

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИХ СПОЛУК В АКВАКУЛЬТУРІ

О. М. ФРИШТАК, Н. М. МАТВІЄНКО, І. І. ГРИЦИНЯК

Інститут рибного господарства НААН України (Київ, Україна)

<https://orcid.org/0000-0002-9144-8534> – О. М. Фріштак

<https://orcid.org/0000-0001-8849-0099> – Н. М. Матвієнко

<https://orcid.org/0000-0003-1419-8284> – І. І. Грициняк

Frishtakolena@gmail.com

В умовах антропогенного забруднення водойм все більшого поширення набувають екологічно безпечні препарати та впровадження препаратів імуномодуючої дії. Розробляються схеми їх застосування в рибному господарстві. У статті наведено та проаналізовано потенційні можливості застосування біологічно активних добавок (БАД), а саме пробіотиків, пребіотиків та дріжджів, як вітчизняного так і закордонного виробництва щодо їхнього впливу на організм риб.

Враховуючи негативний вплив профілактичного та лікувального застосування антибіотиків в аквакультурі, в якості альтернативи протимікробним препаратам запропоновано застосування дієтичних імуностимуляторів. У цьому сенсі функціональним дієтичним добавкам, включаючи пре-, пробіотики і дріжджі, приділяється все більше уваги як екологічна стратегія для покращення здоров'я риб.

Ключові слова: біологічно активні речовини, пробіотик, пребіотик, дріжджі, хвороби риб

THE USE OF ENVIRONMENTALLY-SAFE POLUMS IN AQUACULTURE

O. M. Frishtak, N. M. Matvienko, I. I. Gricenak

Institute of Fisheries of NAAS (Kyiv, Ukraine)

Owing to anthropogenic water pollution, there is a growing demand for ecologically safe medication as well as the implementation of immunomodulatory agents. The schemes of their usage are being developed in the fish industry. This article describes and analyses potential ways of applying biologically active additives (BAA), namely probiotics, prebiotics and yeasts, both of domestic and foreign production, and their influence on the fish organism.

Taking into account the negative impact of preventive and curative use of antibiotics in aquaculture, the implementation of dietary immunostimulants as an alternative to anti-microbial medication is recommended. An emphasis is put more on, in this case, functional nutritional supplements, including pre-, probiotics and yeasts, as an ecological strategy to improve the health of fish.

Keywords: biologically active substances, probiotic, prebiotic, yeast, fish diseases

Вступ. Аквакультура розглядається як основний сектор економіки та виробництва харчових продуктів, оскільки риба стає все більш важливим джерелом білка, жирних кислот, вітамінів, мінералів і найважливіших поживних мікроелементів, доступних для споживання людиною [7]. За консервативними оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації Організації Об'єднаних Націй (ФАО) до 2030 року буде потрібно додатково 40 мільйонів тон рибних продуктів для харчування людей [108]. Таким чином виробництво аквакультури має бути інтенсифіковано, щоб задовольнити зростаючі глобальні потреби та використовувати екологічно безпечні методи профілактики та лікування [16, 68].

Однак збільшення рівня органічного забруднення та кількості умовно-патогенних бактерій у гідроекосистемі призводить до ослаблення імунної відповіді гідробіонтів [17, 54]. Одне з основних занепокоєнь, що виникає внаслідок забруднення води антимікробними засобами, полягає в тому, що постійний вплив бактерій та низький рівень антибіотиків призвело до розвитку стійких до протимікробних препаратів штамів бактерій [3, 41, 106]. З водних екосистем були виділені бактерії, що несуть у собі гени стійкості, які можуть виступати резервуаром стійкості у збудників хвороб людей та тварин [105]. Ці тривожні недоліки спонукали галузь аквакультури досліджувати та розробляти стратегії, які є настільки ж ефективними, як і антибіотики, але є екологічно чистими та безпечними для споживачів, а головне – активними до дії патогенів [84]. Кілька типів корисних кормових добавок, таких як пробіотики, пребіотики та синбіотики, використовуються в аквакультурі для покращення показників росту, імунної реакції та стійкості до хвороб, а також як альтернатива антибіотикам [58, 59, 112]. Ці добавки мають низку переваг у порівнянні з антимікробними засобами [6, 19, 58]. Вони фізіологічні, мають виражену антимікробну активність щодо патогенних та умовно-патогенних бактерій, мають імунокорегувальну та протизапальну дію, здійснюють стимуляцію моторної функції кишечника [4, 84, 99].

Метою роботи був аналітичний огляд матеріалів літературних джерел щодо застосування БАД у рибній галузі, а також узагальнення результатів власних попередніх експериментальних досліджень.

Матеріали і методи досліджень. В числі методів застосовано аналіз, порівняння, випробування, оцінка ефективності, узагальнення.

Результати та їх обговорення. Пробиотики – об'єкти всебічних наукових досліджень та важливий товар на світовому ринку, обсяг продажів, яких оцінюється у мільярди доларів на рік [15]. Протягом останніх років, введення про- та пребіотиків у раціон різних видів риб показало багатообіцяючі результати в імунній відповіді [78, 103, 105].

У 1980 році Ясуда і Тага припустили, що бактерії будуть корисними не тільки як їжа, а й як біологічні контролери хвороб риб і активатори регенерації поживних речовин [73]. Перші зареєстровані випробування пробіотиків в аквакультурі були проведені в Японії в 1981 році. *Vacillus toyoi* використовували в корм для зниження смертності японського вугра [53]. Враховуючи середовище існування, визначення, запропоноване для пробіотиків в аквакультурі, – це те, що «пробиотичний організм можна розглядати як живий, мертвий або компонент мікробної клітини, який вводиться з кормом або водою для вирощування та приносить користь господареві, покращуючи стійкість до хвороб, стан здоров'я, продуктивність росту, використання корму, реакцію на стрес або загальну бадьорість, що досягається частково за рахунок покращення мікробного балансу господарів або мікробного балансу навколишнього середовища» [75]. Пробиотики включають різні види бактерій, бактеріофагів, мікроводоростей і дріжджів, які широко використовуються в аквакультурі за допомогою води або кормових добавок [69, 102].

Це сучасне визначення відображає всі досягнення в дослідженнях пробіотиків в аквакультурі протягом більш ніж чотирьох десятиліть з моменту його першого застосування. Вони покращують якість середовища вирощування, захищають рибу від біологічної небезпеки та модулюють фізіологічні процеси, які в кінцевому підсумку сприяють здоров'ю та добробуту риби в аквакультурі [2, 7, 77]. Схематично загальний механізм дії пробіотиків представлений на рисунку 1.

Використання пробіотиків як агентів біоконтролю в аквакультурі зростає з попитом на екологічно безпечні альтернативи для сталого виробництва аквакультури [8]. Переваги таких добавок включають підвищення харчової цінності, пригнічення патогенних мікроорганізмів та підвищення імунної відповіді [118].

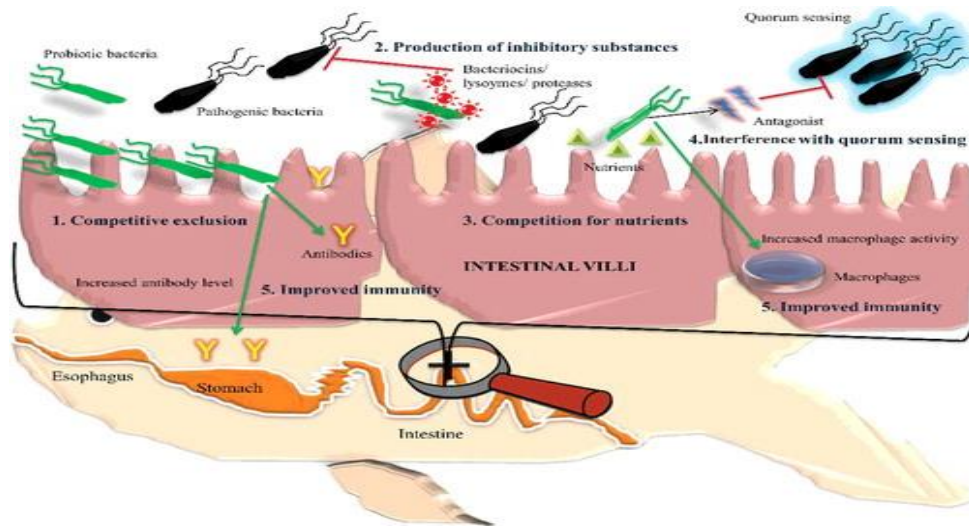


Рис. 1. Загальний механізм дії пробіотиків за Mohammad Jalil Zorriehzahra [79]:

1. Конкурентне виключення – пробіотичний організм колонізує кишечник, тим самим пригнічуючи колонізацію патогенних бактерій. 2. Пробіотичні організми виробляють певні інгібиторні речовини, які перешкоджають патогенному організму. 3. Конкуренція за поживні речовини – пробіотичний організм використовує поживні речовини, що спричиняє недоступність поживних речовин для патогенів. 4. Речовини, що виробляються пробіотиками, діють як антагоністи патогенної мікрофлори. 5. Реакція імунітету – підвищення активності макрофагів і рівня антитіл.

Здатність бактерій колонізувати кишечник і прилипати до поверхні епітелію, перешкоджаючи адгезії патогенів, є бажаним критерієм при виборі пробіотиків [30]. Непатогенні кишкові мікроби, такі як лактобактерії, конкурують із патогенами за місця спайок на кишкових поверхнях, зокрема на ворсинках кишківника та ентероцитах (рис. 2) [79].

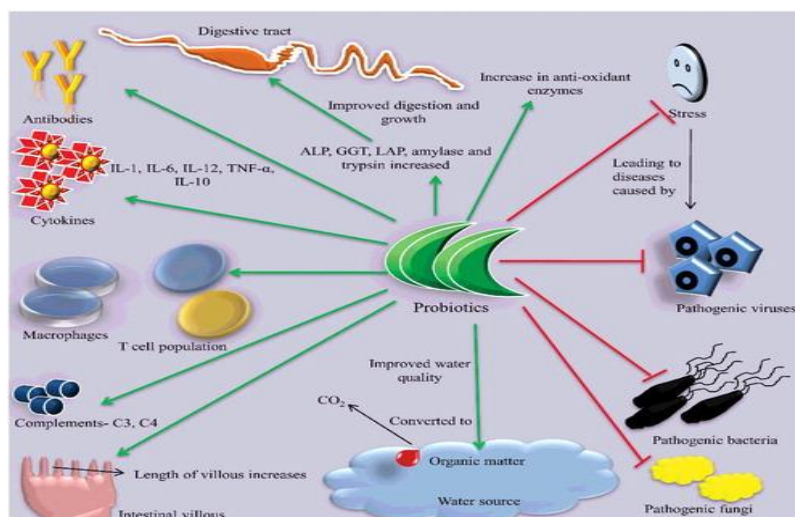


Рис. 2. Загальні корисні ефекти пробіотиків в аквакультури за Mohammad Jalil Zorriehzahra [79].

