

Barbara Kazuń, Krzysztof Kazuń, Andrzej K. Siwicki

Zakład Patologii i Immunologii Ryb, Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie

Probiotyki, prebiotyki i synbiotyki w ochronie zdrowia ryb

Motto „*Aby żywność była naszym lekiem*”
(Hipokrates)

Wstęp

Wieloletnie badania prowadzone w Zakładzie Patologii i Immunologii Ryb IRS w Żabieńcu oraz liczne publikacje wskazują, że szereg szczepów bakterii stanowiących zagrożenie dla hodowli ryb cechuje oporność na większość dostępnych antybiotyków. Antybiotykooporność bakterii stała się realnym i coraz częściej spotykanym zagrożeniem. Z tego powodu bardzo ważne jest poszukiwanie skutecznych alternatywnych środków hamujących rozwój patogennych bakterii oraz poprawiających stan zdrowotny ryb, a jednocześnie niewywierających negatywnego wpływu na środowisko. Obecnie w obszarze zainteresowań znalazły się prebiotyki, probiotyki i synbiotyki, które mogą pozytywnie wpływać na stan kondycyjny i zdrowotny ryb.

Prebiotyki

Prebiotyki to nieulegające trawieniu składniki pożywienia, wykazujące korzystny wpływ na organizm gospodarza poprzez selektywne pobudzenie wzrostu i/lub aktywności bakterii zasiedlających przewód pokarmowy (Gibson i Roberfroid 1995). Prebiotyki nie ulegają hydrolizie, nie są również wchłaniane w jelicie cienkim, dopiero w jelicie grubym ulegają fermentacji przez zasiedlające przewód pokarmowy bakterie. Prebiotykami są najczęściej poli- i oligosacharydy, składające się z 2-10 cukrów prostych, które są fermentowane do kwasu mlekowego i krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (masłowy, propionowy, octowy), stanowiących źródło węgla i energii dla bytujących w jelicie bakterii. Podczas fermentacji oligosacharydów powstają substancje sprzyjające wzrostowi pożytecznych bakterii w przewodzie pokarmowym (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*), co z kolei przeciwdziała namnażaniu się patogennej flory. Powstające produkty fermentacji zakwaszają przewód pokarmowy, przyczyniając się do wzrostu bakterii kwasu mlekowego (LAB), przekładając się

na większą efektywność przemiany materii i szybszy wzrost ryb.

Oligosacharydy znajdują się w wielu produktach spożywczych: mleku, miodzie, owocach (np. banany), warzywach (cebula, cykoria, szparagi, soja, por, czosnek, karczochy).

W akwakulturze jako prebiotyki znalazły zastosowanie: inulina, β -glukany, fruktooligosacharydy (FOS), mannanooligosacharydy (MOS), galaktooligosacharydy (GOS), ksylooligosacharydy (XOS), arabinoksylooligosacharydy (AXOS), izomaltooligosacharydy (IMO).

Inulina jest naturalnym polisacharydem należącym do fruktanów i naturalnie występuje w niektórych roślinach, takich jak np. cykoria czy słonecznik bulwiasty. Jej budowa cząsteczkowa sprawia, że nie jest łatwo trawiona, dzięki czemu w niezmienionej formie dostaje się do jelita grubego, gdzie jest fermentowana przez bakterie. Stwierdzono korzystny wpływ inuliny na skład flory jelitowej, szczególnie zwierząt stałocieplnych (Havenaar i in. 1999), hamuje ona wzrost bakterii patogennych i podwyższa odpowiedź immunologiczną. Ponadto c-inulina może wykazywać aktywność adiuwantu i inicjować alternatywną drogę aktywacji dopełniacza, który jest ważnym elementem mechanizmu nieswoistej odporności (Silva i in. 2004).

