

Populacje samicze pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) w polskiej akwakulturze.

Henryk Kuźmiński

Zakład Hodowli Ryb Łososiowatych Rutki, Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom wielu hodowców pstrągów celem niniejszego opracowania jest zebranie najnowszej wiedzy praktycznej dotyczącej produkcji jednopłciowych populacji samiczych. Informacje te często są trudno dostępne i/lub rozproszone. Oczywiście, nie wszystkie zagadnienia zostały tutaj wyczerpane. W Zakładzie Hodowli Ryb Łososiowatych Rutki populacje samicze posiadamy już od ponad 20 lat, a mimo to okazuje się, że jeszcze technologię produkcji możemy nieco poprawić, czy też usprawnić.

Zapotrzebowanie na populacje samicze

Produkcja pstrągów tęczowych w Polsce w latach 1970 - 2006 charakteryzowała się bardzo wysokim tempem wzrostu - ok. 8,3% rocznie, osiągając wartość 17 tys. ton i przekraczając po raz pierwszy wysokość produkcji karpia (Seremak-Bulge, 2008). W tym czasie rozwinął się jednocześnie krajowy rynek konsumencki. Od roku 2004 obserwujemy gwałtowny wzrost popytu na populacje samicze, zarówno wśród przetwórców jak i konsumentów detalicznych. Samce pstrągów tęczowych w stosunku do samic charakteryzują się obniżonymi walorami smakowymi, posiadają stosunkowo dużą i masywną głowę, grubą i twardą skórę oraz łykowane mięso. Ponadto w hodowli mają niższą przeżywalność wywołaną zwiększoną agresywnością oraz niższą wydajność rzeźną. W tradycyjnym tuczu populacji obupłciowej po ok. 50% stanowią samice i samce. Stąd też produkcja wyłącznie jednopłciowych populacji samiczych przynosi wymierne korzyści zarówno hodowcy, jak i przetwórcy ryb oraz spełnia wzrastające wymagania konsumenckie.

Również produkcja materiału zarybieniowego jednopłciowych populacji samiczych jest ekonomicznie bardziej opłacalna. Udział samców w hodowli tarlaków

populacji obupłciowej wynosi od 30 do 50%, podczas gdy zapotrzebowanie na neosamce w hodowli linii jednopłciowych samiczych wynosi ok. 2-3%. Zatem hodowca nie zwiększając obsad tarlakowych w przypadku produkcji jednopłciowego samiczego materiału zarybieniowego automatycznie zwiększa produkcję, nawet do 200%.

Obserwujemy również rodzący się w naszym kraju rynek na dużego samiczego pstrąga konsumpcyjnego, tj. o średniej wadze jednostkowej powyżej 1,5 kg, nazywanego „a la łosoś”. Przyczynił się do tego zwiększony w ostatnich latach import łososa norweskiego oraz stosunkowo wysoka jego cena. Toteż handlowcy i przetwórcy chętnie poszukują tańszego zamiennika. Aczkolwiek smakosze twierdzą, że duży pstrąg tęczowy odznacza się lepszymi walorami smakowymi i dietetycznymi. Toteż ten produkt niewątpliwie ma przed sobą przyszłość i jeżeli nie będzie konkurował z importem łososa norweskiego, to będzie stanowił doskonałe jego uzupełnienie. Produkcja dużego pstrąga wymaga jednak sterylizacji płciowej. Samice pstrąga tęczowego dojrzewają w wieku 2+, tj. w trzecim roku chowu, tracąc swoje właściwości handlowe. Dojrzewające samice odznaczają się obniżoną wydajnością rzeźną oraz gorszymi walorami smakowymi i dietetycznymi, ponieważ znaczna część składników pokarmowych przeznaczana jest przez organizm ryby na wzrost protoplazmatyczny ikry, a nie na budowę mięśni. Większość sprzedawanych pstrągów jednak nie wymaga sterylizacji, gdyż są to ryby w wieku 1+ i masie jednostkowej 300 – 600 g, a wtedy są one jeszcze niedojrzałymi.

