

JOANNA TKACZEWSKA, WŁADYSŁAW MIGDAŁ

**PORÓWNANIE WYDAJNOŚCI RZEŻNEJ, ZAWARTOŚCI
PODSTAWOWYCH SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH ORAZ
POZIOMU METALI CIĘŻKICH W MIĘŚNIACH PSTRĄGA
TĘCZOWEGO (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) POCHODZĄCEGO
Z RÓŻNYCH REJONÓW POLSKI**

Streszczenie

Przedmiotem badań były mięśnie pstrągów tęczowych hodowanych w różnych rejonach Polski. Ryby do badań pochodziły z hodowli na terenie województw: małopolskiego, śląskiego, świętokrzyskiego i warmińsko-mazurskiego. Analizowano wpływ miejsca i sposobu hodowli na: skład chemiczny, jakość zdrowotną oraz przydatność technologiczną ryb. Badania obejmowały określenie wydajności rzeźnej ryb oraz oznaczenie w mięśniach pstrągów zawartości: wody, białka, tłuszczu, związków mineralnych w postaci popiołu, arsenu, ołowiu, rtęci i kadmu. Wydajność rzeźna ryb oraz zawartość białka i składników mineralnych w tkankach była zbliżona we wszystkich badanych hodowlach. Najmniej wody zawierały mięśnie ryb pochodzących z hodowli w województwie małopolskim (71,07 %). Najzasobniejsze w lipidy było mięso ryb z województwa świętokrzyskiego (7,4 %), co było związane ze sposobem ich żywienia. W żadnej z badanych prób mięśni pstrągów z różnych hodowli nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych zawartości metali ciężkich, określonych w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006. Nie stwierdzono również, aby sposób odżywiania oraz usytuowanie geograficzne hodowli miały wpływ na poziom zanieczyszczenia metalami ciężkimi tkanek tych ryb.

Słowa kluczowe: pstrąg (*Oncorhynchus mykiss*), wydajność rzeźna, podstawowy skład chemiczny, metale ciężkie

Wprowadzenie

Zgodnie z danymi Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) 44 % ryb spożywanych przez konsumentów pochodzi z hodowli. Zdaniem ekspertów FAO dzięki akwakulturze można zaspokoić rosnący światowy popytu na ryby. Pozwoliłoby to również zmniejszyć zapotrzebowanie na wciąż maleją-

ce zasoby ryb morskich. Dlatego istotna jest rola hodowli pstrąga, której wielkość szacowana jest na świecie na ok. 560 tysięcy ton rocznie [1].

W polskiej akwakulturze hodowane są głównie dwa gatunki ryb słodkowodnych: karp (w około 300 gospodarstwach) oraz pstrąg tęczowy (w około 160 gospodarstwach). Pstrąg tęczowy został wprowadzony w Polsce do chowu w stawach, w rejonach podgórskich, w drugiej połowie XIX w. Produkcja tego gatunku wzrastała w sposób ciągły, głównie w latach 80. XX w. z 2 tysięcy ton w pierwszym roku tej dekady do 20 tysięcy ton w 2009 r. [10].

Na jakość produktu spożywczego składa się wiele parametrów. Najważniejsze z nich to: wartość odżywcza, bezpieczeństwo zdrowotne oraz przydatność technologiczna [22].

Celem pracy było określenie wydajności rzeźnej pstrągów tęczowych pochodzących z hodowli różniących się położeniem geograficznym (różne województwa na terenie Polski) i warunkami chowu oraz oznaczenie podstawowego składu chemicznego i zawartości metali ciężkich w mięśniach ryb. Zgodnie z założeniem badawczym mięśnie pstrągów tęczowych pochodzących z hodowli znajdujących się na terenach uprzemysłowionych zawierają więcej metali ciężkich niż mięśnie ryb z pozostałych województw. Założono również występowanie różnic w składzie podstawowym mięśni i wydajności rzeźnej pomiędzy rybami pochodzącymi z gospodarstw różniących się sposobem i warunkami chowu.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły surowe mięśnie pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*), pochodzących z hodowli usytuowanych na terenie czterech województw (po 7 sztuk z każdej hodowli). Pstrągi nabywano bezpośrednio od producentów. Sposób prowadzenia hodowli był następujący:

1. Hodowla „W-M” – gospodarstwo położone w południowo-wschodniej części powiatu olsztyńskiego w województwie warmińsko-mazurskim. Stawy hodowlane zasilane są wodą źródlaną oraz wodą z Łyny. Pod względem ekologicznym wody Łyny w roku 2011 zakwalifikowano do klasy II (stan dobry) [27]. Gospodarstwo to jest jednym z 10 największych producentów pstrąga tęczowego w Polsce, a więc stosuje się tu wysoko intensywny system produkcji. Ryby żywione są paszami granulowanymi firmy „Aller-Aqua” o składzie: mączka rybna, olej rybny, hydrolizowane białko, pszenica, ziarno rzepaku, soja, mączka z krwi wieprzowej. W hodowli zastosowano program paszowy firmy „Aller-Aqua”, od pasz startowych do pasz tuczowych, który zapewnia pokrycie potrzeb pokarmowych ryb w całym cyklu produkcyjnym. Zawartość składników odżywczych w paszy wynosiła: białko 41 - 45 %, tłuszcz 20 - 31 %, węglowodany 15 - 22 %, składniki mineralne w postaci popiołu 7 - 8 %, włókno 1 - 2 %.

2. Hodowla „ŚW” – gospodarstwo o powierzchni użytkowej 30 ha położone w południowo-zachodniej części województwa świętokrzyskiego. Stawy zasilane są wodą z Mierzawy. Jak wynika z raportu WOIŚ [29], rzeka ta ma potencjał ekologiczny II klasy (stan dobry), ale nie spełnia kryteriów rozporządzenia z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe, będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych [21]. W produkcji ryb stosowano program paszowy firmy „BioMar”. Skład pasz był następujący: mączka rybna, makuch sojowy, mączka z krwi wieprzowej, olej rybny, pszenica, mączka rzepakowa, makuch słonecznikowy, bobik, olej rzepakowy. Zawartość składników odżywczych w paszy wynosiła: białko 40 - 47 %, tłuszcz 14 - 34 %, węglowodany 11 - 23 %, składniki mineralne w postaci popiołu 1,1 - 6 %, włókno 1 - 4 %.
3. Hodowla „M” – gospodarstwo położone w południowej części województwa małopolskiego. Stawy hodowlane zasilane są wodą z Rudawy, lewobrzeżnego dopływu Wisły. Do rzeki spuszczone są ścieki komunalne głównie z miasta Krzeszowice (przez Krzeszówkę) oraz z gminy Zabierzów. Ponadto Rudawa jest jednym ze źródeł wody pitnej dla Krakowa (ujęcie w Mydlnikach) oraz gminy Zabierzów. Pod względem ekologicznym wody Rudawy w roku 2010 zakwalifikowano do klasy III (stan umiarkowany) [30], nie spełniały one jednak kryteriów rozporządzenia z dnia 4 października 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe, będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych [21]. Ryby żywione były paszami granulowanymi firmy „Aller-Aqua” o składzie identycznym jak w gospodarstwie „W-M”. W hodowli zastosowano program paszowy firmy „Aller-Aqua”. Zawartość składników odżywczych w paszy wynosiła: białko 41 - 45 %, tłuszcz 20 - 31 %, węglowodany 15 - 22 %, składniki mineralne w postaci popiołu 7 - 8 %, włókno 1 - 2 %.
4. Hodowla „Śl” – gospodarstwo położone w województwie śląskim, w dolinie górnej Wisły, u podnóży Beskidu Śląskiego, u zbiegu rzek Brynicy i Wisły. Hodowla prowadzona jest na ok. 200 ha stawów. Stawy hodowlane zasilane są wodami głębinowymi oraz wodami z Brynicy. Pod względem ekologicznym wody Brynicy w roku 2010 zakwalifikowano do klasy IV (stan słaby) [31], nie spełniały jednak kryteriów rozporządzenia z dnia 4 października 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych [21]. W tej hodowli ryby żywione były również paszami granulowanymi firmy „Aller-Aqua” o takim samym składzie jak w pozostałych gospodarstwach.

Określenie wydajności rzeźnej: ryby ogłuszano, a następnie ważono w całości. Po dekapitacji oraz wypatroszeniu tuszki ważono. Wydajność rzeźną ryb obliczano jako stosunek masy tuszki do całkowitej masy ryby.