β -glukany są to polisacharydy, polimery otrzymywane z drożdży *Saccharomyces cerevisiae*. Stanowią one istotny składnik ściany komórkowej grzybów i posiadają, potwierdzone badaniami *in vitro* i *in vivo*, działanie immunomodulujące. β -glukany wpływają na aktywność komórek fagocytujących, aktywują limfocyty T i B, podwyższają poziom lizozymu oraz wydzielanie cytokin u różnych gatunków ryb (Siwicki i in. 1994, Paulsen i in. 2003, Bridle i in. 2005, Kumari i Sahoo 2006). Mechanizm działania gluknanów nie został jeszcze do końca poznany, np. odpowiedź makrofagów na β -glukany pozyskane z drożdży prawdopodobnie odbywa się poprzez pobudzenie specyficznych receptorów komórkowych. Liczne doniesienia wskazują, że podawanie β -glukanów w paszy powoduje

zwiększenie tempa wzrostu, podwyższenie wartości parametrów wrodzonej odpowiedzi immunologicznej oraz podwyższenie odporności na choroby u wielu gatunków ryb hodowlanych (Siwicki i in. 1994, Kühlwein i in. 2013, Dawood i in. 2015, Jung-Schroers i in. 2015).

Fruktooligosacharydy (FOS) występują jako oligosacharydy homogenne, złożone wyłącznie z fruktozy, lub jako oligosacharydy heterogenne, zbudowane z sacharozy i fruktozy. Związki te naturalnie występują w cebuli, bananach, ziemniakach, miodzie. Hoseinifar i in. (2015) stwierdzili, że podawanie FOS w pokarmie przez 7 tygodni w ilości 0,5% i 1% wpływało pozytywnie na kształtowanie się odpowiedzi immunologicznej oraz na rozwój flory jelitowej larw karpia (*Cyprinus carpio*). Zaobserwowali oni, iż podawanie niskich dawek FOS wpływa na przeżywalność larw, jak również na aktywność enzymów jelitowych. Z kolei w innych badaniach stwierdzono, iż podawanie FOS w pokarmie narybkowi karpia wpływa znacząco na liczbę białych krwinek, aktywność metaboliczną fagocytów (RBA) i odporność na stres, natomiast nie oddziałuje na tempo wzrostu (Hoseinifar i in. 2014).

Ksylooligosacharydy (XOS) to polimery ksylozy, znajdujące się w ziarnach zbóż i traw. Xu i in. (2009) stwierdzili, że podawanie XOS z pokarmem karasiowi srebrzystemu (*Carassius auratus*) powoduje zwiększenie tempa wzrostu oraz podwyższenie aktywności enzymów trawiennych.

Mannanooligosacharydy (MOS) to złożone węglowodany wyizolowane ze ściany drożdży *Saccharomyces cerevisiae*. MOS są traktowane przez organizm gospodarza jako fragment obcej struktury ściany komórkowej i dlatego przyczyniają się do pobudzenia monocytów i makrofagów (Engstad i Robertsen 1993). Następstwem takiego oddziaływania jest aktywacja fagocytozy, wydzielanie cytokin oraz wzrost proliferacji limfocytów. Staykov i in. (2007) badali wpływ podawania MOS pstrągowi tęczowemu (*Oncorhynchus mykiss*) i wykazali, iż dodatek 2 g/kg masy ciała wpływa znacząco na zwiększenie tempa wzrostu, poziom przeciwciał i aktywność lizozymu. Inne badania dowodzą, że 0,2% dodatek MOS do paszy przez 8 tygodni wywołuje zwiększenie powierzchni absorpcyjnej jelita, wpływając na gęstość i długość mikrokosmków u pstrąga tęczowego (Dimitroglou i in. 2008). Rodrigues-Estrada i in. (2009) stwierdzili, że dodatek mannanooligosacharydów w paszy wpływa pozytywnie na tempo wzrostu, aktywność fagocytarną oraz podwyższa przeżywalność pstrąga tęczowego zakażonego *Vibrio anguillarum*.

Probiotyki

Słowo probiotyk pochodzi od greckiego wyrażenia „pro bios” co oznacza „dla życia”. Sama definicja probiotyków ewoluowała przez lata i była wielokrotnie modyfikowana. Aktualnie obowiązującą jest ta przedstawiona przez Organizację Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnic-

stwa (FAO) oraz Światową Organizację Zdrowia (WHO) w 2002 roku, mówiąca, iż probiotykami są żywe mikroorganizmy, które podawane w odpowiednich ilościach wywierają korzystne skutki zdrowotne (FAO 2002). Probiotykami mogą być bakterie, grzyby oraz glony.

