki także dla tych drobnoustrojów. Osłabienie funkcji obronnych, zwłaszcza o charakterze nieswoistym, ułatwia wnikanie warunkowo chorobotwórczych drobnoustrojów (Austin, Austin 2007).



Ryc. 1. Częstotliwość występowania bakterii potencjalnie chorobotwórczych u pstruga tęczowego w systemach OOH i RAS

Uzyskane wyniki badań bakteriologicznych wykazały, że u ryb pochodzących z tego samego gospodarstwa, ale o zróżnicowanej masie ciała nie stwierdzano zróżnicowanej obecności patogennej flory bakteryjnej. We wszystkich gospodarstwach o systemie OOH i RAS izolowano głównie saprofityczną, warunkowo chorobotwórczą florę bakteryjną, z rodzaju *Aeromonas* sp. i *Pseudomonas* sp., powszechnie występującą w wodach otwartych oraz na powłokach zewnętrznych ryb hodowlanych i wolnożyjących. Natomiast w gospodarstwie 3-OOH (u ryb M i D) oraz w gospodarstwie 2-RAS (u ryb M i D) 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 przeciwważnej u ryb z tych gospodarstw, co zostało potwierdzone badaniami immunologicznymi. Natomiast izolacja i identyfikacja innej flory bakteryjnej na powłokach zewnętrznych oraz skrzelach należącej do rodzaju *Staphylococcus* sp. czy *Vibrio* sp. nie stanowi zagrożenia dla stanu zdrowotnego badanych ryb. Ogółem z pobranych próbek ryb izolowano 16 rodzajów czynników. Częstotliwość izolowania była zróżnicowana i zależna od rodzaju gospodarstwa. W próbkach z gospodarstw w systemach RAS nie stwierdzono obecności *Vibrio fluvialis*, natomiast w OOH nie stwierdzono *Pasteurella pneumotropica*. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na potrzebę moni-

torowania także tych zagrożeń, zwłaszcza w okresach przełomowych, generujących zwiększone natężenie czynników stresogennych.

5.4. Wnioski

Monitorowanie parametrów immunologicznych może być skutecznym narzędziem do oceny stanu zdrowia ryb w cyklu hodowlanym, bez względu na system produkcji.

Wzrost aktywności lizozymu w surowicy, obserwowany u wszystkich ryb pochodzących z badanych obiektów, oraz spadek poziomu Jg w surowicy jesienią wskazuje na zmniejszenie negatywnego wpływu stresu polietologicznego (środowiskowego) na organizm ryb.

Stwierdzenie obecności wirusa IPN w gospodarstwach o różnych systemach pozwala na obiektywną ocenę jego wpływu na komórkowe i humoralne mechanizmy obronne oraz wskazuje na potrzebę monitorowania jego występowania.

Częstotliwość występowania poszczególnych grup bakterii potencjalnie patogennych jest zróżnicowana pomiędzy systemami chowu, co wskazuje także na zróżnicowanie biologiczne tych technologii.

5.5. Piśmiennictwo

- Austin B., Austin D.A. 2007. Bacterial Fish pathogens. Disease of Farmed and Wild Fish. 4 edition, Praxis Publishing, Chichester, UK.
- Kazuń K., Siwicki A.K. 2001. Propiscin – a safe new anesthetic for fish. Archives of Polish Fisheries, 9(2): 183–190.
- Szarek J., Goryczko K., Skibniewska K., Guziur J., Koc J., Dobosz S., Siwicki A.K., Sidoruk M., Babińska I., Terech-Majewska E., Zakrzewski J. 2011. Wstępne wyniki badań nad jakością pstrąga tęczowego z polskiej technologii chowu. W: Kowalski R., Materiały Szkoleniowe. 36 Krajowa Konferencja – Szkolenie dla Hodowców Ryb Łososiowatych. Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiowatych, Jastrzębia Góra, 06–07.10.2011: 87–99.
- Kozińska A., Pękała A. 2010. Zaburzenia w hodowli ryb słodkowodnych powodowane przez bakterie. W: Żelazny J. Perspektywy i możliwości zwalczania chorób ryb. PIWet–PIB, Puławy.
- Siwicki A.K., Anderson D.P. 1993. Nonspecific defence mechanisms in fish. W: Siwicki A.K., Anderson D.P. Waluga J. Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods. FAO-Project Inland Fisheries Institute in Olsztyn: 105–112.
- Siwicki A.K., Robak S. 2011. The innate immunity of European eel (*Anguilla Anguilla*) growing in natural conditions and intensive system of rearing. Central European Journal of Immunology, 36(3): 130–134.

Józef Szarek, Izabella Babińska, Beata Szynaka, Emilia Strzyżewska, Anna Andrzejewska, Magdalena Szweda, Janusz Zakrzewski, Krystyna Dublan, Anna Wiśniewska, Stefan Dobosz, Joanna Wojtacka, Krzysztof Wąsowicz, Henryk Białowąt

6. Obraz morfologiczny i histochemiczny wybranych narządów wewnętrznych pstrąga tęczowego jako narzędzie oceny stanu zdrowia tych ryb

6.1. Wstęp

Patomorfologia stosunkowo od niedawna, bo od drugiej połowy XX w., zaczęła angażować się w badania dotyczące wpływu oddziaływania środowiska na zdrowie różnych gatunków zwierząt, w tym ryb. Ostatnio zauważono, że analiza morfologiczna i histochemiczna pozwala na ustalenie subtelnych zaburzeń w organizmach zwierząt (Schwaiger i wsp. 1997; Szarek i wsp. 2011). Badany morfologicznie i histochemicznie stan faktyczny np. wątroby wskazuje na stopień zaawansowania zmian strukturalnych i biochemicznych, i tym samym rzutuje na rodzaj bodźca (np. ksenobiotyku), siłę jego oddziaływania, a nawet na czas trwania takiego stanu. Takie zmiany najczęściej sygnalizuje już ocena makroskopowa, a uściśla morfologiczna analiza mikroskopowa (Szarek i wsp. 2011) i ultrastrukturalna (Szarek i wsp. 2012). Bazując na tych spostrzeżeniach, zasadnym staje się propagowanie użycia omawianych analiz w charakterze narzędzi do oceny wpływu środowiska na funkcjonowanie organizmów ryb.