Oznaczenia podstawowego składu chemicznego wykonywano według procedur podanych w AOAC [4].

Oznaczenie zawartości ołowiu i kadmu wykonywano metodą mineralizacji próbki i analizie techniką atomowej spektrometrii absorpcyjnej z atomizacją w piecu grafitowym (GFAAS) (AAS: QMP 504 EC 25 52).

Oznaczenie zawartości arsenu wykonywano przy użyciu spektrometru absorpcji atomowej PERKIN ELMER ZL 4100 po mineralizacji mikrofalowej. Wykorzystywano technikę użycia kuwety grafitowej typu End Cap. System był wyposażony w korekcję tła Zeemana, piec zasilany argonem i system rejestracji pomiaru. Próbkę po uprzedniej mineralizacji mikrofalowej nastrzykiwano do kuwety grafitowej, gdzie poddawana była procesowi suszenia, spopielenia i atomizacji (AAS: QMP 504 EC 25 52).

Określenie zawartości rtęci wykonywano metodą FIA (Flow Iniection Analysis), z detekcją spektrofotometryczną (LFGB L 00.00-19 (KI)).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem analizy wariancji. Istotność różnic między średnimi wartościami analizowanych cech weryfikowano testem t-Studenta.

Wyniki i dyskusja

Wartość użytkowa ryb, jako surowców żywnościowych, zależy od ich wymiarów oraz od udziału części jadalnych w całej masie zwierzęcia. Największy wpływ na wydajność rzeźną mają warunki bytowania ryb oraz stadium rozwoju biologicznego przed złowieniem [22]. W tab. 1. przedstawiono wydajność rzeźną oraz podstawowy skład chemiczny pstrągów tęczowych pochodzących z różnych hodowli w Polsce.

Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu miejsca i sposobu hodowli na wydajność rzeźną ryb, którą określono na poziomie 66,15 - 67,01 % (tab. 1). Różnica między wartościami minimalnym i maksymalnymi to zaledwie 0,86 %. Inni autorzy uzyskali wydajność rzeźną na poziomie: 72 - 75 % [2, 6, 13]. Mniejszą wydajność, od 49 do 52 %, stwierdzili Ghotbi i wsp. [11]. Tak duże różnice wydajności rzeźnej wynikają ze zróżnicowanej obróbki ręcznej. Cocan [5], nie usuwając skrzeli z tuszek ryb, uzyskał 89 i 90 % wydajność rzeźną z dwóch hodowli. W tym samym doświadczeniu potwierdził, że warunki chowu nie wpływają na wydajność rzeźną pstrągów tęczowych.

W zależności od sposobu prowadzenia hodowli stwierdzono niewielkie zróżnicowanie zawartości wody w tkankach pstrągów tęczowych pochodzących z różnych hodowli. Największą zawartością wody cechowały się mięśnie ryb pochodzących z województwa śląskiego (76,59 %), natomiast najmniej wody było w tkankach pstrąga pochodzącego z województwa małopolskiego (71,07 %). Te dwie skrajne wartości

Tabela 1

Wydajność rzeźna oraz podstawowy skład chemiczny pstrągów tęczowych pochodzących z różnych hodowli w Polsce.

Slaughter yield and basic chemical composition of trout from different farms in Poland.

Hodowla Farm	Wydajność rzeźna Slaughter yield [%]	Woda Water [%]	Związki mineralne Mineral compounds [%]	Białko Protein [%]	Tłuszcz Fat [%]
Hodowla „W-M” Farm „W-M”	66,81a	74,90a	1,19a	18,72a	4,92A
Hodowla „ŚW” Farm „ŚW”	66,15a	74,93a	1,42a	19,24a	7,40B
Hodowla „M” Farm „M”	66,83a	71,07b	1,35a	19,74a	5,50AB
Hodowla „ŚI” Farm „ŚI”	67,01a	76,59a	1,21a	19,45a	3,63C

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$ / mean values denoted with different letters differ statistically significantly at $p < 0.05$;

A, B, C – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,01$ / mean values denoted with different letters differ statistically significantly at $p < 0.01$.