Зелені стрілки вказують на адитивні ефекти. Червоні лінії вказують на інгібуючий ефект.

Конкуренція поживних речовин розглядається як один із механізмів, за допомогою яких пробіотики пригнічують патогени [96]. Як приклад, морські бактерії, які потребують залізо для свого росту. Однак доступність заліза в тканинах і біологічних рідинах тварин обмежена. Сидерофори, які є залізов'язуючими агентами, допомагають бактеріям отримувати необхідну кількість заліза для свого росту. Існує прямий зв'язок між виробленням сидерофору та вірулентністю деяких патогенів [49].

Пробіотики також підвищують продуктивність росту та використання корму у водних тварин за рахунок підвищення активності травних ферментів (рис. 3) [102]. Збільшення яких після лікування пробіотиком пояснюється виробленням позаклітинних ферментів, таких як протеази, карбогідролази і ліпази [40].

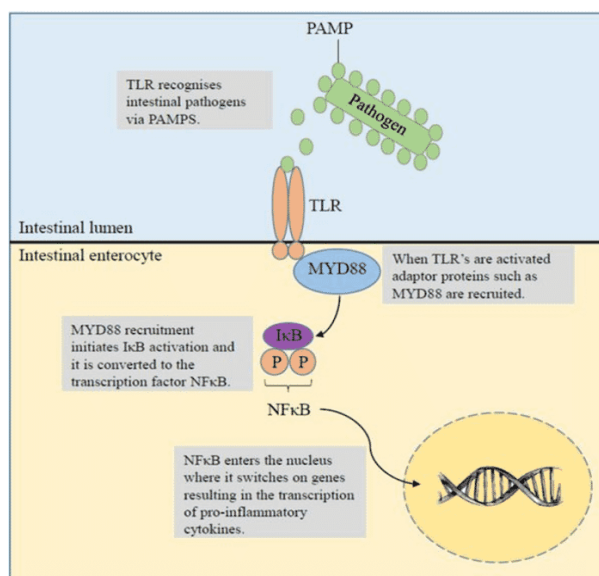


Рис. 3. Модуляція імунної відповіді в кишківнику через TLR рецептори [40]

Патогени і пробіотики зв'язуються з TLR рецепторами, після чого активується сигнальний білок первинної відповіді міелоїдної дифференційовки 88 (MYD88), проходить фосфорилування IκB (інгібітор ядерного фактору «каппа-бі» (NFκB)) і розкладається в клітині. Це дозволяє молекулам NFκB перейти з цитоплазми в ядро клітини, де вони запускають транскрипцію цитокінів за Cerf-Bensussan, N. та Gaboriau-Routhiau, V. 2010 [40].

Пробіотичні бактерії виробляють речовини з бактерицидною або бактериостатичною дією на інші мікробні популяції, такі як сидерофори, бактериоцини, перекис водню, лізоцими, протеази та багато інших [28]. Крім того, деякі бактерії виробляють органічну кислоту та леткі жирні кислоти (наприклад, молочну, оцтову, масляну та пропіонову кислоти), що може призвести до зниження рН в просвіті шлунково-кишкового тракту, таким чином запобігаючи росту умовно-патогенних мікроорганізмів [43]. Було продемонстровано, що *Lactobacillus spp.* (звичайні пробіотики) виробляють коротколанцюгові жирні кислоти, діацетил, гідропероксид і бактерицидні білки [42, 47, 97]. Отже, пробіотики можуть захистити риб від ураження патогенами, виробляючи антибіотичні сполуки [41, 103]. У бактеріях, які мають антибактеріальну та протигрибкову дію, було виявлено з'єднання під назвою індол (s,3-бензопірол) з потужною інгібіторною активністю проти патогенів [58].

Пробіотики вважаються імуностимуляторами, які модулюють імунну відповідь хазяїна проти інфекції за рахунок збільшення лейкоцитів і фагоцитозу [34]. Також підвищують рівень лізоцимів, комплементу та антимікробних пептидів [76].

Температура має фундаментальний вплив на ріст бактерій, а також на фізіологію хазяїна. Тому, коли температура води змінюється, деякі таксони втрачають конкурентоспроможність, що дозволяє іншим зайняти їх місце [23]. Таким чином, можна перевірити концепцію сезонних добавок пробіотичних організмів, які протидіють цим патогенам.

Сейєд Хоссейном Хосейніфаром зі співавторами [103] проведений пошук досліджень які стосуються впливу пробіотиків на захворювання риб (табл. 1).

Концепція пребіотиків виникла значно пізніше за пробіотики і вперше була запропонована Gibson і Roberfroid в 1995 р. [49]. До пребіотиків відносяться органічні сполуки невели-

кої молекулярної маси – моно-, оліго- і полісахариди та органічні кислоти, які сприяють розвитку корисних мікробів та пригнічують дію шкідливих мікроорганізмів [18].

1. Огляд впливу пробіотиків на патогенні бактерії риби

Біологічно-активна сполука	Збудник або хвороба	Види риб	Ефекти	Автори
1	2	3	4	5
Пробіотики				
ГРАМПОЗИТИВНІ БАКТЕРІЇ				
<i>Carnobacterium inhibens</i>	<i>A. salmonicida, Vibio ordalii, Yersinia ruckeri</i>	<i>Salmo salar</i> <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зниження смертності	Robertson et al., 2000 [91]
<i>Carnobacterium divergens</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>Gadus morhua</i>	Зниження рівня бактеріальної інфекції	Gildberg, A. et al., 1997, [50]
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens, Streptococcus iniae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Підвищення імунної функції та стійкості до захворювань	Aly et al., 2008a, [26]
	<i>Staphylococcus xylosum, Aeromonas hydrophila</i> і <i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>Clarias gariepinus</i>	Зниження смертності	Al-Dohail. et al, 2011, [24]
	: <i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Підвищення резистентності	Мазур і ін., 2016 [9]
«Біфітріл»	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Профілактика аеромонозу	Петров і Тітова, 2017 [11]
Ентеронормін		<i>Cyprinus carpio</i>	Нормалізація впливу на стан Т-клітинної ланки специфічного захисту	Солопова, Віщур, 2020 [14]
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>A. salmonicida</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зниження смертності	Nikoskelainen et al, 2001 [83]
	<i>Edwardsiella tarda</i>	<i>Tilapia</i>	Зниження смертності	Pirarat et al, 2006 [87]
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactococcus (Lc.) garvieae</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зниження смертності	Vendrell et al., 2008 [113]
<i>Lactobacillus sakei</i>	<i>Edwardsiella tarda</i>	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	Незначне зниження кумулятивної смертності	Harikrishnan et al, 2011 [54]
<i>Lactobacillus pentosus</i>	<i>Edwardsiella tarda</i>	<i>Anguilla japonica</i>	Поліпшення імунної відповіді та виживання	Lee et al, 2013 [70]
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Tilapia</i>	Зниження смертності	Liu et al, 2013 [71]
<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Streptococcus iniae</i>	<i>Paralichthys olivaceus</i>	Активізація вродженого імунітету та захист від патогенної інфекції	Kim et al, 2013 [66]
	<i>Streptococcus iniae</i>	<i>Paralichthys olivaceus</i>	Підвищення виживаності	Neo. et al, 2013 [57]
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	<i>furunculosis</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Посилення імунної відповіді та стійкості до захворювань	Balcázar et al., 2007 [30]
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Посилення імунної відповіді та стійкості до захворювань	Balcázar et al., 2009 [31]
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>Epinephelus</i>	Значне зниження кумулятивної смертності	Huang et al 2014 [59]
<i>Pediococcus acidilactici</i>	синдром компресії хребетного стовпа (VCCS)	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Підвищення виживаності	Aubin et al, 2005 [25]

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
<i>Enterococcus casseliflavus</i>	<i>Streptococcus iniae</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Покращення продуктивності, росту риби і стійкості до захворювань	Safari et al, 2016 [99]
<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Edwardsiella tarda</i>	<i>Anguilla anguilla</i>	Зниження захворюваності	Chang and Liu., 2002 [36]
<i>Enterococcus gallinarum</i>	<i>Vibrio anguillarum</i>	<i>Sebastes</i>	Помірний захисний ефект	Sorroza. et al, 2013 [100]
<i>Vagococcus fluvialis</i>	<i>Vibrio anguillarum</i>	<i>Sebastes</i>	Підвищення виживаності	Sorroza. et al., 2012 [101]
<i>Bacillus subtilis</i> і <i>Bacillus licheniformis</i> (BioPlus2B)	<i>Y. ruckeri</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Підвищення виживаності	Raida et al, 2003 [92]
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Catla catla</i>	Контроль за інфекцією	Kumar et al., 2006 [65]
	<i>Aeromonas</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Підвищення виживаності	Newaj-Fyzul et al, 2007 [81]
	<i>Edwardsiella ictaluri</i>	<i>Ictalurus punctatus</i> <i>Platydoros costatus</i>	Зниження смертності	Ran. et al, 2012 [93]
	<i>Streptococcus</i> sp.	<i>Perca fluviatilis</i>	Підвищення відсотку виживання	Liu. et al., 2012 [72]
	<i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Зниження смертності	Ng et al, 2014 [82]
«Субалін»		<i>Cyprinus carpio</i>	Попередження виникнення інфекцій	Вовк, 2002 [1]
<i>Bacillus pumilus</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Tilapia</i>	Підвищення імунітету і стану здоров'я, а також підвищення опірності до захворювань	Aly et al., 2008b [27]
<i>Bacillus circulans</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Catla catla</i>	Посилення імунної відповіді і, отже, виживання	Bandyopadhyay and Das Mohapatra, 2009 [29]
<i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Streptococcus iniae</i>	<i>Paralichthys olivaceus</i>	Підвищення коефіцієнту виживання	Cha et al., 2013 [35]
<i>Bacillus subtilis</i> , «Субмініс»	<i>A. hydrophila</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Відновлення організму	Петров, 2014 [12]
«Ветом» <i>Bacillus subtilis</i> і <i>Bacillus licheniformis</i> .	<i>Flavobacterium psychrophilum</i> (<i>Flexibacter psychrophilus</i>).	<i>Salmo trutta</i>	Зниження захворювань та покращення фізіологічного стану	Нечаева, 2014 [10]
<i>B. licheniformis</i>	<i>Streptococcus iniae</i>	<i>Tilapia</i>	Підвищення стійкості до інфекції	Han et al. 2015 [55]
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	<i>Yersinia ruckeri</i> або <i>Clostridium perfringens munit D</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Підвищення відсотку виживання	Selim, 2015 [104]
<i>Clostridium butyricum</i>	вібріоз	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Підвищення стійкості до інфекції	Saka et al, 1995 [106]
	вібріоз	<i>Sciaenops ocellatus</i>	Підвищення фагоцитарної активності лейкоцитів і, отже, стійкості до вібріозу	Pan et al., 2008b [85]