Pośród bakterii probiotycznych najlepiej poznaną grupę stanowią bakterie kwasu mlekowego (LAB). Do tej grupy zalicza się Gram-dodatnie ziarniaki z rodzajów: *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus* oraz Gram-dodatnie laseczki z rodzajów *Lactobacillus* i *Carnobacterium*. Jest to bardzo różnorodna grupa, a cechą wspólną jest zdolność fermentacji cukrów, w wyniku której jako główny produkt powstaje kwas mlekowy. W zależności od sposobu metabolizowania powstawać mogą również inne kwasy organiczne, jak octowy i mrówkowy. Bakterie LAB mogą także wytwarzać substancje białkowe zwane bakteriocynami (laktolina, acidofilina, nizyna, enterocyna etc.), wykazujące działanie o charakterze przeciwdrobnoustrojowym. Ponadto bakterie z rodzaju *Lactobacillus* posiadają zdolność wytwarzania nadtlenu wodoru (H₂O₂) w ilościach, które mogą być toksyczne dla patogennych drobnoustrojów. Te cechy bakterii probiotycznych pozwalają im przeciwdziałać kolonizacji przewodu pokarmowego przez chorobotwórcze patogeny i stabilizować populację mikroorganizmów. Ponadto dzięki swojej aktywności enzymatycznej ułatwiają trawienie oraz polepszają przyswajalność pokarmu, czasami również syntetyzują witaminy z grup B i K, dzięki czemu przyczyniają się do zwiększania masy ciała, a także wpływają na wzrost i rozwój zwierząt. Podawanie bakterii probiotycznych bezpośrednio po zastosowaniu kuracji antybiotykowej chroni zwierzęta przed wtórnymi zakażeniami wywołanymi przez bakterie oportunistyczne zasiedlające przewód pokarmowy. Bardzo istotny jest również fakt, że probiotyki działają immunomodulująco na układ odpornościowy poprzez wpływ na układ cytokin i limfocytów (Nikoskelainen i in. 2003, Bridle i in. 2005, Geng i in. 2011, Korkea-aho i in. 2012, Dawood i in. 2015).

W akwakulturze jako probiotyki najczęściej stosuje się bakterie Gram-dodatnie (z rodzajów *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Carnobacterium*, *Streptococcus*, *Bacillus*), bakterie Gram-ujemne (*Shewanella*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*), grzyby (*Saccharomyces*, *Debaryomyces*, *Phaffia*) oraz glony (*Tetraselmis*) (Ringo i Gatesoupe 1998). Stosowanie bakterii probiotycznych w hodowli ryb ma na celu uzyskanie szybszego wzrostu, poprawę wchłaniania substancji odżywczych, podwyższenie odporności na choroby oraz niwelowanie negatywnych skutków stresu.

W przebiegu chorób bakteryjnych ryb wyróżnia się trzy główne drogi zakażenia: przez skórę, skrzela oraz przewód pokarmowy, z tego powodu przy doborze bakterii probiotycznych zwraca się szczególną uwagę na ich zdolności