dotyczyły ryb z sąsiadujących ze sobą województw południowej Polski, dlatego też można wnioskować, że zawartość suchej masy w mięśniach ryb nie jest związana z położeniem geograficznym hodowli. Usydus i wsp. [26] podają, że zawartość wody w mięśniach pstrąga hodowlanego wynosi 73 %. Inni autorzy również twierdzą, że ilość wody w tkankach pstrąga kształtuje się na poziomie 72 - 73 % [2, 15]. Woda zawarta w tkankach ryb występuje w postaci roztworu wielu składników organicznych i nieorganicznych, uczestniczy w procesach biochemicznych zachodzących w organizmie ryby, współdziała w tworzeniu charakterystycznych właściwości reologicznych mięsa, ale nie jest źródłem żadnych cennych składników odżywczych [18]. Dlatego zawartość wody w mięsie ryb jest ujemnie skorelowana z wartością odżywczą. Najmniejszą zawartością suchej masy cechowały się ryby pochodzące z województwa śląskiego (23,41 %). Wynika to głównie z małej zawartości tłuszczu (3,63 %) w mięśniach ryb z hodowli na terenie tego województwa. Tłuszcz podczas suszenia nie zmienia w istotny sposób swojej masy. Stąd też próbki zawierające większą ilość tłuszczu, oprócz białka i innych substancji organicznych, charakteryzują się większymi ilościami suchej masy [18].

Koncentracja tłuszczu w mięśniach ryb jest zmienna. Zależy nie tylko od gatunku, ale także od: wieku, płci, warunków środowiskowych (klimatu, temperatury wody), a przede wszystkim od dostępności i rodzaju pokarmu [12]. Zawartość lipidów w mięśniach pstrąga tęczowego była zróżnicowana w zależności od sposobu i miejsca

chovu. Mięśnie pstrąga z hodowli „ŚW” zawierały 7,40 % tłuszczu, natomiast z hodowli „ŚI” jedynie 3,63 %. To zróżnicowanie może być spowodowane sposobem żywienia ryb. Pstrągi z hodowli „ŚW” karmione były paszą o większej zawartości zarówno białka, jak i tłuszczu, w porównaniu z pozostałymi hodowlami. Źródłem tłuszczu dla organizmu pstrąga może być nadmiar białka i węglowodanów przyjmowanych z pokarmem lub może on pochodzić wprost z paszy. Według danych innych autorów [24, 26] zawartość tłuszczu w mięśniach pstrąga kształtuje się na poziomie od 7 do 14 %, tj. wyższym niż stwierdzony w badaniach własnych. Jednak Skibiniewska i Zakrzewski [23] oznaczyli w tkankach pstrąga tęczowego 3 % tłuszczu.

Białka są materiałem budulcowym mięśni, pełnią funkcje katalityczne w reakcjach biochemicznych zachodzących w organizmie ryb, stanowią o biologicznej i żywieniowej wartości produktów rybnych i uczestniczą w kształtowaniu wielu sensorycznych cech tych produktów [18]. Poziom białka w mięśniach badanych ryb nie był zróżnicowany. Różnica między wartością minimalną (pstrągi z hodowli „W-M”) i maksymalną (pstrągi z hodowli „M”) wynosiła jedynie 1,02 %. W mięśniach pozostałych ryb oznaczono 19,24 - 19,45 % białka. Uzyskane wyniki są zbliżone do danych literaturowych, według których zawartość białka w mięśniach pstrąga może wynosić od 16 do 19 % [9, 25], a Skibiniewska i Zakrzewski [23] oznaczyli nawet 19 - 19,5 % tego składnika.

Zawartość składników mineralnych (oznaczonych w postaci popiołu) w mięśniach pstrąga nie była różnicowana przez miejsce i sposób hodowli. Ich poziom w badanych mięśniach ryb wynosił od 1,42 % (hodowla z województwa świętokrzyskiego) do 1,19 % (hodowla z województwa warmińsko-mazurskiego).

Zawartość metali ciężkich w tkankach ryb związana jest z ich pobieraniem przez zwierzęta z otaczającego środowiska (wody) – głównie przez skrzela oraz drogą pokarmową wraz z pożywieniem [25]. W warunkach naturalnych oba procesy zachodzą równocześnie, a końcowym rezultatem jest stężenie pierwiastka w tkankach. Stężenie to określa się jako funkcję ilości przyjętego metalu, współczynnika jego wchłaniania przez daną tkankę oraz szybkości usuwania metalu z organizmu. Zjawisko to nazywane jest biokumulacją [8].