Prezentowana praca wychodzi naprzeciw podanym możliwościom. Stosując opisany warsztat badawczy, podjęto nowatorską próbę wykorzystania badania morfologicznego wątroby, śledziony i nerek pstrąga tęczowego jako narzędzia do oceny wpływu dwóch różnych technologii produkcji pstrąga – chowu ekstensywnego na wodzie przepływowej (OOH) i intensywnego przy użyciu recyrkulacji wody (RAS) – na stan zdrowotny tych ryb.

6.2. Materiał i metody

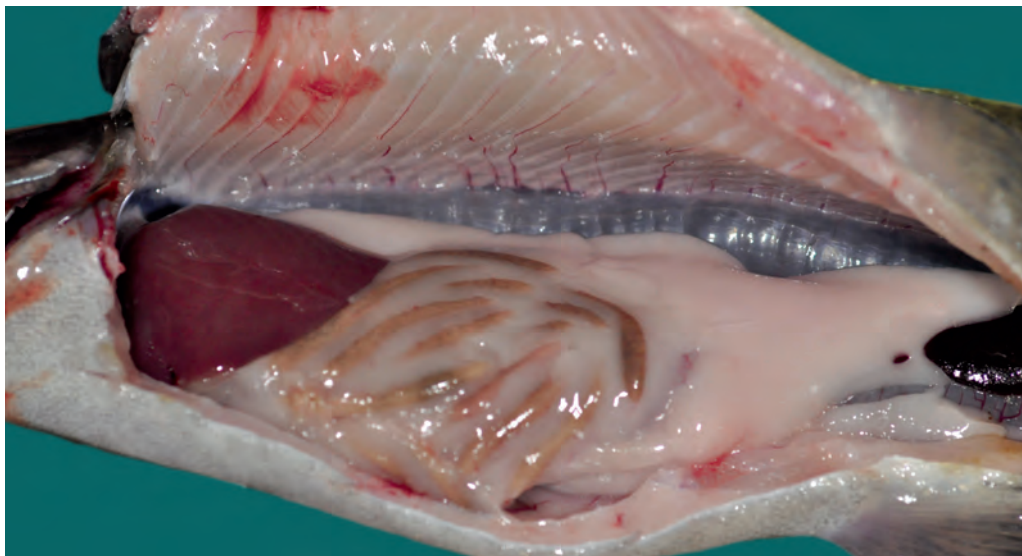
Badania morfologiczne pstrągów tęczowych prowadzono w okresie trzech lat 2010–2012 (wiosną i jesienią). Ocenę morfologiczną wykonywano przy każdym poborze ryb na 40 pstrągach z sześciu gospodarstw rybackich. Ryby do badań odławiano z trzech gospodarstw o jednokrotnym wykorzystaniu wody (systemy otwarte, przepływowe, oznaczone jako OOH) i z trzech z wielokrotnym jej wykorzystaniem, tzw. recyrkulaty, oznaczone jako RAS). Charakterystykę gospodarstw podano w rozdziale drugim. Każdorazowo były to dwie grupy pstrągów tęczowych ($n = 20$): 350–500 g (M) i 501–850 g (D). Ryby odławiano jednego dnia na terenie danego gospodarstwa, po uprzednim tzw. odpiciu i 1-, 2-dniowym wstrzymaniu karmienia.

Makroskopowe badanie pstrągów polegało na oględzinach zewnętrznych, ze szczególnym uwzględnieniem skóry z łuskami, oczu, skrzel i płetw, oraz na ocenie ich narządów wewnętrznych (Malicka 2008). Mikroskopowej analizie morfologicznej poddano wątrobę (pięć wycinków), śledzionę i nerki (część głowową i tułowiową). Skrawki mikroskopowe barwiono hematoksyliną i eozyną (HE). Prócz tego skrawki wątroby barwiono zgodnie z metodą PAS według McManusa celem określenia poziomu i rozmieszczenia wielocukrów. Zawartość wielocukrów w badanym narządzie oznaczono, biorąc pod uwagę wskazania Pearse'a i półilościową ocenę podaną przez Szarka i wsp. (2008). Skrawki półcienkie barwiono według Levisa i Knighta, aby określić miejsca do przygotowania skrawków ultracienkich. Badanie docelowe przeprowadzono z użyciem mikroskopu Opton (Zeiss, Niemcy). Zebrane dane poddano analizie statystycznej przy pomocy testów: *U* Manna–Whitney'a oraz ANOVA Friedmana (nieparametryczna analiza wariancji).