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
<i>Micrococcus luteus</i>	<i>A. salmonicida</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Підвищення виживання	Irianto, A., and Austin, B., 2002 [63]
	<i>A. hydrophila</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Зниження смертності	Abd El-Rhman et al., 2009 [21]
<i>Rhodococcus</i> sp.	<i>V. anguillarum</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Покращення захисту	Sharifuzzaman et al., 2011 [105]
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	<i>A. bestiarum</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Захист від шкірних інфекцій	Pieters., et al., 2008 [86]
<i>Kocuria</i> sp.	<i>V. anguillarum</i> і <i>V. ordalii</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зниження смертності	Sharifuzzaman, S. M., and Austin., 2011 [105]
ГРАМНЕГАТИВНІ БАКТЕРІЇ				
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зниження смертності	Gram et al., 1999 [51]
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	<i>Aeromonas sobria</i>	<i>Perca fluviatilis</i>	Контроль інфекції <i>Aeromonas sobria</i>	Gobeli et al, 2009 [48]
<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>F. psychrophilum</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зниження смертності	Korkea-aho et al., 2011 [67]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Labeo rohita</i>	Покращення показників виживання після вильову	Giri. et al, 2012 [52]
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Danio rerio</i>	Пригнічення утворення біоплівки та посилення захисних механізмів	Vinoj, et al., 2015 [115]
<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Aeromonas salmonicida</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зменшення утворення інфекції	Irianto, A., and Austin, B., 2002 [62]
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	<i>Carassius auratus</i>	Контроль інфекцій	Irianto et al., 2003 [62]
<i>Aeromonas sobria</i>	<i>Lactococcus garvieae</i> та <i>Streptococcus iniae</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Підвищення стійкості до інфекції	Pieters et al., 2008 [86]
<i>Aeromonas sobria</i>	<i>Aeromonas bestiarum</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Захист від інфекцій	
<i>Aeromonas veronii</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Підвищення стійкості до хвороб	Chi et al., 2014 [39]
«Біфімпіл»	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Зменшення виникнення захворювання	Петров, 2017 [11]
<i>Shewanella putrefaciens</i>	<i>Vibrio anguillarum</i>	<i>Sparus aurata</i>	Зниження смертності	Chabrillón et al, 2006 [38]
	<i>Photobacterium damsela</i> sub sp. Piscicida	<i>Solea senegalensis</i>	Покращення виживання	Diaz-Rosales et al, 2009 [46]
	<i>Photobacterium damsela</i> sub sp. Piscicida	<i>Solea senegalensis</i>	Підвищення стійкості до інфекції	De la Banda et al., 2012 [45]
<i>Shewanella xiamenensis</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Підвищення стійкості до інфекції	Wu, et al, 2015 [119]
<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Yersinia ruckeri</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Високий коефіцієнт виживання	Capkin and Altinok, 2006 [37]
<i>Enterobacter amnigenus</i> <i>Enterobacter</i> sp.	<i>Flavobacterium psychrophilum</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Підвищення стійкості до інфекції	Burbank et al., 2011 [32]
<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Aeromonas salmonicida</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Зниження кумулятивної смертності	Rodrigues-Estrada et al., 2013 [98]
<i>Roseobacter</i> sp.	<i>V. anguillarum</i>	<i>Scophthalmus maeoticus</i>	Контроль інфекції <i>V. anguillarum</i>	Planas et al, 2006 [88]
<i>Phaeobacter (Roseobacter) gallaeciensis</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>Gadus morhua</i>	Зниження смертності приблизно на 10%	D'Alvise et al, 2012 [44]

1	2	3	4	5
<i>Roseobacter</i> sp.	<i>Vibrio anguillarum</i>	<i>Scophthalmus maeoticus</i>	Значне зниження кумулятивної смертності	Hjelm et al., 2004 [60]
<i>Vibrio alginolyticus</i>	<i>A. salmonicida</i>	<i>Salmo salar</i>	Значне зниження кумулятивної смертності	Austin et al, 1995 [22]
<i>Zooshikella</i> sp.	<i>Streptococcus inane</i>	<i>Paralichthys olivaceus</i>	Покращення вродженого імунітету і контроль стрептококової інфекції	Kim et al, 2013 [66]
<i>Flavobacterium sasangense</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Підвищення імунної відповіді і стійкість до захворювань	Chi et al, 2014 [39]
ДРІДЖІ				
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Tilapia</i>	Зниження смертності	Abdel Tawwab et al., 2008 [20]
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>bouardii</i>	<i>Y. ruckeri</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Покращення стійкості до захворювань	Quentel et al, 2005 [89]
<i>Debaryomyces hansenii</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Mucleroperca rosacea</i>	Покращення імунної функції та стійкість до захворювань	Reyes-Becerril, et al, 2011 [96]

Ефективність дії пребіотиків обумовлена побічними продуктами, отриманими в результаті ферментації кишкових коменсальних бактерій. Серед багатьох переваг для здоров'я, які приписують пребіотикам, – це модуляція імунної системи. Вони безпосередньо посилюють вроджену імунну відповідь, включаючи аактивацію фагоцитозу, нейтрофілів, аальтернативної системи комплементу, підвищення активності лізоциму. Основна перевага пребіотиків над пробіотиками полягає в тому, що вони є природними інгредієнтами корму [53]. Різноманітність мікробної спільноти в шкірі та кишечнику за рівнями включення пребіотиків представлена на рисунку 4.

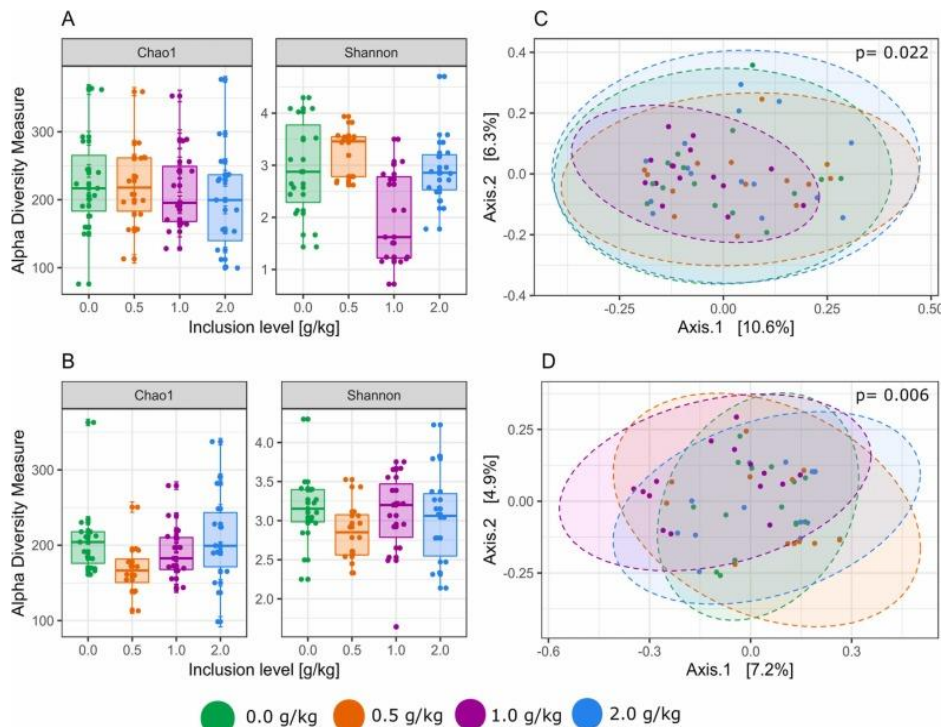


Рис.4. Різноманітність мікробної спільноти в шкірі та кишечнику за рівнями включення пребіотиків (зелений = 0,0 [контроль], помаранчевий = 0,5 г/кг, фіолетовий = 1,0 г/кг, синій = 2,0 г/кг), альфа-різноманітність, виміряна за допомогою Чhao1 та Індекси Шеннона в А) шкірі та В) кишці. NMDS ординація бета-різноманітності спільнот С) шкіри та Д) кишечника. Еліпси вказують на 95% довіри [110]

Фруктоолігосахариди, маннаноолігосахариди, інулін або β -глюкан, пребіотики, які називаються імуносахаридами. Останні активують вроджену імунну систему, взаємодіючи з рецепторами розпізнавання (PRR), експресованими на клітинах вродженого імунітету [107].

Пребіотики впливають на імунну систему кишківника через підвищення лізоцимної та фагоцитарної активності, активацію макрофагів та стимуляцію дендритичних клітин, отриманих з моноцитів [95]. Крім того, ці функціональні молекули також покращують функцію епітеліального бар'єру, сприятливу мікробну популяцію кишківника та виробництво проміжних метаболітів, наприклад коротколанцюгових жирних кислот (SCFA), які допомагають збалансувати імунну систему (рис. 5) [28, 61, 94, 102].

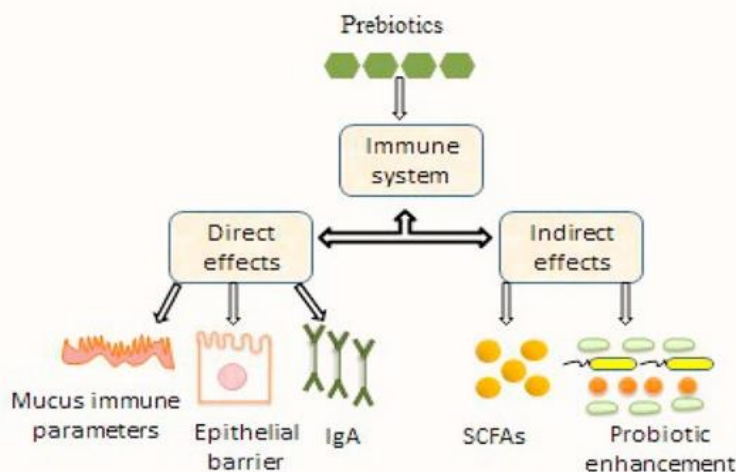


Рис. 5. Механізм дії пребіотика за AsadNawaz [28]

Ще одним екологічно чистим продуктом, який був запропонований як біодобавка, стали дріжджі. Суттєву роль відіграє їх потенціал перетворювати нехарчову ліноцелюлозну біомасу в цінні білкові ресурси. Проведено велику кількість досліджень щодо ролі компонентів клітинної стінки дріжджів на реакцію модуляції здоров'я риб. Клітини дріжджів містять високий вміст золи та помірний вміст вуглеводів [89], білок (близько 40–55%) [20, 64] та відносно низький вміст ліпідів. Склад жирних кислот характеризується переважно ненасиченими жирними кислотами [60]. Дріжджі багаті макроелементами, вітамінами (переважно вітаміни групи В) мінералами та ферментами [74].