interakcji z bakteriami patogennymi. Poprzez odpowiedni dobór bakterii podawanych rybom wraz z pokarmem można wpływać na mikroflorę przewodu pokarmowego, wykorzystując zjawisko antagonizmu bakterii. Najlepiej poznany jest mechanizm działania bakterii kwasu mlekowego, które dzięki zdolnościom obniżania odczynu (pH) przewodu pokarmowego, produkcji nadtlenu wodoru oraz wytwarzaniu wspomnianych powyżej białkowych związków antybakteryjnych, mogą hamować namnażanie się patogennych dla organizmu drobnoustrojów, głównie pałeczek Gram-ujemnych. U ryb łososiowatych, takich jak pstrąg tęczowy i łosoś atlantycki (*Salmo salar*), bakterie *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum* oraz *Carnobacterium divergens*, *Carnobacterium piscicola*, *Carnobacterium maltaromaticum* stosuje się do ochrony przeciwko groźnym dla nich patogenom bakteryjnym, głównie: *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum*, *Vibrio ordalii* oraz *Yersinia ruckeri* (Nikoskelainen i in. 2003, Raida i in. 2003, Andani i in. 2012). Brunt i in. (2007) zaobserwowali, iż podawanie bakterii *Bacillus* JB-1 lub *Aeromonas sobria* GC2 przez 2 tygodnie chroni pstrągi tęczowe przed zakażeniem bakteriami *V. anguillarum*, *V. ordalii*, *Lactococcus garvieae*, *A. salmonicida*, *Streptococcus iniae* oraz *Y. ruckeri*. Istnieją również doniesienia naukowe stwierdzające możliwość obniżenia śmiertelności u pstrąga tęczowego zakażonego *L. garvieae* poprzez suplementację diety przez 30 dni bakteriami *Leuconostoc mesenteroides* oraz *L. plantarum* (Vendrell i in. 2008), a także zakażonemu *L. garvieae* i *Y. ruckeri* po podawaniu przez 42 dni bakterii *Bacillus subtilis* i *Bacillus licheniformis* (Raida i in. 2003). Stwierdzono również antagonizm bakterii *Pseudomonas* M162 przeciwko *Flavobacterium psychrophilum*, patogenowi zagrażającemu hodowli pstrąga, który jest odpowiedzialny za dwie jednostki chorobowe: syndrom narybku pstrąga tęczowego (RTFS) i chorobę zimnej wody (BCWD) (Korkeaho i in. 2012). Podobnie bakterie *Pseudomonas fluorescens* wyizolowane od łososia atlantyckiego wykazują antagonizm przeciwko *A. salmonicida* (Gram i in. 2001). Chang i Liu (2002) stwierdzili wzrost przeżywalności węgorza europejskiego (*Anguilla anguilla*) zakażonego bakteriami *Edwardsiella tarda*, szczególnie niebezpiecznymi dla tego gatunku, po zastosowaniu dwóch probiotycznych bakterii *Enterococcus faecium* i *Bacillus toyoi*. Także Harikrishnan i in. (2010) zaobserwowali podobną tendencję u karpia zakażonych *Aeromonas hydrophila*, którym podawano bakterie *Lactobacillus*. Giri i in. (2013) stwierdzili, iż długotrwałe podawanie *L. plantarum* VSG3 powoduje wzrost oporności na zakażenie bakteriami *A. hydrophila* u ryby z gatunku *Labeo rohita*.

Synbiotyki

Synbiotyki stanowią połączenie prebiotyku i probiotyku, gdzie oba składniki powinny być tak dobrane, aby ich działanie było synergiczne, zwiększające ich pojedyncze korzystne efekty. Stosowanie prebiotyku wraz z probiotykiem jest alternatywną drogą profilaktyki, która z jednej strony utrudnia patogenom namnażanie się, a z drugiej stymuluje organizm gospodarza, zwiększając jego odporność na infekcje bakteryjne. Ponadto zastosowanie synbiotyku zwykle wpływa również na zwiększenie tempa wzrostu oraz lepsze wykorzystanie paszy.

W literaturze istnieje niewiele publikacji o zastosowaniu synbiotyków w akwakulturze. Dostępne są doniesienia opisujące np. podawanie bakterii *Enterococcus faecalis* z mannanooligosacharydami i kwasem polihydroksymasłowym, a także *E. faecium* z FOS u pstrąga tęczowego (Rodriguez-Estrada i in. 2009, Mehrabi i in. 2012), *Bacillus clausii* i fruktooligosacharydów u płastugi (*Paralichthys olivaceus*) (Ye i in. 2011), *B. subtilis* i chitozanu u koby (*Rachycentron canadum*) (Geng i in. 2011).

Aktualnie daje się zauważyć silny trend, aby poprzez odpowiednią dietę z dodatkiem biopreparatów wpływać na funkcjonowanie organizmu. Wykorzystując odpowiednio dobrane produkty pokarmowe, możemy kształtować odporność ryb na czynniki zakaźne i stymulować ich układ odpornościowy. Badania prowadzone w różnych ośrodkach naukowych, w tym również w Zakładzie Patologii i Immunologii Ryb IRS, zmierzają do tego, aby preparaty probiotyczne chroniły ryby przed wystąpieniem zakażeń bakteryjnych, a w przypadku pojawienia się objawów chorobowych były równorzędną alternatywą dla kuracji antybiotykowej. Dodatkowo preparaty te zwiększają aktywność enzymów trawiennych, przyswajalność pokarmu, tym samym powinny przyczyniać się do uzyskania lepszych efektów hodowlanych – chociażby niższych współczynników pokarmowych, co bardzo istotne, nie wywierając niekorzystnego wpływu na środowisko.