6.3. Wyniki badań i ich omówienie

6.3.1. Badanie makroskopowe

Zmiany makroskopowe występowały u pstrągów nieomal sporadycznie. Obserwowano je niezależnie od systemu chowu, okresów odłowu ryb czy też ich wielkości (M, D). W oględzinach zewnętrznych odnotowano uszkodzenia skóry i łusek (były stosunkowo częstsze u ryb w chowie typu RAS). W obrębie skrzel u kilkunastu ryb stwierdzono przekrwienie, a u kilku punkcikowate wybroczyny. W oględzinach wewnętrznych szczególną uwagę należy zwrócić na wątrobę (ryc. 1). Aczkolwiek odstępstwa od normy również i w tym przypadku były nieliczne – to jednak dało się zauważyć, że stosunkowo najczęściej lokalizowały się w wątrobie. Dotyczyło to dwóch grup zmian: zaburzeń w krążeniu (szczególnie przekrwienie) i zmian wstecznych (zwłaszcza stłuszczenia zwykłego). W grupie zmian wstecznych dla hodowców istotnym jest stłuszczenie wątroby (Szarek i wsp. 2012). Zmiana ta, o charakterze fizjologicznym, występowała prawie o 33% częściej u ryb sortymentu D niż u ryb sortymentu M (mniejszego). Częściej też bywała widoczna u pstrągów pochodzących z obiektów o wysokim stopniu recyrkulacji i zamkniętym (zwrotnym) systemie wodnym (RAS). Zmianę tę powinien umieć rozpoznać hodowca i odpowiednio zareagować podażą



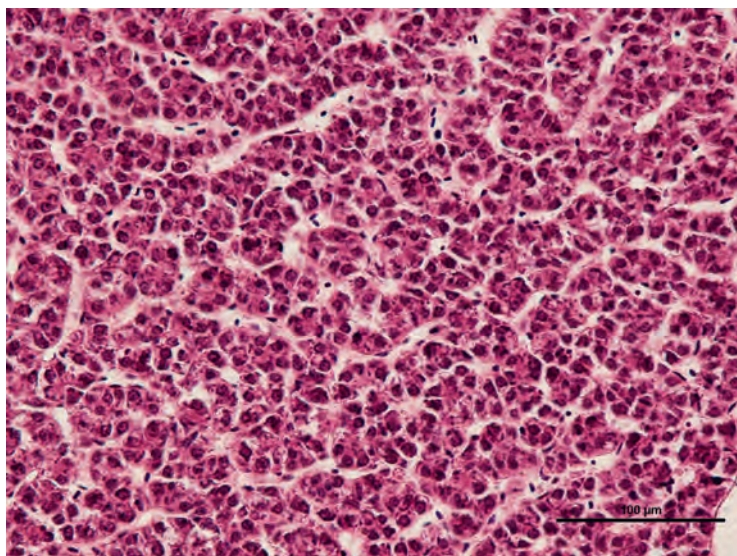
Ryc. 1. Prawidłowy obraz makroskopowy wątroby przy dobrze rozwiniętym tłuszczu otrzewnowym – pstrąg tęczowy z odłowu jesienno-1 RAS, M (Szarek i wsp. 2011; 2012)

paszy (Szarek i wsp. 2012). W tych przypadkach narząd był nieco powiększony (miał zaokrąglone brzo- gi) i przybierał zabarwienie brunatne, z różnym stopniem intensywności odcienia żółtego. Taka wątroba miała zmniejszoną elastyczność, czasem, osiągając konsystencję gliniastą. Istotnym dla hodowcy jest, że w przypadku, gdy odsetek pstrągów z takimi zmianami jest stosunkowo niewielki (jak miało to miejsce w badaniach własnych), można podejmować próby polepszenia dobrostanu ryb, dokonując korekty śro- dowiskowej i pokarmowej. Natomiast w przypadkach zwiększenia liczby pstrągów objętych omawianymi odstępstwami od normy należy bezzwłocznie wezwać pomoc lekarsko weterynaryjną. Albowiem wiado- mym jest, że wątroba zmuszana do nadmiernego wysiłku czynnikami płynącymi ze środowiska i pokar- mem może ulec nieodwracalnym zmianom poprzez zastąpienie jej mięszu tkanką łączną lub tłuszczem albo też skutkiem ubytku mięszu może dojść do śnięcia ryb.

6.3.2. Badanie mikroskopowe i histochemiczne

Na podstawie analizy obrazu mikroskopowej struktury badanych narządów wewnętrznych pstrą- gów tęczowych wykazano, że przeważnie odpowiadał on obrazowi normalnemu – obserwowanemu u ryb zdrowych (ryc. 2). Stwierdzano go niezależnie od masy ciała ryb (M i D) i systemu chowu (OOH i RAS) oraz od terminów odłowu (wiosna i jesień). Niemniej jednak dla hodowcy, czy też lekarza wete- rynarii, istotna jest znajomość morfologicznych odstępstw od normy obserwowanych u ryb w oma- wianym zakresie, nawet sporadycznie.

Stosunkowo najwięcej zmian mikroskopowych stwierdzono w wątrobie, znacznie mniej w nerkach (zwłaszcza w części głowowej), a wyrażnie najmniej w śledzionie. Stąd też szczególnie istotnym jest do- konanie analizy mikrostruktury wątroby, będącej w tym kontekście narządem najbardziej wyczulonym na działanie różnych bodźców i reagowanie na nie.



Ryc. 2. Prawidłowy obraz mikroskopowy wątroby – pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 1-OOH, M, barwienie HE

Badania pokazały, że w analizie mikroskopowych zmian morfologicznych w wątrobie istotnym ze względu na ich charakter są dwie grupy: zmiany wsteczne i zaburzenia w krążeniu. Pierwsze z nich do- tyczyły nieco większej liczby ryb o ok. 2,5–10% w stosunku do liczby ryb z danego poboru.