Założenia techniczne produkcji populacji samiczych

Cykliczna produkcja jednopłciowych populacji samiczych polega na zapłodnieniu jaj ryb nasieniem pochodzącym od neosamców. Neosamcami nazywamy genetyczne samice, którym zmieniono płć fenotypową samiczą na samczą. U takich ryb zamiast jajników z ikrą rozwijają się jądra, zaś produkowane plemniki są o genotypie wyłącznie samiczym. W wyniku zapłodnienia ikry takim nasieniem uzyskuje się potomstwo wyłącznie samicze. Większość neosamców posiada dobrze wykształcone jądra oraz w różnym stopniu zredukowane nasieniowody, których wspólną cechą jest brak drożności. Toteż pozyskanie nasienia od takich ryb jest możliwe dopiero po ich zabiciu i maceracji jąder (Bye and Lincoln 1986). Jednakże jakość nasienia jądrowego neosamców jest istotnie

obniżona w stosunku do nasienia pozyskanego od normalnych samców (Nynca i in., 2012).

Odwrócenie płci fenotypowej u samic pstrąga tęczowego przeprowadza się poprzez kurację hormonalną za pomocą 11β -hydroksyandrostenedionu, który podaje się wraz z paszą w dawce 20 ppm przez pierwsze 60 - 90 dni żywienia, aż do osiągnięcia ok. 5g średniej jednostkowej masy ciała. W wieku 3+ uzyskuje się ponad 96 % neosamców. Niewielką część ryb mogą stanowić osobniki sterylne, samice oraz obupłciowe. Część neosamców (<2%) jest w pełni funkcjonalnymi samcami, tzn. z drożnymi nasieniowodami i możliwością wielokrotnego pozyskiwania nasienia, zaś pozostałe (93%) są rybami z dobrze wykształconymi jądrami oraz w różnym stopniu zredukowanymi nasieniowodami, których wspólną cechą jest brak ich funkcjonalnej drożności. Kształt jąder zawiera się od acinozowych do jajnikopodobnych. U podchowrywanych ryb wzrost masy jąder w stosunku do całkowitej masy neosamców jest wolniejszy wraz z wiekiem. W wieku 3+ przeciętna masa jąder wynosi ok. 38,4 g i stanowi ok. 4% średniej masy jednostkowej ryb, zaś w wieku 5+ przeciętna masa gonad wynosi ok. 53,4g, co stanowi 2,7% średniej masy jednostkowej neosamców. U osobników obupłciowych część jądrokształtna jajnikojądra zawiera dojrzałe plemniki, zaś występujące oocyty nie dojrzewają i są w stadium poprzedzającym i/lub początkowym wzrostu protoplazmatycznego (Kuźmiński i Dobosz, 2008, 2010, Kuźmiński i in., 2006). Dawniej do odwracania płci stosowano 17α -metylotestosteron, jednakże efektywność jego stosowania w dawce 3-5 ppm, podawanej rybom w paszy startowej, wynosi 40 -70% (Bieniarz i in. 1991, Demska-Zakęś i in 1999). Dodatkowe zastosowanie immersji ryb w 0,4 ppm roztworze wodnym MT przez 2 godziny w czasie 1 i/lub 2 tygodnie po 50% wykluciu larw zwiększa efektywność maskulinizacji do 94-100% (Feist i in., 1995). Stosowanie 11β -hydroksyandrostenedionu do odwracania płci jest jednak bezpieczniejsze pod względem możliwości przedawkowania, a 95-100% efektywność maskulinizacji jest w pełni satysfakcjonująca (Demska-Zakęś i in. 1999, Kuźmiński i Dobosz, 2010).

Do zapoczątkowania cyklu produkcyjnego jedнопłciowych populacji samiczych używa się populacji gynogenetycznej, uzyskanej podczas indukcji gynogenezy mejotycznej. Polega ona na podwojeniu genomu matczynego poprzez zatrzymanie drugiego podziału mejotycznego. Szokowanie ikry w momencie drugiego podziału mejotycznego powoduje zniszczenie wrzeciona podziałowego, a tym samym niedopuszczenie do wydalenia drugiego ciała kierunkowego z jaja. W wyniku tego