Literatura

- Andani H.R.R., Tukmechi A., Meshkini S., Sheikhzadh N. 2012 – Antagonistic activity of two potential probiotic bacteria from fish intestines and investigation of their effects on growth performance and immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – J. Appl. Ichthyol. 28: 728-734.
- Bridle A.R., Carter C.G., Morrison R.N., Nomak B.F. 2005 – The effect of β -glukan administration on macrophage respiratory burst activity and Atlantic salmon, *Salmo salar* L., challenged with amoebic gill disease – inherent resistance – J. Fish Dis. 28: 347-356.
- Brunt J., Newaj-Fyzul A., Austin B. 2007 – The development of probiotics for the control of multiple bacterial diseases of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) – J. Fish Dis. 30: 573-579.
- Chang C.I., Liu W.Y. 2002 – An evaluation of two probiotic bacterial strains, *Enterococcus faecium* SF68 and *Bacillus toyoi*, for reducing edwardsiellosis in cultured European eel, *Anguilla anguilla* L. – J. Fish Dis. 25: 311-315.
- Dawood M.A.O., Koshio S., Ishikawa M., Yokoyama S. 2015 – Dietary supplementation of β -glukan improves growth performance, the innate

- immune response and stress resistance of red sea bream, *Pagrus major* – Aquac. Nutr. doi: 10.1111/anu.12376.
- Dimitroglou A., Davies S., Sweetman J. 2008 – The effect of dietary mannan oligosaccharide on the intestinal histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – Comp. Biochem. Physiol. doi: 10.2527/jas.2008-1428.
- Engstad R.E., Robertsen B. 1993 – Recognition of yeast cell wall glucan by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) macrophages – Dev. Comp. Immunol. 17: 319-330.
- FAO – Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. London, Ontario, Kanada, 30 kwietnia i 1 maja 2002, (www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf).
- Geng X., Dong X.H., Tan B.P., Yang Q.H., Chi S.Y. 2011 – Effects of dietary chitosan and *Bacillus subtilis* on the growth performance, non-specific immunity and disease resistance of cobia, *Rachycentron canadum* – Fish Shellfish Immunol. 31: 400-406.
- Gibson G.R., Roberfroid M.B. 1995 – Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics – J. Nutr. 125: 1401-12.
- Giri S.S., Sukumaran V., Oviya M. 2013 – Potential probiotic *Lactobacillus plantarum* VSG3 improves the growth, immunity, and disease resistance of tropical freshwater fish, *Labeo rohita* – Fish Shellfish Immunol. 34: 660-666.
- Gram L., Lovold T., Nielsen J., Melchiorson J., Spanggaard B. 2001 – *In vitro* antagonism of the probiotic *Pseudomonas fluorescens* strain AH2 against *Aeromonas salmonicida* does not confer protection of salmon against furunculosis – Aquaculture 199: 1-11.
- Harikrishnan R., Balasundaram C., Heo M.S. 2010 – Potential use of probiotic- and triherbal extract-enriched diets to control *Aeromonas hydrophila* infection in carp – Dis. Aquat. Organ. 92: 41-49.
- Havenaar R., Bonnin-Marol S., van Dokkum W., Petit S., Schaafsma G. 1999 – Inulin: fermentation and microbial ecology in the intestinal tract – Food Rev. Int. 15: 109-120.
- Hoseinifar S.H., Eshaghzadeh H., Vahabzadeh H., Peykaran Mana N. 2015 – Modulation of growth performances, survival, digestive enzyme activities and intestinal microbiota in common carp (*Cyprinus carpio*) larvae using short chain fructooligosaccharide – Aquac. Res. doi: 10.1111/are.12777.
- Hoseinifar S.H., Soleimani N., Ringo E. 2014 – Effects of dietary fructo-oligosaccharide supplementation on the growth performance, haematological parameters, gut microbiota and stress resistance of common carp (*Cyprinus carpio*) fry – Br. J. Nutr. 112: 1296-1302.
- Jung-Schroers V., Adamek M., Jung A., Harris S., Dóza Ö.-S., Baumer A., Steinhagen D. 2015 – Feeding of β -1,3/1,6-glucan increases the diversity of the intestinal microflora of carp (*Cyprinus carpio*) – Aquac. Nutr. dx.doi.org/10.1111/anu.1232D.