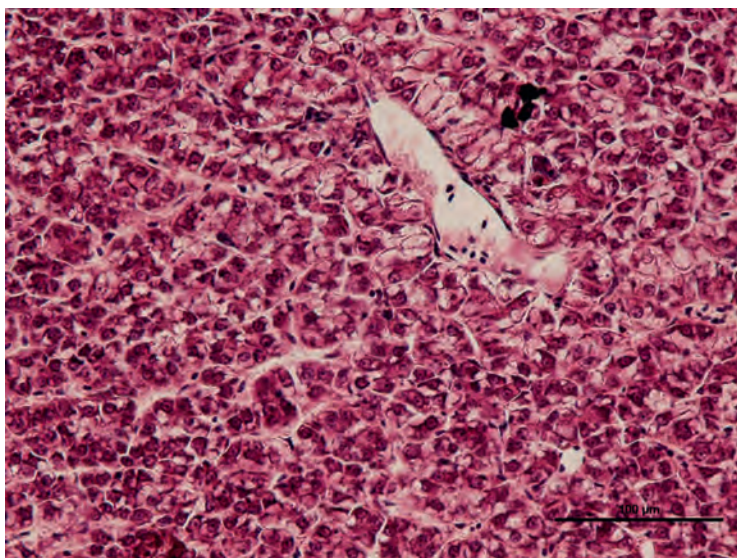
Zmianą morfologiczną w wątrobie o charakterze nieodwracalnym jest martwica mięszeniowych komórek wątrobowych (hepatocytów). Takie obumieranie komórek obserwowano bardzo rzadko, w obrębie danej grupy notowano je w pojedynczych przypadkach lub też wcale. Nieco częściej (czasem do ok. 5%) stwierdzano je u ryb sortymentu D. W każdym wykazanym przypadku zmiana odnosiła się do kilku lub kilkunastu hepatocytów i miała charakter ogniskowy. Lokalizacja takich ognisk przybierała najczęściej postać przypadkową, albowiem ich obecność odnotowywano zarówno w pobliżu żył centralnych, jak i w środkowych czy obwodowych częściach zrazików wątrobowych. Przeważnie towarzyszyły im hepatocyty dwujędraste, których obecność świadczyła o pozytywnym zjawisku – tendencji do regeneracji mięszu.

Kilkakrotnie częściej notowano natomiast zwyrodnienie tłuszczowe. Wtedy to cytoplazma hepatocytów zawierała duże krople lipidów, a jądro komórkowe było uszkodzone. Zmianę obserwowano u kilkunastu pstrągów z 240 sztuk przebadanych w danym poborze. Zauważono tendencję zwiększającą jesienią i malejącą wiosną. Ponadto więcej takich przypadków dotyczyło ryb sortymentu D i gospodarstw typu RAS.

Analizując zmiany wsteczne, najczęściej obserwowano zwyrodnienie mięszenowe – hepatocyty wykazywały zatartą strukturę cytoplazmatyczną i były nieco powiększone. Zwyrodnienie to najczęściej było obecne u 6–15% ryb z danego poboru. Nieco częściej i z większym stopniem nasilenia stwierdzano ich obecność u ryb sortymentu D niż M, zwłaszcza w chowie RAS.

Przedstawiając morfologię wątroby, należy również zwrócić uwagę na stłuszczenie zwykłe (ryc. 3). Ma ono charakter zmiany odwracalnej, przejściowej. W prezentowanych badaniach wyraźnie oddzielono je od zmian wstecznych nieodwracalnych. Stłuszczenie zwykłe występowało dość powszechnie i miało miejsce u znacznej liczby pstrągów, przekraczając nawet połowę w obrębie grupy. Lipidy w takim stłuszczeniu tworzyły w cytoplazmie hepatocytów kule różnej wielkości i spychały nieuszkodzone jądro komórkowe na obwód (komórki „sygnetowate” – ryc. 3). Stłuszczenie zwykłe było częściej obserwowane u pstrągów sortymentu D i w gospodarstwach rybackich typu RAS, zwłaszcza jesienią.

Kolejną grupą mikroskopowych zmian morfologicznych istotnych w charakterystyce struktury wątroby są zaburzenia w krążeniu, a mianowicie przekrwienie i wynaczynienie. Nadmierne wypełnienie

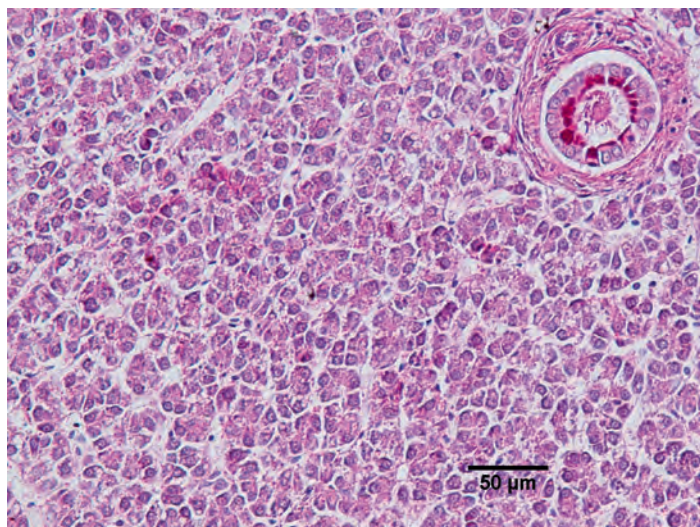


Ryc. 3. Stłuszczenie zwykłe wątroby znacznego stopnia (bardzo liczne hepatocyty z kroplami lipidów w cytoplazmie), centrum melanomakrofagów (zabarwione na kolor brunatnoczarny) – pstrąg tęczy z odłowu wiosennego, 2-00H, D, barwienie HE

naczyń krwionośnych krwinkami obserwowano stosunkowo często, z podobną częstotliwością lub tylko nieco rzadziej niż każdą ze zmian wstecznych. Występowało przeważnie w wątrobie od trzech do pięciu ryb w obrębie jednej grupy wagowej. Górne granice dotyczyły zwykle ryb chowu RAS. Drobne wynaczynienia, przeważnie punkcikowate, rzadko o charakterze smugowatym, występowały w odosobnionych przypadkach. Sporadycznie obserwowano zastój krwi.