zabiegu ikra oprócz materiału genetycznego jądrowego zawiera również genom pochodzący z niewydalonego drugiego ciała kierunkowego. Zatem gynogenezę mejotyczną wykonuje się w ten sposób, że najpierw ikrę zaplemnia się inaktywowanym promieniowaniem UV nasieniem (Goryczko i in., 1991), a następnie po 40 minutach inkubacji w wodzie o temperaturze 10 °C, jaja poddaje się udarowi ciśnieniowemu w dawce 7000-9000 PSI przez 3-5 minut. Jest to zabieg nieskomplikowany, jednakże do tego potrzebny jest odpowiedni sprzęt, w szczególności - komora ciśnieniowa. W ten sposób powstaje pierwsze pokolenie samicze, wykorzystywane do maskulinizacji.

Produkcja ciężkiej ryby towarowej - populacje sterylne

Steryлизację ryb wykonuje się poprzez zabieg triploidyzacji. Przeprowadza się go w identyczny sposób jak gynogenezę mejotyczną, z tą różnicą, że do zapłodnienia używa się pełnowartościowego nasienia. Taki organizm posiada dwa komplety chromosomów dziedziczonych po matce i jeden po ojcu. Zapładniając ikrę nasieniem normalnego samca uzyskujemy ok. 50% ryb sterylnych (samic triploidalnych) oraz ok. 50% samców. Samce triploidalne charakteryzują się typowym dla swojej płci pokrojem ciała, zachowaniem, agresywnością, itp. Wytwarzają one jądra produkujące aneuploidalne plemniki. Tak więc są one raczej niepożądane w chowie. Natomiast używając do zapłodnienia spermy pochodzącej od maskulinizowanych samic (neosamców) uzyskujemy samicze populacje triploidalne, które są rybami sterylnymi, tj. nie dojrzewającymi płciowo. Triploidalne populacje samicze odznaczają się poszukiwanymi przez hodowców i konsumentów walorami użytkowymi, smakowymi i dietetycznymi. To właśnie one są najodpowiedniejszym materiałem do produkcji ciężkiej ryby towarowej typu „a la losoś”.

Jakość gamet neosamców a budowa morfologiczna jąder

Dobra jakość gamet jest kluczowym warunkiem w skutecznym rozrodzie ryb. Większość neosamców nie posiada funkcjonalnych nasieniowodów zaś badania przydatności nasienia do zapłodnienia można przeprowadzić dopiero po uprzednim zabiciu ryby (Bye and Lincoln 1986). Plemniki w nasieniowodach uzyskują w dużej mierze zdolności ruchu postępowego (Lahnsteiner i in., 1993). Potwierdzają to badania Koldras i in. (1996), którzy wykazali, że u normalnych samców pstrąga tęczowego odsetek plemników obdarzonych zdolnością ruchu wzrasta w miarę

przemieszczania się nasienia w nasieniowodzie. Natomiast nasienie neosamców uzyskane metodą *post mortem* posiada właściwości nasienia jądrowego (Glogowski i in, 2002, Dietrich i in. 2008), których charakterystyczną cechą jest podwyższona koncentracja plemników oraz mniejsza ilość plemników zdolnych do ruchu. Układ rozrodczy neosamców pod wpływem kuracji hormonalnych, ulega znacznym modyfikacjom makroskopowym (Bye i Lincoln 1986). W obrębie populacji neosamców wyróżniono szereg różnych typów makroskopowej struktury jąder, tj. od zbliżonych do normalnej budowy z rozwiniętymi nasieniowodami, poprzez typy pośrednie, aż do jąder o atypowej budowie i bez nasieniowodów. Wśród maskulinizowanych samic możemy wyróżnić funkcjonalne i niefunkcjonalne neosamce, osobniki biseksualne wytwarzające jajnikojądra, ryby sterylne oraz niefunkcjonalne i funkcjonalne samice. Neosamce i ryby biseksualne mogą wykazywać atypową i niesymetryczną budowę gonad, a w skrajnych przypadkach może rozwinąć się tylko jedno jądro, zaś druga gonada - pozostać nierozwinięta lub wykształcona jako niedorozwinięty jajnik. Ponadto jądra mogą cechować się licznymi podziałami płatów jądrowych na mniejsze segmenty, a nasieniowody ulec redukcji w różnym stopniu. Badania Hliwy i in. (2011) wykazały brak istotnego wpływu zróżnicowania morfologicznego jąder na jakość plemników i ich zdolność do zapłodnienia. Nawet część jądrowa jajnikojądra u osobników biseksualnych wytwarza plemniki oraz w pełni wartościową spermę, zaś produkowane w części jajnikowej oocyty mają z reguły zahamowany wzrost protoplazmatyczny.