Дослідження дріжджових продуктів у рибних дієтах зосереджено на їх ролі в харчових та функціональних добавках, які сприяють впливу на імунні реакції та здоров'я кишечника риб [80, 110]. β -глюкани, отримані від дріжджів, використовувалися також для адсорбції або зв'язування токсинів, вірусів і патогенних бактерій [64, 96, 116].

Дріжджі високоефективно перетворюють прості, складні і синтетичні речовини (целюлозу, прості цукри, солі амонію, спирт, оцтову кислоту, ацетальдегід, вуглець, парафін, нафту, природні гази тощо) у цінні кормові білки [5, 56]. За поживністю кормові дріжджі прирівнюються до кормів тваринного походження, м'ясо-кісткового та рибного борошна [13, 90, 114].

Висновки. Забезпечення належного раціону, а також відповідних режимів годівлі, мають велике значення в інтенсивній аквакультурі. Враховуючи негативний вплив профілактичного та лікувального застосування антибіотиків в аквакультурі, в якості альтернативи протимікробним препаратам запропоновано застосування дієтичних імуностимуляторів. У цьому сенсі функціональним дієтичним добавкам, включаючи пре-, пребіотики і дріжджі, приділяється все більше уваги як екологічна стратегія для покращення здоров'я риб.

Різні дослідження про- та пребіотиків на риб продемонстрували такі результати: ефект на ріст, мікробіоту кишечника, стійкість до патогенних бактерій та параметри вродженого імунітету, такі як альтернативна активність комплементу (ACH50), активність лізоциму,

природна гемаглютинаційна активність, респіраторний сплеск, активність супероксиддисмутази та фагоцитарна активність.

Усі вищенаведені дослідження демонструють, що додавання БАД у склад кормів, так як імуностимулятори, є альтернативним методом для профілактики та боротьби з різними захворюваннями в аквакультури.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Вовк Н. І., Сорокулова І. Б., Сидоров М. А., Мельник О. М. До питання використання пробіотиків на основі спорових бактерій *V. subtilis* у рибористві. *Рибне господарство*. 1999. Вип. 49–50. С. 171–176.
2. Давидов О. Н., Абрамов А. В., Куровская Л. Я. Биологические препараты и химические вещества в аквакультуре. Киев, 2009. 307 с.
3. Давидов О. М., Темніханов Ю. Д. Основи ветеринарно-санітарного контролю в рибористві : посібник. Київ : ІНКІОС, 2004. 144 с.
4. Добрянська О. П., Дерень О. В., Григоренко Т. В. Продуктивні показники дволіток коропа при застосуванні в годівлі пребіотика в умовах вирощувальних ставів *Рибогосподарська наука України*. 2019. № 4. С. 95–108. DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2019.04.095>
5. Желтов Ю. А. Протеины и аминокислоты в кормах для выращивания разного вида и возраста рыб. Луганск : АСТРА-Плюс, 2014. 156 с.
6. Залоїло І. А., Залоїло О. В., Рудь Ю. П., Грициняк І. І., Залоїло Є. І. Застосування пробіотиків в аквакультури. *Рибогосподарська наука України*. 2021. № 2. С. 59–81.
7. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультури. Київ : Центр навчальної літератури, 2019. 410 с.
8. Калініченко С. В., Коротких О. О., Тіщенко І. Ю. Сучасні напрямки створення та удосконалення пробіотиків. *Український біофармацевтичний журнал*. 2016. № 1. С. 4–10. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ubfj_2016_1_3
9. Мазур Т. В., Гаркуша І. Є. Зміни білкових показників крові коропа за використання комплексу симбіотичних мікроорганізмів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2016. Т. 18, № 3 (70). С. 181–183.
10. Нечаева Т. А. Применение пробиотика Ветом 1.1 при выращивании молоди форели в установках с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ). *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2014. № 1 (21). С. 65–69.
11. Петров Р. В., Тітова Т. В. Використання пробіотику "Біфітріл" для профілактики аеромонозу у коропів в експериментальних умовах. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія : Ветеринарна медицина. 2017. Вип. 11. С. 134–136. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_vet_2017_11_35
12. Петров Р. В. Морфологічні та хімічні властивості м'яса коропа при лікуванні від аеромонозу. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія : Ветеринарна медицина. 2014. Вип. 6. С. 74–77.
13. Рибне господарство: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід / за ред. Т. П. Фесун. Київ, 2021. 221 с.
14. Солопова Х. Я., Віщур О. І. Стан Т- і В-клітинної ланки імунітету коропів, уражених аеромонозом, та за лікування препаратом Ентеронормін. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2020. № 1. С. 40–46.
15. Текебаева Ж. Б., Шахабаева Г. С., Сармурзина З. С., Бисенова Г. Н., Уразова М. С., Досова А. Д., Абжалелов А. Б. Пробиотики и их применение в аквакультуре. *Новости науки Казахстана*. 2020. № 4 (147). С. 170–185.
16. Ушакова І. О., Попов К. І. Аналіз існуючих методик оцінки якості водних ресурсів. *Системи обробки інформації*. 2013. Вип. 6 (113). С. 310–313.
17. Худа Л., Співак М., Демченко О., Каручеру О., Фрунза О., Худий О. Пробиотична корекція мікробного профілю *Daphniatagna* з використанням *Lactobacillus casei* УКМ 7280. *Біологічні системи*. 2020. Т. 12, вип. 1. С. 1–7. <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.01.003>

18. Чернікова Г. Ю., Пономаренко Н. П. Використання пребіотиків на основі мананових олігосахаридів у годівлі курчат-бройлерів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв. 2016. Вип. 2, ч. 2. С. 155–159.
19. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Москва : ВНИРО, 2006. 360 с.
20. Abdel-Tawwab M., Abdel-Rahman A. M., Ismael N. E. M. Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*. 2008. Vol. 280. P. 185–189. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.03.055
21. Abd El-Rhman A. M., Khatlab Y. A. E., Shalaby A. M. E. *Micrococcus luteus* and *Pseudomonas* species as probiotics for promoting the growth performance and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Shellfish Immun.* 2009. Vol. 27. P. 175–180. DOI: 10.1016/j.fsi.2009.03.020
22. Austin B., Stuckey L. F., Robertson P. A. W., Effendi I., Griffith D. R. W. A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*. *J. Fish. Dis.* 1995. Vol. 18. P. 93–96. DOI: 10.1111/j.1365-2761.1995.tb01271.x
23. Akhter N, Wu B, Memon A. M., Mohsin M. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish Shellfish Immunology*. 2015. Vol. 45. P. 733–741.
24. Al-Dohail M. A., Hashim R., Aliyu-Paiko M. Evaluating the use of *Lactobacillus acidophilus* as a biocontrol agent against common pathogenic bacteria and the effects on the haematology parameters and histopathology in African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. *Aquac. Res.* 2011. Vol. 42. P. 196–209. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02606.x
25. Aubin J., Gatesoupe F. J., Labbé L., Lebrun L. Trial of probiotics to prevent the vertebral column compression syndrome in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquac. Res.* 2005. Vol. 36. P. 758–767. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2005.01280.x
26. Aly S. M., Mohamed M. F., John G. Effect of probiotics on the survival, growth and challenge infection in *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*). *Aquac. Res.* 2008. Vol. 39. P. 647–656. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2008.01932
27. Aly S. M., Abdel-Galil Ahmed Y., Abdel-Aziz Ghareeb A., Mohamed M. F. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish Shellfish Immunol.* 2008. Vol. 25, iss.1–2. P. 128–136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2008.03.013>
28. Asad Nawaz, Allah Bakhsh javaid, Sana Irshad, Seyed Hossein Hoseinifar, Hanguo Xiong. The functionality of prebiotics as immunostimulant: Evidences from trials on terrestrial and aquatic animals. *Fish Shellfish Immunology*. 2018. Vol. 76. P. 272–278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.03.004>
29. Bandyopadhyay P., Das Mohapatra P. K. Effect of a probiotic bacterium *Bacillus circulans* PB7 in the formulated diets: on growth, nutritional quality and immunity of *Catla catla* (Ham.). *Fish Physiol. Biochem.* 2009. Vol. 35. P. 467–478. DOI: 10.1007/s10695-008-9272-8
30. Balcázar J. L., De Blas I., Ruiz-Zarzuela I., Vendrell D., Gironés O., Muzquiz J. L. Enhancement of the immune response and protection induced by probiotic lactic acid bacteria against furunculosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *FEMS Immunol. Med. Mic.* 2007. Vol. 51. P. 185–193. DOI: 10.1111/j.1574-695X.2007.00294.x
31. Balcázar J. L., Vendrell D., De Blas I., Ruiz-Zarzuela I., and Múzquiz J. L. Effect of *Lactococcus lactis* CLFP 100 and *Leuconostoc mesenteroides* CLFP 196 on *Aeromonas salmonicida* infection in brown trout (*Salmo trutta*). *J. Mol. Microb. Biotech.* 2009. Vol. 17. P. 153–157. DOI: 10.1159/000226588
32. Burbank D. R., Shah D. H., LaPatra S. E., Fornshell G., and Cain K. D. Enhanced resistance to coldwater disease following feeding of probiotic bacterial strains to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 2011. Vol. 321. P. 185–190. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.09.004
33. Brown M. R., Barrett S. M., Volkman J. K., Nearhos S. P., Nell J. A., Allan G. L. Biochemi-