Ze zmian postępowych analizowano głównie obecność melanomakrofagów i nacieki komórkowe. Około 25% badanych pstrągów z każdej grupy wykazywało obecność w wątrobie komórek o barwie brązowoczarnej (ryc. 3) w barwieniu HE. Dość często tworzyły one różnej wielkości tzw. centra, które występowały przeważnie obok ścian naczyń krwionośnych i przewodów żółciowych. Nieco częściej obserwowano je u ryb pochodzących z chowu typu RAS. Stwierdzone w badaniach własnych nacieki komórkowe to głównie skupiska komórek limfoidalnych. Zwykle były stosunkowo niewielkie i tworzyły je od kilku do kilkunastu komórek.

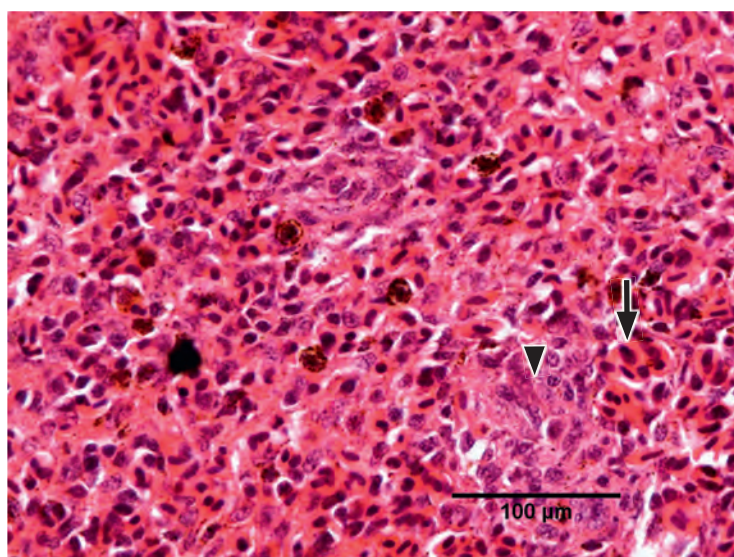
Badanie histochemiczne odzwierciedliło zachowania wielocukrów w cytoplazmie komórek mięszo- wych wątroby. Stwierdzono zróżnicowaną ocenę poziomu wielocukrów – dane liczbowe (punkty oceny) wynosiły od 1 do 5 w skali półilościowej Szarka i wsp. (1985). Niemniej jednak wykazano powtarzającą się prawidłowość: w całym okresie badań obserwowano przeważnie zawartość równą 3 i 4 punktom oceny. Świadczyło to o tym, że poziom wielocukrów był oceniany jako średni i wysoki (ryc. 4). Bardzo rzadko obserwowano niższy lub wyższy poziom omawianych substancji – czyli bardzo niski i bardzo wysoki. Takie wyniki badania histochemicznego wskazują, że zaburzenia w rozmieszczaniu glikogenu w wątrobie pstrągów występowały sporadycznie. Na uwagę zasługuje też fakt, że odnotowano tendencję do gromadzenia większej ilości wielocukrów u ryb w niektórych gospodarstwach rybackich, zarówno w chowie OOH, jak i RAS. Stwierdzone zależności dotyczyły pstrągów sortymentu M i D. Analiza statystyczna wykonana za pomocą testu *U* Manna–Whitney’a potwierdziła założenia o braku zróżnicowania istotnego statystycznie w stosunku do obserwowanych poziomów wielocukrów. Z uwagi na brak różnic istotnych statystycznie dla badanych technologii chowu nie wykonano dalszych analiz. Przyjęto, że w chowie OOH i RAS występują podobne zawartości wielocukrów w wątrobie ryb. Zastosowano również nieparametryczną analizę



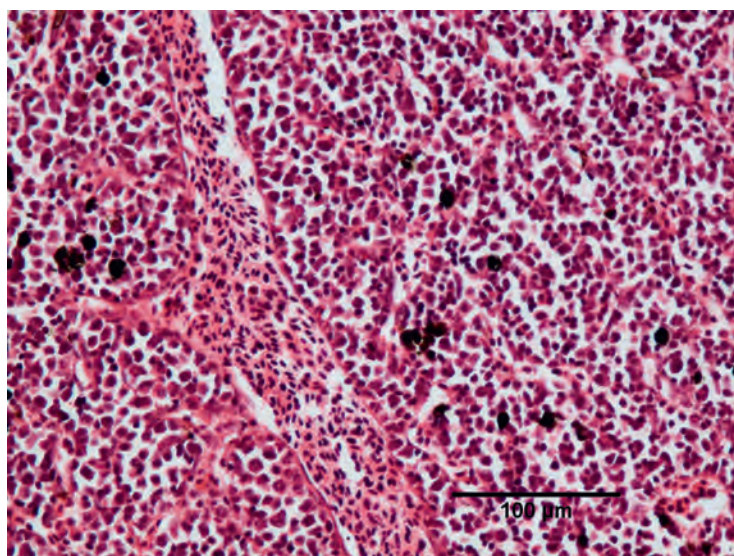
Ryc. 4. Wysoka zawartość wielocukrów (wybarwiona purpurowo) równomiernie rozmieszczonych w cytoplazmie hepatocytów, przewodzik żółciowy otoczony tkanką łączną (w prawym górnym rogu) – pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 3-RAS, D, barwienie zgodnie z metodą PAS według McManusa

wariancji ANOVA Friedmana, aby zbadać, czy pomiędzy okresami stosowanego odłowu ryb występują różnice istotne statystycznie. Wyniki testu potwierdzają tezę mówiącą o braku zróżnicowania pod względem stosowanego sezonu odłowu.