Jakość gamet neosamców a wiek ryb

Ilość potencjalnego nasienia u neosamców możemy szacować jedynie pośrednio na podstawie indeksu gonadosomatycznego (GSI), ponieważ jak do tej pory nie ma obiektywnych metod bezpośrednich. Ruchliwość plemników (MOT) określająca procentowy udział zdolnych do zapłodnienia plemników jest uważana za podstawowy wskaźnik jakości nasienia (Billard 1978, Lahnsteiner i in. 1988). Drugim bardzo ważnym parametrem odpowiedzialnym za zdolność zapładniającą jest prędkość ruchu plemników opisywana przez trzy wskaźniki: VCL - prędkość krzywoliniowa, VSL – prędkość prostoliniowa, VAP – średnia prędkość wzdłuż trajektorii. Jakość ruchu plemników opisywana jest przez współczynnik liniowości ruchu krzywoliniowego (LIN) i liniowości trajektorii ruchu (STR) oraz amplitudę odchylenia ruchu plemnika od trajektorii ruchu (ALH). Im bardziej ruch plemników jest

prostoliniowy tym zdolność zapładniająca jest niższa (Kuźmiński i in., 2012, Nynca i in., 2012). W badaniach Kuźmińskiego i in. (2011) porównano jakość nasienia dwuletnich i sześciolletnich neosamców (XX) pstrąga tęczowego za pomocą komputerowego systemu (CASA) oraz przeprowadzono test zapłodnienia. Grupą kontrolną były trzyletnie normalne samce (XY). Nasienie neosamców sześciolletnich w stosunku do dwuletnich miało nieco gorszą liniowość ruchu, odpowiednio 22 i 14 % ale z drugiej strony charakteryzowało się znacznie wyższą koncentracją plemników, odpowiednio 31×10^9 i 19×10^9 ml⁻¹. Natomiast indeks gonadosomatyczny (GSI) oraz pozostałe parametry jakościowe nasienia (VCL, VSL, BCF, ALH, MOT) nie różniły się istotnie w obrębie tych dwu grup. Również test zapłodnieniowy wykazał brak istotnych różnic w ilości uzyskanego potomstwa obu grup neosamców, a tym samym potwierdził ich wysoką wartość użytkową.

Zatem niewykorzystane do rozrodu młode neosamce możemy z powodzeniem użytkować w latach następnych.

Jakość gamet neosamców a sezon cyklu rozrodczego

W populacji obupłciowej okres aktywnej spermiacji samców rozpoczyna się nieco wcześniej i kończy później niż okres owulacji samic (Billard 1992). Ma to swoje uzasadnienie w tym, że wszystkie wyprodukowane jaja powinny być zapłodnione. Natomiast w rozrodzie samiczych populacji jednopłciowych nie wszystkie samice i neosamce osiągają dojrzałość tarłową w jednakowym czasie. O ile nie ma problemu z pozyskaniem względnie dobrej jakościowo spermy w tzw. szczycie tarłowym, to szczególnie na końcu okresu owulacji samic istnieją problemy ze znalezieniem odpowiednich dawców nasienia, a efektywność zapłodnienia jest relatywnie niska (Kuźmiński i in., 2012, Nynca i in. 2012). Najwyższy odsetek ruchliwych plemników i stopień uwodnienia spermy oraz najlepsze parametry ruchu plemników notuje się w szczycie tarłowym. Natomiast w końcu cyklu rozrodczego gwałtownie pogarsza się liniowość ruchu oraz prawie dwukrotnie zmniejsza się efektywność zapłodnienia. Dlatego też zaleca się aby w końcu cyklu tarłowego albo przyspieszyć owulację samic np. metodą stymulacji termicznej lub hormonalnej (Haffray i in 2008), albo opóźnić spermiację neosamców. Natomiast przyspieszenie spermiacji neosamców na ok. miesiąc przed rozpoczęciem cyklu rozrodczego nie miało negatywnego wpływu na zdolność zapładniającą plemników (Kuźmiński i in. 2012).