- cal composition of new yeasts and bacteria evaluated as food for bivalve aquaculture. *Aquaculture*. 1996. Vol. 143. P. 341–360.
34. Carbone D., Faggio C. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Fish Shellfish Immunology*. 2016. Vol. 54. P. 172–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.011>
35. Cha J. H., Rahimnejad S., Yang S. Y., Kim K. W., and Lee K. J. Evaluations of *Bacillus* spp. as dietary additives on growth performance, innate immunity and disease resistance of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) against *Streptococcus iniae* and as water additives. *Aquaculture*. 2013. Vol. 402. P. 50–57. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2013.03.030](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.03.030)
36. Chang C. I., Liu W. Y. An evaluation of two probiotic bacterial strains, *Enterococcus faecium* SF68 and *Bacillus toyoi*, for reducing edwardsiellosis in cultured European eel (*Anguilla anguilla*). *J. Fish. Dis.* 2002. Vol. 25. P. 311–315. DOI: [10.1046/j.1365-2761.2002.00365.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2002.00365.x)
37. Capkin E., Altinok I. Effects of dietary probiotic supplementations on prevention/treatment of Yersiniosis disease. *J. Appl. Microbiol.* 2006. Vol. 106. P. 1147–1153. DOI: [10.1111/j.1365-2672.2008.04080.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04080.x)
38. Chabrillon M., Ouwehand A. C., Diaz-Rosales P., Arijo S., Martínez Manzanares E., Balebona M. C., et al. Adhesion of lactic acid bacteria to mucus of farmed gilthead seabream, and interactions with fish pathogenic microorganisms. *B. Eur. Assoc. Fish. Pat.* 2006. Vol. 26. P. 202–210.
39. Chi C., Jiang B., Yu X. B., Liu T. Q., Xia L., Wang G. X. Effects of three strains of intestinal autochthonous bacteria and their extracellular products on the immune response and disease resistance of common carp, *Cyprinus carpio*. *Fish Shellfish Immun.* 2014. Vol. 36. P. 9–18. DOI: [10.1016/j.fsi.2013.10.003/](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.10.003/)
40. Cerf-Bensussan N., Gaboriau-Routhiau V. The immune system and the gut microbiota: friends or foes? *Nat. Rev. Immunol.* 2010. Vol. 10. P. 735–744.
41. Daniel Schar, Cheng Zhao, Yu Wang, Joakim Larsson. Twenty-year trends in antimicrobial resistance from aquaculture and fisheries in Asia September. *Nature Communications*. 2021. Vol. 12 (1). P. 5384. DOI: [10.1038/s41467-021-25655-8](https://doi.org/10.1038/s41467-021-25655-8)
42. Doan H. V., Hoseinifar S. H., Ringø E., Esteban M. Á., Dadar M., Dawood MAO, Faggio C. Host-associated probiotics: a key factor in sustainable aquaculture. *Reviews in Fisheries Science Aquaculture*. 2019. Vol. 28 (1). P. 16–42. DOI: [10.1080/23308249.2019.1643288](https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1643288)
43. Dahiya T. P., Kant R., Sihag R. C. Use of probiotics as an alternative method of disease control in aquaculture. *The Biosphere*. 2010. Vol. 2 (1). P. 52–57.
44. D’Alvise D. W., Lillebø S., Prol-García M. J., Wergeland H. I., Nielsen K. F., Bergh Ø., et al. *Phaeobacter gallaeciensis* reduces *Vibrio anguillarum* in cultures of microalgae and rotifers, and prevents vibriosis in cod larvae. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7(8): e43996. DOI: [10.1371/journal.pone.0043996](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043996)
45. De la Banda I. G., Lobo C., Chabrillon M., Leon-Rubio J. M., Arijo S., Pazos G., et al. Influence of dietary administration of a probiotic strain *Shewanella putrefaciens* on Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) growth, body composition and resistance to *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*. *Aquac. Res.* 2012. Vol. 43 (5). P. 662–669. DOI: [10.1111/j.1365-2109.2011.02871](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02871)
46. Diaz-Rosales P., Arijo S., Chabrillon M., Alarcón F. J., Tapia-Paniagua S. T., Martínez-Manzanares E., et al. Effects of two closely related probiotics on respiratory burst activity of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup) phagocytes, and protection against *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*. *Aquaculture*. 2009. Vol. 293 (1–2). P. 16–21. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2009.03.050](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.03.050)
47. Eryalçın K. M., Torrecillas S., Caballero M. J., Hernandez-Cruz C. M., Sweetman J., Izquierdo M. Effects of dietary mannan-oligosaccharides in early weaning diets on growth, survival, fatty acid composition and gut morphology of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae. *Aquaculture Research*. 2017. Vol. 48. P. 5041–5052.

48. Gobeli S., Goldschmidt-Clermont E., Frey J., Burr S. E. *Pseudomonas chlororaphis* strain JF3835 reduces mortality of juvenile perch, *Perca fluviatilis* L., caused by *Aeromonas sobria*. *J. Fish. Dis.* 2009. Vol. 32 (7). P. 597–602. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2009.01021.x
49. Glenn R., Gibson Marcel B. Roberfroid Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. *The Journal of Nutrition.* 1995. Vol. 125, Iss. 6. P. 1401–1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
50. Gildberg A., Mikkelsen H., Sandaker E., Ringo E. Probiotic effect of lactic acid bacteria in the feed on growth and survival of fry of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Hydrobiologia.* 1997. Vol. 352. P. 279–285. DOI: 10.1023/A:1003052111938
51. Gram L., Melchiorson J., Spanggaard B., Huber I., Nielsen T. F. Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* AH2, a possible probiotic treatment of fish. *Appl. Environ. Microb.* 1999. Vol. 65 (3). P. 969–973.
52. Giri S. S., Sen S. S., Sukumaran V. Effects of dietary supplementation of potential probiotic *Pseudomonas aeruginosa* VSG-2 on the innate immunity and disease resistance of tropical freshwater fish, *Labeo rohita*. *Fish Shellfish Immun.* 2012. Vol. 32. P. 1135–1140. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.03.019
53. François-Joël Gatesoupe. Probiotics and prebiotics for fish culture, at the parting of the ways. *Aqua Feeds: Formulation & Beyond.* 2005. Vol. 2 (3). P. 3–5.
54. Harikrishnan R., Kim M. C., Kim J. S., Balasundaran C., Heo M. S. Protective effect of herbal and probiotics enriched diet on haematological and immunity status of *Oplegnathus fasciatus* (Temminck and Schlegel) against *Edwardsiella tarda*. *Fish. Shellfish Immun.* 2011. Vol. 30 (3). P. 886–893. DOI: 10.1016/j.fsi.2011.01.013
55. Han B., Long W. Q., He J. Y., Liu Y. J., Si Y. Q., Tian L. X. Effects of dietary *Bacillus licheniformis* on growth performance, immunological parameters, intestinal morphology and resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish Shellfish Immun.* 2015. Vol. 46 (2). P. 225–231. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.06.018
56. Halasz A, Lasztity R. *Use of Yeast Biomass in Food Production.* Boca Raton : CRS Press, 1991. 352 p.
57. Heo W. S., Kim Y. R., Kim E. Y., Bai S. C., Kong I. S. Effects of dietary probiotic, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* I2, supplementation on the growth and immune response of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture.* 2013. Vol. 376–379. P. 20–24. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.11.009
58. Hoseinifar S. H., Ringø E., Shenavar Masouleh A., Esteban M. Á. Probiotic, prebiotic and symbiotic supplements in sturgeon aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture.* 2016. Vol. 8. P. 89–102.
59. Huang J., Wu Y., Chi S. Dietary supplementation of *Pediococcus pentosaceus* enhances innate immunity, physiological health and resistance to *Vibrio anguillarum* in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Fish Shellfish Immun.* 2014. Vol. 39. P. 196–205. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.05.003
60. Mette Hjelm, Øivind Bergh, Ana Riaza, Janne Nielsen, Jette Melchiorson, Sigmund Jensen, Hazel Duncan, Peter Ahrens, Harry Birkbeck, Lone Gram. Selection and identification of autochthonous potential probiotic bacteria from turbot larvae (*Scophthalmus maximus*) rearing units. *Syst. Appl. Microbiol.* 2004. Vol. 27. P. 360–371. DOI: 10.1078/0723-2020-00256
61. Inês Guerreiro, Aires Oliva-Teles, Paula Enes. Prebiotics as functional ingredients: focus on Mediterranean fish aquaculture. *Reviews in Aquaculture.* 2017. Vol. 10 (4). P. 800-832. <https://doi.org/10.1111/raq.12201>
62. Irianto A., Robertson P. A. W., Austin B. Oral administration of formalin-inactivated cells of *Aeromonas hydrophila* A3-51 controls infection by atypical *A. salmonicida* in goldfish, *Carassius auratus* (L.). *Journal of Fish Diseases.* 2003. Vol. 26 (2). P. 117–120.
63. Irianto A., Austin B. Probiotics in aquaculture. *Fish Shellfish Immun.* 2002. Vol. 25. P. 633–642.

64. Jeleel Opeyemi Agboola, Margareth Øverland, Anders Skrede, Jon Øvrum Hansen. Yeast as major protein-rich ingredient in aquafeeds: a review of the implications for aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*. 2021. Vol. 13, Iss. 2. P. 949–970 <https://doi.org/10.1111/raq.12507>
65. Kumar R., Mukherjee S. C., Pani Prasad K., Pal A. K. Evaluation of *Bacillus subtilis* as a probiotic to Indian major carp, *Labeorohita* (Ham). *Aquac. Res.* 2006. Vol. 37. P. 1215–1221. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2006.01551.x
66. Kim D., Beck B. R., Heo S. B., Kim J., Kim H. B., Lee S. M., Kim Y., So Young Oh, Kyungro Lee, Hyung Ki Do, Kwan Hee Lee, Wilhelm H Holzapfel, Seong Kyu Song. *Lactococcus lactis* BFE920 activates the innate immune system of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), resulting in protection against *Streptococcus iniae* infection and enhancing feed efficiency and weight gain in large scale field-studies. *Fish Shellfish Immun.* 2013. Vol. 35 (5). P. 1585–1590. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.09.008
67. Korkea-aho T. L., Heikkinen J., Thompson K. D., von Wright A., Austin B. *Pseudomonas* sp. M174 inhibits the fish pathogen *Flavobacterium psychrophilum*. *J. Appl. Microbiol.* 2011. Vol. 111 (2). P. 266–277. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2011.05044.x
68. Luana Langlois, Nadeem Akhtar, Kam C Tam, Brian Dixon, Gregor Reid. Fishing for the right probiotic: host–microbe interactions at the interface of effective aquaculture strategies. *FEMS Microbiology Reviews*. 2021. Vol. 45, iss. 6. fuab030. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuab030>
69. Llewellyn M. S., Boutin S., Hoseinifar S. H., Derome N. Teleost microbiomes: the state of the art in their characterization, manipulation and importance in aquaculture and fisheries. *Front. Microbiol.* 2014. Vol. 5. P. 207. DOI: 10.3389/fmicb.2014.00207
70. Lee J. S., Cheng H., Damte D., Lee S. J., Kim J. C., Rhee M. H., et al. Effects of dietary supplementation of *Lactobacillus pentosus* PL11 on the growth performance, immune and antioxidant systems of Japanese eel *Anguilla japonica* challenged with *Edwardsiella tarda*. *Fish Shellfish Immun.* 2013. Vol. 34. P. 756–761. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.11.028
71. Liu W., Ren P., He S., Xu L., Yang Y., Gu Z., Zhou Z. Comparison of adhesive gut bacteria composition, immunity, and disease resistance in juvenile hybrid tilapia fed two different *Lactobacillus* strains. *Fish Shellfish Immun.* 2013. Vol. 35 (1). P. 54–62. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.04.010
72. Liu C. H., Chiu C. H., Wang S. W., Cheng W. Dietary administration of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, enhances the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Fish Shellfish Immun.* 2012. Vol. 33 (4). P. 699–706. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.06.012
73. Laurent Verschuere, Geert Rombaut, Patrick Sorgeloos, Willy Verstraete. Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Journals Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2000. Vol. 64 (4). P. 655–671. DOI:<https://doi.org/10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000>
74. Lapeña D., Kosa G., Hansen L. D., Mydland L. T., Passoth V., Horn S. J., Vincent G. H. Eijsink. Production and characterization of yeasts grown on media composed of spruce-derived sugars and protein hydrolysates from chicken by-products. *Microbial Cell Factories*. 2020. V. 19. P. 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12934-12020-11287-12936>
75. Merrifield D. L., Dimitroglou A., Foey A., Davies S. J., Baker R. T., Bøgwald J., Mathieu Castex, Einar Ringø. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*. 2010. Vol. 302. P. 1–18. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.02.007
76. Mohapatra S., Chakraborty T., Kumar V., De Boeck G., Mohanta K. N. Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2012. Vol. 97 (3). P. 405–430.
77. Meena D., Das P., Kumar S., Mandal S., Prusty A., Singh S., et al. Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review). *Fish Physiology and Biochemistry*. 2013. Vol. 39. P. 431–457.
78. Mohamed T.El-Saadony, Mahmoud Alagawany, Amlan K.Patra, Indrajit Kar, Ruchi Tiwari, Mahmoud A. O. Dawood, Kuldeep Dhama, Hany M. R., Abdel-Latif. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Fish & Shellfish Immunology*. 2021. Vol. 117. P. 36–52.