Jak już zaznaczono, w śledzienie pstrągów, w porównaniu z wątrobą, obserwowano tendencję do powstawania niewielkiej liczby zmian mikroskopowych. Przeważnie narząd ten miał prawidłową budowę (ryc. 5). Porównując analizowane technologie chowu, stwierdzono większy stopień intensywności zmian u ryb z chowu RAS. Dotyczyło to zwłaszcza większej liczby melanomakrofagów. Różnica w liczbie



Ryc. 5. Prawidłowy obraz śledziony – miazga czerwona (krótka strzałka), miazga biała (długa strzałka), melanomakrofagi (zabarwione na kolor brunatnoczarny) – pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 1-OOH, D, barwienie HE



Ryc. 6. Przekrwienie w nerce głowowej (bardzo liczne elementy morfotyczne krwi w naczyniu krwionośnym), liczne melanomakrofagi (zabarwione na kolor brunatnoczarny) – pstrąg tęczowy z odłowu wiosennego, 2-RAS, M, barwienie HE

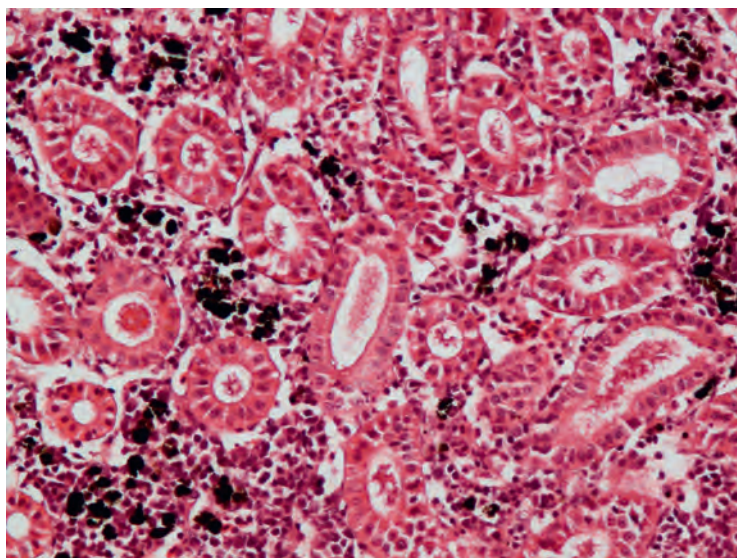
zmian była stosunkowo wyraźna i sięgała 20%. W śledzeniu obserwowano również zaburzenia w krążeniu: najczęściej przekrwienie, rzadko wynaczynienia, a sporadycznie zastój krwi.

Nerka głowowa, zgodnie ze swoim przeznaczeniem krwiotwórczym, mikroskopowo charakteryzowała się strukturą siateczkowo-śródbłonkową. Na uwagę zasługuje fakt, że w narządzie obserwowano prawidłowe komórki krwi w różnym stadium dojrzewania, a poza naczyniami krwionośnymi erythrocyty, leukocyty i kryształy hemoglobiny. Cechy te wskazywały na prawidłowy obraz mikroskopowy narządu. Zmiany strukturalne były sporadyczne i dotyczyły zaburzeń w krążeniu (ryc. 6). Ponadto prawie w każdym skrawku histologicznym narządu obserwowano melanomakrofagi (ryc. 6). Częściej były obecne w nerce głowowej ryb z chowu RAS.

Nerka tułowiowa pstrągów tęczowych w badaniu mikroskopowym przeważnie miała prawidłową strukturę (ryc. 7). Zmiany wsteczne obserwowano rzadko. Było to zwyrodnienie mięszkowe, a czasem wodniczkowe komórek kanalików nerkowych. Tylko niekiedy i w bardzo ograniczonych ogniskach stwierdzono martwicę. Częściej obserwowano zaburzenia w krążeniu: przekrwienie i drobne wynaczynienia. Na uwagę zasługuje fakt, że zmiany mikroskopowe stwierdzone w tej części narządu były o ok. 30% częstsze niż w nerce głowowej. Melanomakrofagi w nerce tułowiowej występowały obficie – było ich więcej niż w nerce głowowej i w śledzeniu. Przeważnie tworzyły duże skupiska i jako centra skupiały się obok ścian naczyń krwionośnych (ryc. 7). Sporadycznie obserwowano inne zmiany. Morfologiczne zmiany mikroskopowe w omawianym narządzie częściej obecne były u ryb z chowu RAS. Ponadto u ryb z tej technologii chowu były bardziej intensywne w stosunku do zajmowanego obszaru.

Badania statystyczne, wykonane z pomocą testu Friedmana (nieparametrycznej analizy wariancji), pozwoliły na stwierdzenie, iż zmiany mikroskopowe odnotowane u pstrągów tęczowych nie były statystycznie znamienne względem ekstensywnej (OOH) i intensywnej (RAS) technologii chowu ani względem ryb pochodzących z danego gospodarstwa rybackiego. Wskazywały jednak w sposób statystycznie istotny, że częściej lokalizowały się u ryb o masie ciała 501–800 g (sortyment D) niż o masie ciała 300–500 g (sortyment M) oraz u pstrągów pochodzących z odłowu jesiennego.

6.3.3. Badanie ultrastrukturalne



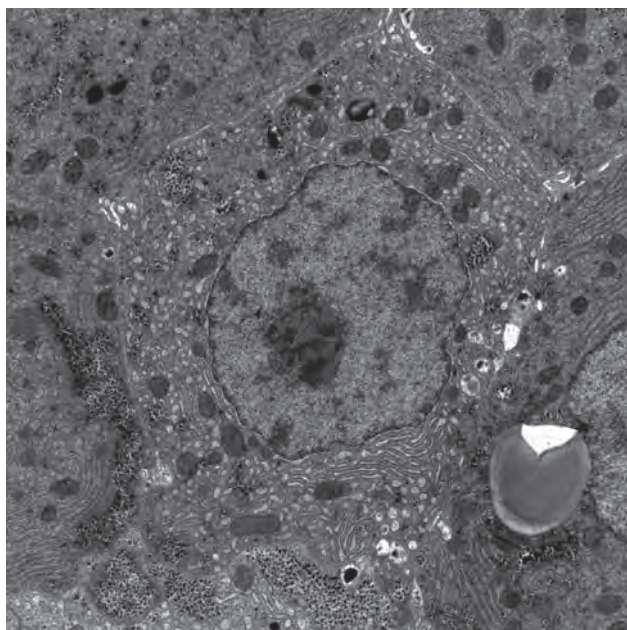
Ryc. 7. Prawidłowy obraz nerki tułowiowej – liczne, o prawidłowej strukturze, kanalikuli nefronu bliższe i dalsze, bardzo liczne melanomakrofagi (zabarwione na kolor brunatnoczarny) – pstrąg tęczowy z odłowu jesiennego, 3-OOH, D, barwienie HE