Pierwszym i jak do tej pory jedynym środkiem do stymulacji dojrzałości płciowej samic pstrąga tęczowego, który uzyskał aprobatę EMEA EU/Norwegia i został dopuszczony do stosowania w Unii Europejskiej jest Gonazon™ firmy Intervet, zawierający azagly-nafarelin, analog GnRH (Haffray et al. 2008).

Rozcieńczanie spermy neosamców

Aby uzyskać właściwe uwodnienie spermy neosamców należy rozcieńczyć ją 2-3 krotnie sztuczną plazmą ASP (Morisawa i Morisawa, 1988) lub naturalną plazmą nasienia. W praktyce nasienie rozcieńcza się 2-10 krotnie. W testach zapłodnieniowych spermę rozcieńczano nawet pięćdziesięciokrotnie sztuczną plazmą ASP, a następnie ikrę zapładniano w stosunku 300 tys plemników na jajo. Tak niska proporcja plemników do ikry miała na celu lepsze wyeksponowanie ewentualnych różnic zdolności zapładniającej spermy badanych neosamców. W praktyce dobre wyniki zapłodnienia (powyżej 95%) odnotowuje się już przy proporcji zapłodnienia ok 3 milionów plemników na jajo. Natomiast przeciętnie do zapłodnień stosuje się ok. 8,5 – 10 mln plemników na jajo (Geffen i Evans 2000, Robles i in. 2003).

Naturalną plazmę nasienia uzyskuje się poprzez odwirowanie normalnej spermy pstrągów i jej przemrożenie w zamrażarce o temperaturze -16 °C w celu zabicia ewentualnie pozostałych plemników.

Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N311 461639, p.t.: „Stymulacja dojrzałości płciowej neosamców pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*)”.

Literatura:

- Bieniarz K., Goryczko K., Dobosz S., Grudniewski T. 1991. The effect of 17-methyltestosterone on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Pol. Arch. Hydrobiol. 38, 2: 295 – 301.
- Billard R. 1978 - Changes in structure and fertilizing ability of marine and freshwater fish spermatozoa diluted in media of various salinities - Aquaculture 14: 187-198.
- Bye V.J. and Lincoln R.F. 1986. Commercial methods for the control of sexual maturation in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). Aquaculture, 57: 299-309.

- Demska-Zakęś K., Hliwa P., Matyjewicz P. and Zakęś Z. 1999. The effect of 17- α -methyltestosterone and 11 β -hydroxyandrostenedione on the development of reproductive system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Arch. Ryb. Pol. 7 (Fasc. 2): 227-235.
- Dietrich G.J., Wojtczak M., Słowińska M., Kuźmiński H., Dobosz S., Glogowski J., Ciereszko A. 2008 - Kriokonserwacja nasienia maskulinizowanych samic pstrąga tęczowego - Medycyna Wet., 64(4B): 613-616.
- Feist G., Yeoh Ch.G., Fitzpatrick M.S., Schreck C.B. 1995 - The production of functional sex-reversed male rainbow trout with 17 α -methyltestosterone and 11 β -hydroxyandrostenedione - Aquaculture 131: 145-152.
- Geffen A.J., Evans J.P. 2000 - Sperm traits and fertilization success of male and sex-reversed female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – Aquaculture 182: 61-72.
- Glogowski J., Goryczko K., Dobosz S., Babiak I., Kowalski R., Kuźmiński H., Drabiński M., Ciereszko A. 2002 – Możliwości wykorzystania świeżego i kriokonserwowanego nasienia samców androgenetycznych i maskulinizowanych samic w celu uzyskania jedнопłciowych populacji pstrąga tęczowego – W: *Problemy pstrągarstwa polskiego w 2001* (Red.) K. Goryczko. Wyd. IRS, Olsztyn: 51-64.
- Goryczko K., Dobosz S., Makinen T., Tomasik L. 1991. UV-irradiation of rainbow trout sperm as a practical method for induced gynogenesis. J. Appl. Ichtyol. 7: 136-146.
- Haffray P., Sambroni E., Enright W. J., Driancourt M.A., Mikolajczyk T., Rault P. and Breton B. 2008. Efficiency of GonazonTM in rainbow trout, the first officially approved inducer of ovulation in the EU. Cybium 32 (2)supple.: 312-313.
- Hliwa P., Kuźmiński H., Dobosz S., Nynca J., Dietrich G.J., Ziomek E., Ciereszko A. 2011. Morfologia gonad a jakość nasienia neosamców pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) (W:) Nowe gatunki w akwakulturze – rozród podchów, profilaktyka. Red. Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. IRŚ w Olsztynie, s: 105-116.
- Kołdras M., Loir M., Massie G., Le Gac F. 1996. Study of the composition of seminal fluid and of sperm motility along the genital tract, during a spawning season in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquat. Living Resour. 9: 337- 345