<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.07.007>

79. Mohammad Jalil Zorriehzahra, Somayeh Torabi Delshad, Milad Adel, Ruchi Tiwari, K. Karthik, Kuldeep Dhama. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review. *Veterinary Quarterly*. 2016. Vol. 36 (4). P. 228–241. <https://doi.org/10.1080/01652176.2016.1172132>

80. Narges Soleimani, Seyed Hossein Hoseinifar, Daniel L. Merrifield, Mohsen Barati, Zohreh Hassan Abadi. Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. *Fish & Shellfish Immunology*. 2012. Vol. 32 (2). P. 316–321. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.11.023>

81. Newaj-Fyzul A., Adesiyun A. A., Mutani A., Ramsubhag A., Brunt J., Austin B. *Bacillus subtilis* AB1 controls *Aeromonas* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *J. Appl. Microb.* 2007. Vol. 103. P. 1699–1706. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2007.03402.x

82. Ng W. K., Kim Y. C., Romano N., Koh C. B., Yang S. Y. Effects of dietary probiotics on the growth and feeding efficiency of red hybrid Tilapia, *Oreochromis* sp., and subsequent resistance to *Streptococcus agalactiae*. *J. Appl. Aquac.* 2014. Vol. 26. P. 22–31. DOI: 10.1080/10454438.2013.874961

83. Nikoskelainen S., Salminen S., Bylund G., Ouwehand A. C. Characterization of the properties of human and dairy derived probiotics for prevention of infectious diseases in fish. *Appl. Environ. Micro.* 2001. Vol. 67. P. 2430–2435. DOI: 10.1128/AEM.67.6.2430-2435.2001

84. Ninawe A. S., Selvin J. Probiotics in shrimp aquaculture: Avenues and challenges probiotics in shrimp aquaculture. *Critical Reviews in Microbiology*. 2009. Vol. 35. P. 43–66.

85. Pan X., Wu T., Song Z., Tang H., Zhao Z. Immune responses and enhanced disease resistance in Chinese drum, *Miichthys miiuy* (Basilewsky), after oral administration of live or dead cells of *Clostridium butyricum* CB2. *J. Fish. Dis.* 2008. Vol. 31 (9). P. 679–686. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2008.00955.x

86. Pieters N., Brunt J., Austin B., Lyndon A. R. Efficacy of in-feed probiotics against *Aeromonas bestiarum* and *Ichthyophthirius multifiliis* skin infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *J. Appl. Microb.* 2008. Vol. 105. P. 723–732. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.03817

87. Pirarat N., Kobayashi T., Katagiri T., Maita M., Endo M. Protective effects and mechanisms of a probiotic bacterium *Lactobacillus rhamnosus* against experimental *Edwardsiella tarda* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Vet. Immunol. Immunop.* 2006. Vol. 113. P. 339–347. DOI: 10.1016/j.vetimm.2006.06.003

88. Planas M., Pérez-Lorenzo M., Hjelm M., Gram L., Fiksdal I. U., Bergh O., José Pintado. Probiotic effect in vivo of *Roseobacter* strain 27–4 against *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum* infections in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Aquaculture*. 2006. Vol. 255. P. 323–333. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.039

89. Quentel C., Gatesoupe F. J., Aubin J., Lamour F., Abiven A., Baud M., Labbé, L., Forraz, M. Ofimer probiotic study on rainbow trout. I. Resistance against *Yersinia ruckeri* and humoral immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) submitted to probiotic treatment with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* / Howell B., Flos R. (Eds.). *Lessons from the Past to Optimise the Future*, Aquaculture Europe 2005, Trondheim, Norway, 5-9 August 2005. EAS Special Publication No. 35. P. 380–381.

90. Overland M., Karlsson A., Mydland L. T., Romarheim O. H., Skrede A. Evaluation of *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* yeasts as protein sources in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 2013. Vol. 402–403. P. 1–7.

91. Robertson P. A. W., O'Dowd C., Burrells C., Williams P., Austin B. Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture*. 2000. Vol. 185. P. 235–243. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00349-X

92. Raida M. K., Larsen J. L., Nielsen M. E., Buchmann K. 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.* 2003. Vol. 26. P. 495–498. DOI: 10.1046/j.1365-2761.2003.00480.x

93. Ran C., Carrias A., Williams M. A., Capps N., Dan B. C. T. Identification of *Bacillus* strains for biological control of catfish pathogens. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7 (9). e45793. DOI: 10.1371/journal.pone.0045793

94. Rawling M. D., Pontefract N., Rodiles A., Anagnostara I., Leclercq E., Schiavone M. et al. The effect of feeding a novel multistrain yeast fraction on European seabass (*Dicentrarchus labrax*) intestinal health and growth performance. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2019. Vol. 50. P. 1108–1122. DOI:10.1111/jwas.12591

95. Reza Akrami, Yousef Iri, Hosseinali Khoshbavar Rostami, Majid Razeghi Mansour. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. *Fish & Shellfish Immunology*. 2013. Vol. 35, Iss. 4. P. 1235–1239 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.07.039>

96. Reyes-Becerril M., Tovar-Ramírez D., Ascensio-Valle F., Civera-Cerecedo R., Gracia-López V., Barbosa-Solomieu V., María Ángeles Esteban. Effects of dietary supplementation with probiotic live yeast *Debaryomyces hansenii* on the immune and antioxidant systems of leopard grouper *Mycteroperca rosacea* infected with *Aeromonas hydrophila*. *Aquac. Res.* 2011. Vol. 42. P. 1676–1686. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02762.x

97. Ringø E. H., Van Doan S. H., Lee M., Soltani S. H., Hoseinifar R., Harikrishnan S. K. Song. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2020. Vol. 129, Iss. 1. P. 116–136. <https://doi.org/10.1111/jam.14628>

98. Rodríguez-Estrada U., Satoh S., Haga Y., Fushimi H., Sweetman J. Effects of inactivated *Enterococcus faecalis* and mannan oligosaccharide and their combination on growth, immunity, and disease protection in rainbow trout. *North Am. J. Aquacult.* 2013. Vol. 75. P. 416–428. DOI: 10.1080/15222055.2013.799620

99. Safari R., Adel M., Lazado C. C., Caipang C. M., Dadar M. Host-derived probiotics *Enterococcus casseliflavus* improves resistance against *Streptococcus iniae* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) via immunomodulation. *Fish Shellfish Immun.* 2016. Vol. 52. P. 198–205. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.03.020

100. Sorroza L., Real F., Acosta F., Acosta B., Deniz S., Roman L., Fatima El Aamri, Daniel Padilla. A probiotic potential of *Enterococcus gallinarum* against *Vibrio anguillarum* infection. *Fish Pathol.* 2013. Vol. 48. P. 9–12. DOI: 10.3147/jsfp.48.9

101. Sorroza L., Padilla D., Acosta F., Román L., Grasso V., Vega J., F Real. Characterization of the probiotic strain *Vagococcus fluvialis* in the protection of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) against vibriosis by *Vibrio anguillarum*. *Vet. Microbiol.* 2012. Vol. 155. P. 369–373. DOI: 10.1016/j.vetmic.2011.09.013

102. Seyed Hossein Hoseinifar, Yun-Zhang Sun, Anran Wang, and Zhigang Zhou. Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture, a Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. P. 2429. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02429

103. Seyed Hossein Hoseinifar, María Ángeles Esteban, Alberto Cuesta, Yun-Zhang Sun. Prebiotics and Fish Immune Response: A Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2015. Vol. 23. P. 315–328.

104. Selim K. M., Reda R. M. Improvement of immunity and disease resistance in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, by dietary supplementation with *Bacillus amyloliquefaciens*. *Fish Shellfish Immun.* 2015. Vol. 44. P. 496–503. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.03.004

105. Sharifuzzaman S. M., Abbass A., Tinsley J. W., Austin B. Subcellular components of probiotics *Kocuria SM1* and *Rhodococcus SM2* induce protective immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) against *Vibrio anguillarum*. *Fish Shellfish Immun.* 2011. Vol. 30. P. 347–353. DOI: 10.1016/j.fsi.2010.11.005