W analizie obrazu ultrastrukturalnego wątroby stwierdzono więcej odstępstw od normy niż w uprzednio prezentowanych badaniach. Fakt ten wynika z możliwości dotarcia tym narzędziem do substruktur komórek. Taka skala badań pozwoliła na stwierdzenie, że olbrzymia większość hepatocytów miała cechy prawidłowe (ryc. 8). Ponadto ziarna glikogenu wykazywały korelację z obrazem obserwowanym w mikrogramach pozyskanych zgodnie z metodą PAS wg McManusa. Zmiany ultrastrukturalne lokowały się w pojedynczych hepatocytach. Na uwagę zasługuje fakt, że pomimo precyzji badań martwicę odnotowywano stosunkowo rzadko. Większe jej skupiska dotyczyły ryb z chowu typu RAS, zwłaszcza sortymentu D.

Szczególnie istotnymi organelami komórkowymi są mitochondria – jako struktury wskaźnikowe względem prawidłowego oddychania na poziomie komórki. W większości elektronogramów wykazywały one prawidłową strukturę. Tylko u pstrągów z niektórych gospodarstw rybackich (OOH i RAS) odnotowano zatarcia ich struktury grzebieniastej. Stosunkowo często stwierdzano ich polimorfizm. Rzadziej wykazywano obecność ciałek gęstych w ich macierzy. Miejsce miały też zmiany adaptacyjne w postaci proliferacji mitochondriów, szczególnie wyraźnie u ryb chowu RAS.

Tylko niekiedy w hepatocytach obserwowano zmiany w szorstkiej siateczce śródplazmatycznej: poszerzenie kanałów, falisty lub koncentryczny jej przebieg oraz jej proliferacja. Sporadycznie u pstrągów z chowu RAS odnotowano fragmentaryczny rozpad omawianej struktury.

Często stwierdzano wakuolki lipidowe w cytoplazmie hepatocytów – przejaw stłuszczenia zwykłego (ryc. 8). Intensywność ich występowania wzrastała wraz z wiekiem ryb. U pstrągów sortymentu S krople lipidów były przeważnie małe i najczęściej występowały pojedynczo w zarodki komórkowej. Większy stopień stłuszczenia obserwowano w wątrobie ryb z chowu RAS. Lipidy były najliczniejsze i duże, przewyższały rozmiarami mitochondria. Opisany obraz stłuszczenia wątroby pstrągów korelował z wymienioną zmianą w badaniu mikroskopowym.



Ryc. 8. Prawidłowy obraz ultrastrukturalny hepatocytów, kropla lipidów (w prawym dolnym rogu) – pstrąg tęczowy z odłowu jesienno-3-OOH, M, barwienie HE

Jądra hepatocytów bardzo rzadko wykazywały zmiany w postaci zaburzeń w kształcie lub też w rozmieszczeniu heterochromatyny. Takie zmiany występowały w zasadzie tylko u pstrągów z chowu RAS.

W świetle niektórych zatok zlokalizowane były organelle komórkowe lub fragmenty uszkodzonych komórek. Przestrzenie Dissego były poszerzone, a mikrokosmki rozmieszczone nieregularnie na powierzchni hepatocytów od strony zatok. Sporadycznie fragmenty cytoplazmy hepatocytów były wpuklone do przestrzeni Dissego. Niekiedy w obrębie zatok pojawiały się struktury mielinopodobne. Miało to miejsce zwłaszcza w obecności morfologicznych zmian destrukcyjnych. Rzadko pośród hepatocytów obecne były naciekające komórki limfoidalne, częściej natomiast melanomakrofagi.

Wyniki badań ultrastrukturalnych wskazują, że subkomórkowe morfologiczne odstępstwa od normy miały miejsce u pstrągów tęczowych w stosunkowo niewielkim stopniu. Ich charakter i stopień intensywności umożliwiają dynamiczne prezentowanie oddziaływania bezpośredniego środowiska ryb i technologii ich chowu odnośnie odpowiedzi organizmu pstrągów ze strony substrukturalnych organeli w analizowanym narządzie. Prezentowane zmiany ultrastrukturalne w wątrobie pstrągów dają odpowiedź na bezpośrednie działanie otoczenia tych ryb oraz innych czynników stresowych dla organizmu (Schwaiger i wsp. 1997). Pozwalają na rozróżnienie zmian w wątrobie w stosunku do czynników wywołujących takie odstępstwa od normy. Umożliwiają powiązanie struktury morfologicznej z funkcją na poziomie subkomórkowym oraz pozwalają określić kinetykę zjawiska chorobowego. Przykładem są prezentowane zmiany w mitochondriach.

6.4. Podsumowanie

Wątroba pstrąga tęczowego to czuły narząd, który odzwierciedla wpływ środowiska tych ryb na ich stan zdrowia. Natomiast makroskopowe i mikroskopowe badania morfologiczne to stosunkowo proste i doskonałe narzędzia w dążeniu do uzyskania obrazu stanu zdrowia tych ryb. Jest więc oczywistym, że chów pstrąga tęczowego, wykazującego tendencję do intensyfikacji (Ciereszko, Ocalewicz 2007; Goryczko 2008), powinien być objęty stałym monitoringiem wymienionych badań, wstępnie przez hodowcę, a w przypadkach koniecznych przez lekarza weterynarii (Szarek i wsp. 2011; Żelazny 2007).