Metale ciężkie, głównie arsen, ołów, kadm, oraz rtęć należą do zanieczyszczeń środowiskowych i technicznych występujących w żywności. Zawartość metali ciężkich w mięśniach pstrągów pochodzących z różnych hodowli w Polsce przedstawiono w tab. 2.

W żadnej z badanych prób mięśni pstrągów z różnych hodowli nie stwierdzono przekroczenia maksymalnych poziomów metali ciężkich, określonych w rozporządzeniu Komisji (WE) nr1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. [20].

Tabela 2

Zawartość metali ciężkich w mięśniach pstrągów pochodzących z różnych hodowli w Polsce.

Content of heavy metals in muscles of trout from different farms in Poland.

Hodowla Farm	Arsen [mg/kg] Arsenic [mg/kg]	Kadm [mg/kg] Cadmium [mg/kg]	Ołów [mg/kg] Lead [mg/kg]	Rtęć [mg/kg] Mercury [mg/kg]
Hodowla „ŚW” Farm „ŚW”	<0,1	<0,010	<0,050	0,03
Hodowla "M" Farm „M”	<0,1	<0,010	<0,050	0,02
Hodowla "ŚI" Farm „ŚI”	<0,1	0,014	<0,050	<0,02
Hodowla "W-M" Farm „W-M”	<0,1	<0,010	<0,050	<0,02

Zawartość arsenu w tkankach ryb pochodzących ze wszystkich badanych hodowli była mniejsza niż 0,1 mg/kg, natomiast zawartość rtęci w mięśniach ryb w hodowlach z województw: śląskiego i warmińsko-mazurskiego była mniejsza niż 0,02 mg/kg. Poziom rtęci w tkankach ryb z hodowli „ŚW” wynosił 0,03 mg/kg masy ciała, a w mięśniach pstrągów z hodowli „M” 0,02 mg/kg. Zawartość ołowiu w tkankach ryb ze wszystkich badanych hodowli była mniejsza niż 0,05 mg/kg. Mięśnie ryb z hodowli „ŚI” zawierały 0,014 mg kadmu na kg masy ciała, natomiast próby pochodzące z pozostałych badanych hodowli cechowały się zawartością tego pierwiastka mniejszą niż 0,01 mg/kg. Drąg-Kozak [8] twierdzi, że mięśnie pstrąga, pochodzącego z hodowli w latach 2006/2007, zawierały ołowiu od 0,39 - 0,46 mg/kg. Jest to ilość nieznacznie przekraczająca normy zawarte w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006 [20]. Zaobserwowano, że koncentracja ołowiu w tkankach ryb zmniejsza się wraz z ich wiekiem. Tłumaczy się to większą aktywnością i zapotrzebowaniem na tlen i energię młodszych ryb [7]. Dodatkowo u starszych ryb lepiej funkcjonują mechanizmy obronne, a więc eliminacja związków szkodliwych jest szybsza [14]. Zawartość arsenu w tkankach pstrągów według Drąg-Kozak [8] wynosiła 0,003 mg/kg, podobne wyniki uzyskano w badaniach własnych. Także Robinson i wsp. [19] oznaczyli w mięśniach pstrągów 0,002 - 0,005 mg arsenu na kg masy ciała. Vitek [27] stwierdził, że poziom ołowiu w tkankach pstrągów hodowanych w rzece Loučka na terenie Czech wynosi 0,108 mg/kg, rtęci 0,089 mg/kg, a kadmu 0,007 mg/kg. Poza kadmem, są to wartości wyższe od otrzymanych w badaniach własnych.

Jednym ze skutków rozwoju gospodarczego jest wzrost stężenia metali ciężkich w glebie, wodzie i powietrzu. Zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi pochodzi głównie z pyłów, dymów, ścieków i opadów przemysłowych [3]. Związki metali łatwo ulegają rozpuszczeniu w wodzie deszczowej, zasilając systemy wodne oraz gle-