- Korkea-aho T.L., Papadopoulou A., Heikkinen J., von Wright A., Adams A., Austin B., Thompson K.D. 2012 – *Pseudomonas* M162 confers protection against rainbow trout fry syndrome by stimulating immunity – J. Appl. Microbiol. 113: 24-35.
- Kühlwein H., Emery M.J., Rawling M.D., Harper G.M., Merrifield D.L., Davies S.J. 2013 – Effects of a dietary β -(1,3)(1,6)-c-glucan supplementation on intestinal microbial communities and intestinal ultrastructure of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) – J. Appl. Microbiol. 115: 1091-1106.
- Kumari J., Sahoo P.K. 2006 – Dietary β -glucan potentiates innate immunity and disease resistance of Asian catfish, *Clarias batrachus* (L.) – J. Fish Dis. 29: 95-101.
- Mehrabi Z., Firouzabakhsh F., Jafarpour A. 2012 – Effects of dietary supplementation of synbiotic on growth performance, serum biochemical parameters and carcass composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings – J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 96: 474-481.
- Nikoskelainen S., Ouweland A.C., Bylund G., Salminen S., Lilius E. 2003 – Immune enhancement in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by potential probiotic bacteria *Lactobacillus rhamnosus* – Fish Shellfish Immunol. 15: 443-452.
- Paulsen S.M., Lunde H., Engstad R.E., Robertsen B. 2003 – *In vitro* effects of β -glucan and LPS on regulation of lysozyme activity and mRNA expression in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – Fish Shellfish Immunol. 14: 39-54.
- Raida M.K., Larsen J.L., Nielsen M.E., Buchmann K. 2003 – Enhanced resistance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), against *Yersinia ruckeri* challenge following oral administration of *Bacillus subtilis* and *B. licheniformis* (BioPlus2B) – J. Fish Dis. 26: 495-498.
- Ringo E., Gatesoupe F.-J. 1998 – Lactic acid bacteria in fish: a review – Aquaculture 160: 177-203.
- Rodrigues-Estrada U., Satoh S., Haga Y., Fushimi H., Sweetman J. 2009 – Effects of single and combined of *Enterococcus faecalis*, mannan-oligosaccharides and polyhydrobutyric acid on growth performance and immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* – Aquacult. Sci. 57: 609-617.
- Silva D.G., Cooper P.D., Petrovsky N. 2004 – Inulin-derived adjuvants efficiently promote both Th1 and Th2 immune responses – Immunol. Cell Biol. 82: 611-616.
- Siwicki A.K., Anderson D.P., Rumsey G.L. 1994 – Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis – Vet. Immunol. Immunopathol. 41: 125-139.
- Staykov Y., Spring P., Denev S., Sweetman J. 2007 – Effect of mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – Aquacult. Int. 15: 153-161.
- Vendrell D., Balcázar J.L., de Blas I., Ruiz-Zaruelal., Gironçs O., Múzquiz J.L. 2008 – Protection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from lactococcosis by probiotic bacteria – Comp. Immun. Microbiol. Infect. Dis. 31: 337-345.
- Xu B., Wang Y., Li J., Lin Q. 2009 – Effect of prebiotic xylooligosaccharides on growth performances and digestive enzyme activities of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) – Fish Physiol. Biochem. 35:351-367.
- Ye J.D., Wang K., Li F.D., Sun Y.Z. 2011 – Single or combined effects of fructo- and mannan oligosaccharide supplements and *Bacillus clausii* on the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* – Aquac. Nutr. 17: 902-911.

Przyjęto po recenzji 1.08.2016 r.

PROBIOTICS, PREBIOTICS, AND SYNBIOTICS IN THE PROTECTION OF FISH HEALTH

Barbara Kazuń, Krzysztof Kazuń, Andrzej K. Siwicki

ABSTRACT. Bacterial antibiotic resistance is a real and increasingly common emergency. Therefore, developing efficient alternative methods of bacterial disease treatment is important. Non-digestible food ingredients such as probiotics, prebiotics, and synbiotics affect fish hosts by stimulating the growth and/or activity of the gut microbiota. The use of these food ingredients increases innate immune parameters and leads to decreased antibiotic use in aquaculture.

Keywords: probiotic, prebiotic, synbiotic, fish