- Kuźmiński H., Dobosz S.. 2008. Production of masculinized rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) females using 11 β -hydroksyandrostenedione. (W:) Resource Management. Natural, human and material resources for the sustainable development of aquaculture. Short communications of contributions presented at the International Conference "Aquaculture Europe 2008", Krakow, Poland, September 15-18, 2008. Compiled by: Ewa Kamler and Konrad Dabrowski. European Aquaculture Society, special publikation No. 37: 360-361.
- Kuźmiński H., Dobosz S. 2010 - Effect of sex reversal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using 17 α -methyltestosterone and 11 β -hydroxyandrostenedione - Arch. Pol. Fish. 18: 45-49.
- Kuźmiński H., Dobosz S., Demska-Zakęś K. 2006. Badanie wpływu 11 β -hydroksyandrostenedionu podawanego w pokarmie na proces kształtowania się układu płciowego pstrąga źródlanego w porównaniu z maskulinizacją pstrąga tęczowego. (W:) Pstrągarstwo – hodowla, manipulacje genetyczne, zagadnienia prawne, ochrona zdrowia. Red. H. Kuźmiński. IRS w Olsztynie, s: 91-95.
- Kuźmiński H., Kowalski R.K., Cejko B.I., Glogowski J., Dobosz S., Ciereszko A. 2011. Wpływ wieku neosamców pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) na wybrane cechy użytkowe. (W:) Nowe gatunki w akwakulturze – rozród podchów, profilaktyka. Red. Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. IRŚ w Olsztynie, s: 99-104.
- Kuźmiński H., Dietrich G.J., Ciereszko A., Dobosz S., Nynca J., Liszewska E., Karol H., Hliwa P., Zalewski T. 2012. Sezonowe zmiany jakości nasienia neosamców pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) w cyklu rozrodczym. (W:) Wylęgarnictwo w akwakulturze – osiągnięcia, wyzwania i perspektywy. Red. Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. IRŚ w Olsztynie, s: 71-76.
- Lahnsteiner F., Patzner R.A., Weismann T. 1993 - The spermatid ducts of salmonid fishes (Salmonidae, Teleostei). Morphology, histochemistry and composition of the secretion - J. Fish Biol. 42: 79–93.
- Lahnsteiner F., Berger B., Weismann T., Patzner R.A. 1998 - Determination of semen quality of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, by sperm motility,

seminal plasma parameters, and spermatozoal metabolism - Aquaculture 163: 163–181.

Morisawa S., Morisawa M. 1988 - Induction of potential for sperm motility by bicarbonate and pH in rainbow trout and chum salmon - J. Exp. Biol. 136:13-22.

Robles V., Cabrita E., Cuñado S., Herráez M.P. 2003 - Sperm cryopreservation of sex reversed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): parameters that affect its ability for freezing - Aquaculture 224: 203-212.

Seremak-Bulge J. 2008. Rynek i spożycie ryb w 2007 roku i perspektywy jego rozwoju. (W:) Pstrągarstwo – nowe wyzwania, nowe perspektywy. Red. Agroprofit Maciej Poczman. Materiały XXXIII Krajowej Konferencji – Szkolenia Hodowców Ryb Łososiowatych organizowanej przez Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiowatych, Lębork, s: 33-42.