by [16, 17]. Zanieczyszczenie środowiska jest ściśle związane ze stopniem industrializacji określonego regionu geograficznego. Dlatego zakładano, że ryby hodowane na terenach uprzemysłowionych (np. w województwie śląskim) będą zawierały więcej metali ciężkich niż ryby hodowane na terenach charakteryzujących się większym udziałem gospodarstw rolnych (np. w województwie małopolskim). Przypuszczenia tego nie potwierdzono, gdyż nie wykazano zwiększonego stężenia metali ciężkich w mięśniach pstrągów z hodowli usytuowanej w województwie śląskim w porównaniu z rybami pochodzącymi z innych rejonów. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono niewielkie pozostałości zanieczyszczeń środowiskowych w mięśniach pstrągów hodowlanych. Może to być wynikiem ścisłej kontroli zarówno jakości pasz stosowanych w hodowli zwierząt, jak i warunków środowiskowych, w jakich te zwierzęta bytują oraz stosunkowo krótkim cyklem produkcji pstrąga.

Wnioski

1. Zawartość białka i składników mineralnych, oznaczonych w postaci popiołu, w mięśniach pstrągów tęczowych pochodzących z różnych hodowli na terenie Polski nie zależała od miejsca i sposobu prowadzenia hodowli.
2. Zawartość suchej masy i tłuszczu w mięsie pstrągów tęczowych zależała od sposobu prowadzenia hodowli ryb.
3. Zawartość metali ciężkich w mięśniach pstrągów tęczowych, pochodzących z różnych rejonów Polski, nie przekraczała wartości normatywnych.
4. Stopień uprzemysłowienia rejonu, w którym prowadzone były hodowle pstrągów, nie wpływał na poziom kumulacji metali ciężkich w mięśniach tych ryb.

Literatura

- [1] Aguirre G.: Produkcja i eksport pstrąga w Chile, Peru i Norwegii. *Magazyn Przem. Ryb.*, 2007, **5 (59)**, 46-48.
- [2] Akhan S., Okumus I., Delihasan Sonay F., Kocak N.: Growth, slaughter yield and proximate composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) raised under commercial farming condition in Black Sea. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 2010, **16 (Supl.-B)**, 291-296.
- [3] Alloway B.J., Ayres D.C.: *Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1999, ss. 218-246.
- [4] AOAC.: *Official Methods of Analysis. International*, 17th Ed., AOAC Inter., Gaithersburg 2000, MD, USA.
- [5] Cocan D., Miresan V., Raducu C.: Results on the patterns of growth and morpho-productive indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in two different systems. *Lucrări Științifice, Seria Zootehnie*, 2000, **55**, 283-288.
- [6] Bugeon J., Lefevre F., Cardinal M., Uyanik A., Davenel A., Haffray P.: Flesh quality in large rainbow trout with high or low fillet yield. *J. Muscle Foods*, 2010, **21 (4)**, 702-721.
- [7] Canpolat O., Calta M.: Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta* fish species in relation to body size, age, sex and seasons. *Fresenius Environ. Bulletin*, 2003, **12 (9)**, 961-966.