Obserwowane odstępstwa od normy, choć liczbowo zbliżone do siebie, różniły się stopniem intensywności w analizowanych technologiach chowu (OOH i RAS). W chowie typu RAS były bardziej wyraźnie wyrażone – ich stopień nasilenia był większy. Ponadto wykazano, że ryby z chowu RAS miały więcej zmian wstecznych niż ryby chowane w systemie otwartym. Spostrzeżenia te, zarówno z punktu widzenia lekarskoweterynaryjnego, jak i hodowlanego, są istotne dla określenia właściwego postępowania oraz odpowiedniej profilaktyki.

Wysoce istotne są 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 były obecne u ok. 20–30% pstrągów. Najliczniej występowały w nerce głowowej i tułowiowej. W tych przypadkach były obecne u dwukrotnie większej liczby pstrągów w stosunku do śledziony.

Wyniki badań ultrastrukturalnych wątroby wskazują, że stosunkowo najczęściej zmianami były dotknięte mitochondria, a rzadziej szorstka siateczka śródplazmatyczna. Ta lokalizacja odstępstw od normy wskazuje, że zmiany miały charakter adaptacyjny, jak i uszkadzającym (w mniejszym stopniu). Uzyskany obraz subkomórkowy daje podstawę do stwierdzenia, że niewralgicznym punktem w chowie pstrągów jest zapewnienie im właściwych warunków oddychania komórkowego – odpowiednia temperatura wody i poziom tlenu. Koniecznym jest wykonywanie częstych pomiarów zawartości tlenu w wodzie (np. za pomocą tlenomierzy).

Baza uzyskanych danych ultrastruktury wątroby pstrągów pozwala stwierdzić, że chów intensywny związany był z większym stopniem uszkodzenia narządu niż w przypadku chowu typu OOH. Należy też mieć na uwadze, że w obrębie chowu RAS wystąpiło zróżnicowanie zmian w zależności od gospodarstwa. Podobna zależność, lecz w mniejszym stopniu, wystąpiła też w obrębie chowu OOH. Ponadto liczba zmian ultrastrukturalnych i ich intensywność zwiększały się wraz ze wzrostem masy ciała ryb. Pstrągi sortymentu D miały więcej odstępstw od normy niż ryby sortymentu S. Natomiast różnice w stosunku do zmian substrukturalnych wątroby u ryb w obrębie technologii OOH i RAS w odniesieniu do liczby zmian były zbliżone. W sposób wyraźnie odmienny kształtował się stopień intensywności tych zmian, uwidaczniający się rozległością uszkodzeń struktury.

W ramach podsumowania można więc stwierdzić, że obraz ultrastrukturalny wątroby pstrągów tęczowych z technologii chowu typu OOH i RAS cechują małe odstępstwa od normy. Wyniki badań w tym zakresie wskazują, że zmiany te, będąc charakterystycznymi dla typu chowu pstrągów pod względem stopnia intensywności, wnoszą nową wiedzę w zakresie możliwości ingerowania w ich chów zarówno dla hodowcy, jak i lekarza weterynarii.

6.5. Piśmiennictwo

- Ciereszko A., Ocalewicz K. 2007. Modern methods for rainbow trout production. A time for trout. Focus on Fish Breeding. Academia, 1(13): 20–23.
- Goryczko K. 2008. Pstrągi chów i hodowla. Wydawnictwo IRŚ, Olsztyn.
- Malicka E. 2008. Sekcja zwłok zwierząt. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Schwaiger J., Wanke R., Adam S., Pawert M., Honnen W., Triebkorn R. 1997. The use of histopathological indicators to evaluate contaminant related stress in fish. Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery, 6: 75–86.
- Szarek J., Babińska I., Mieszczyński T., Gesek M. 2008. Ocena makroskopowa karpi konsumpcyjnych i analiza mikroskopowa ich wątrobotrzustki. W: Szarek J., Skibniewska K.A., Guziur J., 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.). ElSet, Olsztyn: 72–87.
- Szarek J., Babińska I., Skibniewska K.A., Guziur J., Zakrzewski J., Dobosz S., Siwicki K.A., Strzyżewska E., Terech-Majewska E., Wiśniewska A. 2012. 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, Prague, Czech Republic: 1078.
- Szarek J., Szynaka B., Babińska I., Andrzejewska A., Skibniewska K., Guziur J., Strzyżewska E., Dobosz S., Siwicki K., Szweda M., Zakrzewski J. 2012. Zmiany ultrastrukturalne hepatocytów w chowie pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*) w systemie recyrkulacji wody. XIV Kongres Polskiego Towarzystwa Nauk Weterynaryjnych. Nauka praktyce. Wrocław: 705.
- Szarek J., Goryczko K., Skibniewska K., Guziur J., Koc J., Dobosz S., Siwicki A.K., Sidoruk M., Babińska I., Terech-Majewska E., Zakrzewski J., 2011. Wstępne wyniki badań nad jakością pstruga tęczowego z polskiej technologii chowu. W: Kowalski R., Materiały Szkoleniowe. 36 Krajowa Konferencja

– Szkolenie dla Hodowców Ryb Łososiowatych. Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiowatych, Jastrzębia Góra: 87–99.

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.

Wszystkie prezentowane badania zostały sfinansowane przez UE oraz Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w ramach Programu Operacyjnego „Zrównoważony rozwój sektora rybołówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich, „PO Ryby 2007–2013”, umowa nr 00001-61724-OR1400002/10.