106. Schar D., Klein E., Laxminarayan R., Gilbert M., Van Boeckel T. P. Global trends in antimicrobial use in aquaculture. *Sci. Rep.* 2020. Vol. 10. P. 21878.
107. Seong Kyu Song, Bo Ram Beck, Daniel Kim, John Park, Jungjoon Kim, Duk Kima Einar Ringø Hyun. Probiotics as immunostimulants in aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*. 2014. Vol. 40 (1). P. 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.06.016>
108. State of World Aquaculture 2020 and Regional Reviews : FAO Webinar Series. *FAO Aquaculture Newsletter*. Rome, 2021. № 63 (May 2021). P. 17–18.
109. Simon Baumgärtner, Jack James, Amy Ellison. The supplementation of a prebiotic improves the microbial community in the gut and the skin of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Reports*. 2022. Vol. 25. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101204>
110. Torrecillas S., Makol A., Caballero M. J., Montero D., Dhanasiri A. K. S., Sweetman J., M Izquierdo. Effects on mortality and stress response in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), fed mannan oligosaccharides (MOS) after *Vibrio anguillarum* exposure. *Journal of Fish Diseases*. 2012. Vol. 35. P. 591–602.
111. Torrecillas S., Montero D., Izquierdo M. Improved health and growth of fish fed mannan-oligosaccharides: potential mode of action. *Fish and Shellfish Immunology*. 2014. Vol. 36. P. 525–544.
112. François-Joël Gatesoupe. Probiotics and prebiotics for fish culture, at the parting of the ways. *Aqua Feeds: Formulation & Beyond*. 2005. Vol. 2 (3). P. 3–5.
113. Vendrell D., Balcazar J. L., Blas I. D., Ruiz-Zarzuela I., Girones O., Muzquiz J. L. Protection of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from lactococcosis by probiotic bacteria. *Comp. Immunol. Microb.* 2008. Vol. 31. P. 337–345. DOI: 10.1016/j.cimid.2007.04.002
114. Vidakovic A., Huyben D., Sundh H., Nyman A., Vielma J., Passoth V., Kiessling A., Lundh T. Growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed graded levels of the yeasts *Saccharomyces cerevisiae* and *Wickerhamomyces anomalus*. *Aquaculture Nutrition*. 2020. Vol. 26. P. 275–286.
115. Vinoj G., Jayakumar R., Chen J. C., Withyachumnarnkul B., Shanthi S., Vaseeharan B. N-hexanoyl-L-homoserine lactone-degrading *Pseudomonas aeruginosa* PsDAHP1 protects zebrafish against *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Fish Shellfish Immun.* 2015. Vol. 42. P. 204–212. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.10.03
116. Volman J. J., Ramakers J. D., and Plat J. 2008 Dietary modulation of immune function by β -glucans. *Physiology Behavior* 94(2):276-84. DOI: 10.1016/j.physbeh.2007.11.045
117. Verschuere Laurent, Geert Rombaut, Patrick Sorgeloos, Willy Verstraete. Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2000. Vol. 64 (4). P. 655–671 DOI: 10.1128/mubr.64.4.655-671.2000
118. Waleed S. Soliman, Raafat M. Shaapan, Laila A. Mohamed, Samira S. R. Gayed. Recent biocontrol measures for fish bacterial diseases, in particular to probiotics, bio-encapsulated vaccines, and phage therapy. *Open Vet. J.* 2019. Vol. 9 (3). P. 190–195. DOI: 10.4314/ovj.v9i3.2. Epub 2019 Jul 20.
119. Wu Z., Jiang C., Ling F., Wang G. X. Effects of dietary supplementation of intestinal autochthonous bacteria on the innate immunity and disease resistance of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture*. 2015. Vol. 438. P. 105–114. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.12.041

REFERENCES

1. Vovk, N. I., I. B. Sorokulova, M. A. Sydorov, and O. M. Melnyk. 1999. Do pytannya vykorystannya probiotykyv na osnovi sporovykh bakteriy *B. subtilis* u rybnytstvi – To the issue of using probiotics based on spore bacteria *B. subtilis* in fish farming. *Rybne hospodarstvo – Fish farming*. 49–50:171–176 (in Ukrainian).
2. Davidov, O. N., A. V. Abramov, and L. Ya. Kurovskaya. 2009. *Biologicheskie preparaty i himicheskie veschestva v akvakulture – Biological preparations and chemical substances in aquaculture*. Kiev, 307 (in Russian).

3. Davydov, O. M., and Yu. D. Temnikhanov. 2004. *Osnovy veterynarno-sanitarnoho kontroliia v rybnytstvi – Basics of veterinary and sanitary control in fish farming*. Kyiv, Firma "INKOS", 144 (in Ukrainian).
4. Dobrianska, O. P., O. V. Deren, and T. V. Hryhorenko. 2019. Produktyvni pokaznyky dvolitok koropa pry zastosuvanni v hodivli prebiotyka v umovakh vyroshchuvannykh staviv – Productive indicators of two-year-old carp when prebiotic is used in feeding in the conditions of rearing ponds. *Rybohospodarska nauka Ukrainy – Fisheries science of Ukraine*. 4:95–108. DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2019.04.095> (in Ukrainian).
5. Zheltov, Yu. A. 2014. *Proteiny i aminokisloty v kormah dlya vyiraschivaniya raznogo vida i vozrasta ryb – Proteins and amino acids in feed for growing different species and ages of fish*. Lugansk, ASTRA-Plyus, 156 (in Russian).
6. Zaloilo, I. A., O. V. Zaloilo, Yu. P. Rud, I. I. Hrytsyniak, and Ye. I. Zaloilo. 2021. Zastosuvannia probiotykyv v akvakulturi – Application of probiotics in aquaculture. *Rybohospodarska nauka Ukrainy – Fisheries science of Ukraine*. 2:59–81 (in Ukrainian).
7. Kononenko, R. V., P. H. Shevchenko, V. M. Kondratiuk, and I. S. Kononenko. 2019. *Intensyvni tekhnolohii v akvakulturi – Intensive technologies in aquaculture*. Kyiv, Tsentr navchalnoi literatury, 410 (in Ukrainian).
8. Kalinichenko, S. V., O. O. Korotkykh, and I. Yu. Tishchenko. 2016. Suchasni napriamky stvorennia ta udoskonalennia probiotykyv – Modern trends in creation and improvement of probiotics. *Ukrainskyi biofarmatsevtichnyi zhurnal – Ukrainian biopharmaceutical journal*. 1:4–8. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ubfj_2016_1_3 (in Ukrainian).
9. Mazur, T. V., and I. Ie. Harkusha. 2016. Zminy bilkovykh pokaznykyv krovi koropa za vykorystannia kompleksu symbiontnykh mikroorhanizmiv – Changes in protein parameters of carp blood due to the use of a complex of symbiotic microorganisms. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho – Scientific bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*. 18:3(70):181–183 (in Ukrainian).
10. Nechaeva, T. A. 2014. Primenenie probiotika Vetom 1.1 pri vyiraschivani molodi foreli v ustanovkakh s zamknytyim tsiklom vodosnabzheniya (UZV) – The use of probiotic Vetom 1.1 in the cultivation of young trout in installations with a closed cycle of water supply (USV). *Aktualnyie voprosy veterinarney biologii – Current issues of veterinary biology*. 1(21):65–69 (in Russian).
11. Petrov, R. V., and T. V. Titova. 2017. Vykorystannia probiotyky "Bifitril" dlia profilaktyky aeromonozu u koropiv v eksperymentalnykh umovakh Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. – The use of the probiotic "Bifitril" for the prevention of aeromonosis in carp in experimental conditions. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Seria : Veterynarna medytsyna – *Bulletin of the Sumy National Agrarian University*. Series: Veterinary medicine. 11:134–136. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_vet_2017_11_35 (in Ukrainian).
12. Petrov, R. V. 2014. Morfolohichni t khimichni vlastyvoli miasa koropa pry likuvanni vid aeromonozu. – Morphological and chemical properties of carp meat in the treatment of aeromonosis. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Seria : Veterynarna medytsyna – *Bulletin of the Sumy National Agrarian University*. Series: Veterinary medicine. 6:74–77 (in Ukrainian).
13. 2021. *Rybne hospodarstvo: tradytsii ta innovatsii. Vitchyzniani ta svitovi dosvid – Fish farming: traditions and innovations. Domestic and international experience*. Za redaktsiieiu T. P. Fesun. Kyiv, 221 (in Ukrainian).
14. Solopova, Kh. Ia., and O. I. Vishchur. 2020. Stan T- i V-klitynnoi lanok imunitetu koropiv, urazhenykh aeromonozom, ta za likuvannia preparatom Enteronormin – The state of the T- and B-cell links of immunity of carp affected by aeromonosis and after treatment with the drug Enteronormin. *Naukovyi visnyk veterynarney medytsyny – Scientific Bulletin of Veterinary Medicine*. 1:40–46 (in Ukrainian).

15. Tekebaeva, Zh B., G. S. Shahabaeva, Z. S. Sarmurzina, G. N. Bisenova, M. S. Urazova, A. D. Dosova, and A. B. Abzhalelov. 2020. Probiotiki i ih primenenie v akvakulture. – Probiotics and their use in aquaculture. *Novosti nauki Kazahstana – Science news of Kazakhstan*. 4(147):170–185 (in Russian).
16. Ushakova, I. O., and K. I. Popov. 2013. Analiz isnuichykh metodyk otsinky yakosti vodnykh resursiv. Analysis of existing methods for assessing the quality of water resources. *Systemy obrobky informatsii*. 6(113):310–313 (in Ukrainian).
17. Khuda, L., M. Spivak, O. Demchenko, O. Karucheru, O. Frunza, and O. Khudyi. 2020. Probiotychna korektsiia mikrobnoho profilu Daphnia magna z vykorystanniam Lactobacillus casei Probiotic correction of the microbial profile of Daphniamagna using Lactobacilluscasei UKM 7280. *Biologichni systemy*, 12(1):1–7. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.01.003> (in Ukrainian).
18. Chernikova, H. Yu., and N. P. Ponomarenko. 2016. Vykorystannia prebiotykyv na osnovi mananovykh olihosakharydiv u hodivli kurchat-broileriv – Use of prebiotics based on mannan oligosaccharides in feeding broiler chickens. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*. 2(2):155–159 (in Ukrainian).
19. Scherbina, M. A., E. A. Gamyigin. 2006. *Kormlenie ryib v presnovodnoy akvakulture Feeding fish in freshwater aquaculture*. Moskva : VNIRO, 360 (in Russian).
20. Abdel-Tawwab, M., A. M. Abdel-Rahman, and N. E. M. Ismael. 2008. Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*. 280:185–189. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.03.055 (in English).
21. Abd El-Rhman, A. M., Y. A. E. Khatlab, and A. M. E. Shalaby. 2009. *Micrococcus luteus* and *Pseudomonas* species as probiotics for promoting the growth performance and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Shellfish Immunol.* 27:175–180. DOI: 10.1016/j.fsi.2009.03.020 (in English).
22. Austin, B., L. F. Stuckey, P. A. W. Robertson, I. Effendi, and D. R. W. Griffith. 1995. A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*. *J. Fish. Dis.* 18:93–96. DOI: 10.1111/j.1365-2761.1995.tb01271.x (in English).
23. Akhter, N, B. Wu, A. M. Memon, and M. Mohsin. 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish Shellfish Immunology*. 45:733–741 (in English).
24. Al-Dohail, M. A., R. Hashim, and M. Aliyu-Paiko. 2011. Evaluating the use of *Lactobacillus acidophilus* as a biocontrol agent against common pathogenic bacteria and the effects on the haematology parameters and histopathology in African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. *Aquac. Res.* 42:196–209. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02606 (in English).
25. Aubin, J., F. J. Gatesoupe, L. Labbé, and L. Lebrun. 2005. Trial of probiotics to prevent the vertebral column compression syndrome in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquac. Res.* 36:758–767. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2005.01280 (in English).
26. Aly, S. M., M. F. Mohamed, and G. John. 2008. Effect of probiotics on the survival, growth and challenge infection in *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*). *Aquac. Res.* 39:647–656. DOI: 10.1111/j.1365-2109.01932 (in English).
27. Aly, S. M., Y. Ahmed Abdel-Galil, A. Ghareeb Abdel-Aziz, and M. F. Mohamed. 2008. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish Shellfish Immunol.* 25(1–2):128–136 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2008.03.013> (in English).
28. Asad Nawaz, Allah Bakhsh Javaid, Sana Irshad, Seyed Hossein Hoseinifar, and Hanguo Xiong. 2018. The functionality of prebiotics as immunostimulant: Evidences from trials on terrestrial and aquatic animals. *Fish Shellfish Immunology*. 76:272–278 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.03.004> (in English).