- [8] Drąg-Kozak E., Łuszczek-Trojnar E., Popek W.: Koncentracja metali ciężkich w tkankach i organach pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) w zależności od wieku i sezonu. Ochr. Śr. Zas. Nat., 2011, **48**, 161-169.
- [9] Dumas A., Cornelis de Lange F.M., France J., Bureau D.P.: Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 2007, **273**, 165-181.
- [10] Gil F.M.: Natura i Akwakultura. Wyd. Min. Środ., Warszawa 2009.
- [11] Ghotbi M., Ghotbi M., Takami A.: Contribution of Vitaton (B-Carotene) to the Rearing factors, survival rate and Visual flesh color of rainbow trout fish in comparison with astaxanthin. WASET, 2011, **59**, 1649- 1654.
- [12] Kołakowska A., Kołakowska E.: Winter season krill (*Euphausia superba* Dana) as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids. XXXI Scientific Session of the Committee for Food Technology and Chemistry. PAN, Poznań 2000, ss. 14-15.
- [13] Kuźmiński H., Dobosz S.: Międzygatunkowe krzyżówki pstrągowe. Mat. XXXV Konf. – Szkolenie dla hodowców ryb łososiowatych. Jastrzębia Góra 2010.
- [14] Łuczyńska J., Jaworski J., Markiewicz K.: Wybrane metale w tkance mięśniowej ryb z jeziora Łańskiego. Komunikaty Rybackie, 2000, **3**, 22-25.
- [15] Michalczyk M., Surówka K.: Changes in protein fractions of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gravads during production and storage. Food Chem., 2007, **104**, 1006-1013.
- [16] Popek W., Sionkowski J., Drąg-Kozak E., Szymacha J., Epler P.: Wpływ kadmu na efektywność tarła u karpia. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Zootechnika., 2004, **LI (501)**, 273-277.
- [17] Protasowicki M.: Long-term studies on heavy metals in aquatic organisms from River Odra mouth area. Acta Ichthyol. Piscat. 1991. suppl., **21(1)**, 301-309.
- [18] Puchała R., Pilarczyk M.: Wpływ żywienia na skład chemiczny mięsa karpia. Inżynieria Rolnicza, 2007, **5 (93)**.
- [19] Robinson B.H., Brooks R.R., Outred H.A., Kirkman J.H.: Mercury and arsenic in trout from the Taupo Volcanic Zone and Waikato River, North Island, New Zealand, 1995.
- [20] Rozporządzenie Komisji (WE) nr1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
- [21] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych.
- [22] Sikorski Z.E.: Ryby i bezkręgowce morskie – pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie. WNT, Warszawa 2004
- [23] Skibiniewska K.A., Zakrzewski J.: Wpływ technologii żywienia na wartość odżywcza i zdrowotną tkanki mięśniowej karpia. W: Technologia produkcji rybackiej a jakość karpia. Wyd. UWM, Olsztyn 2010, ss. 65-73.
- [24] Staniek M., Dąbrowski J., Roślewska A., Janicki B.: Ocena zawartości tłuszczu i cholesterolu w mięsie samic oraz samców okonia (*Perca fluviatilis L.*) z jeziora Gopło. Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric., Aliment. Pisc., Zootech., 2009, **271 (10)**.
- [25] Tepe Y., Türkmen M., Türkmen A.: Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. Environ. Monit Assess. 2008, **146**, 277-284.
- [26] Usydus Z., Szlinder-Richert J., Adamczyk M., Szatkowska U.: Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. Food Chem., 2011, **126**, 78-84.
- [27] Vitek T., Spurn P., Mare J., Zikova A.: Heavy Metal Contamination of the Loučka River Water Ecosystem. Acta Vet. Brno, 2007, **76**, 149-154.
- [28] Wyniki oceny jakości wód w województwie warmińsko-mazurskim. [on-line] WIOŚ. 2010 [dostęp: 05-05-2012] Dostępne w Internecie: http://www.wios.olsztyn.pl/pliki/Tabela%2022_Rzeki%20badane%20w%202010%20rok

- [29] Stan środowiska w województwie świętokrzyskim w latach 2009-2010. WIOŚ. Raport. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce 2011.
- [30] Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2010 roku. WIOŚ, Kraków 2011.
- [31] Stan środowiska w województwie śląskim w 2010 roku. WIOŚ. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 2011.

COMPARISON OF SLAUGHTER YIELD, CONTENTS OF BASIC NUTRIENTS, AND LEVELS OF HEAVY METALS IN MUSCLES OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) ORIGINATING FROM VARIOUS REGIONS IN POLAND

S u m m a r y

The subject of the research study constituted muscles of rainbow trout bred in various regions in Poland. The fish used in the study originated from trout farms located in the voivodships (provinces) of Małopolska, Silesia, Świętokrzyskie, and Warmińsko-Mazurskie. The effect of farm location and type of farming on the chemical composition, health quality, and technological usefulness of fish was analyzed. The research included the determination of the following parameters in the muscles of fish: slaughter yield, content levels of water, protein, fat, mineral compounds in the form of ash, arsenic, lead, mercury, and cadmium. The slaughter yields of fish as well as the content of protein and mineral compounds in tissues were similar in all the farms tested. The muscles of fish from the farm located in the Małopolska Voivodship contained the lowest amount of water (71.07%). The flesh of fish from the Świętokrzyskie Voivodship had the highest content of lipids (7.4%); this was linked with the method of feeding the fish. In none of the analyzed muscle samples of trout from various farms, the content of heavy metals was found to exceed the allowable limits thereof as indicated in the Regulation of the European Commission No. 1881/2006. Furthermore, no impact of the feeding method or of the geographical location of farm was found on the heavy metal contamination level in the tissues of the fish studied.

Key words: trout (*Oncorhynchus mykiss*), slaughter yield, basic chemical composition, heavy metals 