29. Bandyopadhyay, P., and P. K. Mohapatra. 2009. Effect of a probiotic bacterium *Bacillus circulans* PB7 in the formulated diets: on growth, nutritional quality and immunity of *Catla catla* (Ham.). *Fish Physiol. Biochem.* 35:467–478. DOI: 10.1007/s10695-008-9272-8 (in English).
30. Balcázar, J. L., I. De Blas, I. Ruiz-Zarzuola, D. Vendrell, O. Gironés, and J. L. Muzquiz. 2007. Enhancement of the immune response and protection induced by probiotic lactic acid bacteria against furunculosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *FEMS Immunol. Med. Mic.* 51:185–193. DOI: 10.1111/j.1574-695X.2007.00294 (in English).
31. Balcázar, J. L., D. Vendrell, De Blas I., I. Ruiz-Zarzuola, and J. L. Múzquiz. 2009. Effect of *Lactococcus lactis* CLFP 100 and *Leuconostoc mesenteroides* CLFP 196 on *Aeromonas salmonicida* infection in brown trout (*Salmo trutta*). *J. Mol. Microb. Biotech.* 17:153–157. DOI: 10.1159/000226588 (in English).
32. Burbank, D. R., D. H. Shah, S. E. LaPatra, G. Fornshell, and K. D. Cain. 2011. Enhanced resistance to coldwater disease following feeding of probiotic bacterial strains to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture.* 321:185–190. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.09.004 (in English).
33. Brown, M. R., S. M. Barrett, J. K. Volkman, S. P. Nearhos, J. A. Nell, and G. L. Allan. 1996. Biochemical composition of new yeasts and bacteria evaluated as food for bivalve aquaculture. *Aquaculture.* 143:341–360 (in English).
34. Carbone, D., and C. Faggio. 2016. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Fish Shellfish Immunology.* 54:172–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.011> (in English).
35. Cha, J. H., S. Rahimnejad, S. Y. Yang, K. W. Kim, and K. J. Lee. 2013. Evaluations of *Bacillus* spp. as dietary additives on growth performance, innate immunity and disease resistance of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) against *Streptococcus iniae* and as water additives. *Aquaculture.* 402:50–57. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.03.030 (in English).
36. Chang, C. I., and W. Y. Liu. 2002. An evaluation of two probiotic bacterial strains, *Enterococcus faecium* SF68 and *Bacillus toyoi*, for reducing edwardsiellosis in cultured European eel (*Anguilla anguilla*). *J. Fish. Dis.* 25:311–315. DOI: 10.1046/j.1365-2761.2002.00365 (in English).
37. Capkin, E., I. Altinok. 2006. Effects of dietary probiotic supplementations on prevention/treatment of Yersiniosis disease. *J. Appl. Microbiol.* 106:1147–1153. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.04080 (in English).
38. Chabrillon, M., A. C. Ouwehand, P. Diaz-Rosales, S. Arijo, E. Martinez Manzanares, M. C. Balebona et al. 2006. Adhesion of lactic acid bacteria to mucus of farmed gilthead seabream, and interactions with fish pathogenic microorganisms. *B. Eur. Assoc. Fish. Pat.* 26:202–210 (in English).
39. Chi, C., B. Jiang, X. B. Yu, T. Q. Liu, L. Xia, and G. X. Wang. 2014. Effects of three strains of intestinal autochthonous bacteria and their extracellular products on the immune response and disease resistance of common carp, *Cyprinus carpio*. *Fish Shellfish Immun.* 36:9–18. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.10.003 (in English).
40. Cerf-Bensussan, N., V. Gaboriau-Routhiau. 2010. The immune system and the gut microbiota: friends or foes? *Nat. Rev. Immunol.* 10:735–744 (in English).
41. Daniel, Schar, Zhao Cheng, Wang Yu, and Larsson Joakim. 2021. Twenty-year trends in antimicrobial resistance from aquaculture and fisheries in Asia September. *Nature Communications.* 12:5384. DOI:10.1038/s41467-021-25655-8 (in English).
42. Doan H. V., S. H. Hoseinifar, E. Ringø, M. Á. Esteban, M. Dadar, M. Dawood, and C. Faggio. 2019. Host-associated probiotics: a key factor in sustainable aquaculture. *Reviews in Fisheries Science Aquaculture.* 28:16–42. DOI: 10.1080/23308249.2019.1643288 (in English).
43. Dahiya, T. P., R. Kant, R. C. Sihag. 2010. Use of probiotics as an alternative method of disease control in aquaculture. *The Biosphere.* 2:52–57 (in English).

44. D'Alvise, D. W., S. Lillebø, M. J. Prol-Garcia, H. I. Wergeland, K. F. Nielsen, Ø. Bergh, et al. 2012. *Phaeobacter gallaeciensis* reduces *Vibrio anguillarum* in cultures of microalgae and rotifers, and prevents vibriosis in cod larvae. *PLoS ONE*. 7(8):996. DOI: 10.1371/journal.pone.0043996 (in English).
45. De la Banda, I. G., C. Lobo, M. Chabrillon, J. M. Leon-Rubio, S. Arijo, G. Pazos, et al. 2012. Influence of dietary administration of a probiotic strain *Shewanella putrefaciens* on Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) growth, body composition and resistance to *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*. *Aquac. Res.* 43(5):662–669. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.02871 (in English).
46. Diaz-Rosales, P., S. Arijo, M. Chabrillon, F. J. Alarcón, S. T. Tapia-Paniagua, E. Martínez-Manzanares, et al. 2009. Effects of two closely related probiotics on respiratory burst activity of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup) phagocytes, and protection against *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*. *Aquaculture*. 293(1–2):16–21. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.03.050 (in English).
47. Eryalçın, K. M., S. Torrecillas, M. J. Caballero, C. M. Hernandez-Cruz, J. Sweetman, and M. Izquierdo. 2017. Effects of dietary mannan-oligosaccharides in early weaning diets on growth, survival, fatty acid composition and gut morphology of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae. *Aquaculture Research*. 48:5041–5052 (in English).
48. Gobeli, S., E. Goldschmidt-Clermont, J. Frey, and S. E. Burr. 2009. *Pseudomonas chlororaphis* strain JF3835 reduces mortality of juvenile perch, *Perca fluviatilis* L., caused by *Aeromonas sobria*. *J. Fish. Dis.* 32(7):597–602. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2009.01021 (in English).
49. Glenn, R., Marcel B. Gibson. 1995. Roberfroid Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. *The Journal of Nutrition*. 125:1401–1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401> (in English).
50. Gildberg, A., H. Mikkelsen, E. Sandaker, and E. Ringø. 1997. Probiotic effect of lactic acid bacteria in the feed on growth and survival of fry of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Hydrobiologia*. 352:279–285. DOI: 10.1023/A:1003052111938 (in English).
51. Gram, L., J. Melchiorson, B. Spanggaard, I. Huber, and T. F. Nielsen. 1999. Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* AH2, a possible probiotic treatment of fish. *Appl. Environ. Microb.* 65(3):969–973 (in English).
52. Giri, S. S., S. S. Sen, and V. Sukumaran. 2012. Effects of dietary supplementation of potential probiotic *Pseudomonas aeruginosa* VSG-2 on the innate immunity and disease resistance of tropical freshwater fish, *Labeo rohita*. *Fish Shellfish Immun.* 32:1135–1140. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.03.019 (in English).
53. François-Joël, Gatesoupe. 2005. Probiotics and prebiotics for fish culture, at the parting of the ways. *Aqua Feeds: Formulation & Beyond*. 2(3):3–5 (in English).
54. Harikrishnan, R., M. C. Kim, J. S. Kim, C. Balasundaran, and M. S. Heo. 2011. Protective effect of herbal and probiotics enriched diet on haematological and immunity status of *Oplegnathus fasciatus* (Temminck and Schlegel) against *Edwardsiella tarda*. *Fish. Shellfish Immun.* 30:886–893. DOI: 10.1016/j.fsi.2011.01.013 (in English).
55. Han, B., W. Q. Long, J. Y. He, Y. J. Liu, Y. Q. Si, and L. X. Tian. 2015. Effects of dietary *Bacillus licheniformis* on growth performance, immunological parameters, intestinal morphology and resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish Shellfish Immun.* 46(2):225–231. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.06.018 (in English).
56. Halasz, A., and R. Laszity. 1991. *Use of Yeast Biomass in Food Production*. Boca Raton : CRS Press, 352 (in English).
57. Heo, W. S., Y. R. Kim, E. Y. Kim, S. C. Bai, and I. S. Kong. 2013. Effects of dietary probiotic, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* I2, supplementation on the growth and immune response of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*. 376–379:20–24. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.11.009 (in English).

58. Hoseinifar, S. H., E. Ringø, A. Shenavar Masouleh, and M. Á. Esteban. 2016. Probiotic, prebiotic and symbiotic supplements in sturgeon aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*. 8:89–102 (in English).
59. Huang, J., Y. Wu, and S. Chi. 2014. Dietary supplementation of *Pediococcus pentosaceus* enhances innate immunity, physiological health and resistance to *Vibrio anguillarum* in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Fish Shellfish Immun.* 39:196–205. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.05.003 (in English).
60. Mette Hjelm, Bergh Øivind, Riaza Ana, Nielsen Janne, Melchiorson Jette, Jensen Sigmund, Duncan Hazel, Ahrens Peter, Birkbeck Harry, and Gram Lone. 2004. Selection and identification of autochthonous potential probiotic bacteria from turbot larvae (*Scophthalmus maximus*) rearing units. *Syst. Appl. Microbiol.* 27:360–371. DOI: 10.1078/0723-2020-00256 (in English).
61. Inês Guerreiro, Oliva-Teles Aires, and Enes Paula. 2017. Prebiotics as functional ingredients: focus on Mediterranean fish aquaculture. *Reviews in Aquaculture*. 10(4):800–832. <https://doi.org/10.1111/raq.12201> (in English).
62. Irianto, A., P. A. W. Robertson, and B. Austin. 2003. Oral administration of formalin-inactivated cells of *Aeromonas hydrophila* A3–51 controls infection by atypical *A. salmonicida* in goldfish, *Carassius auratus* (L.). *Journal of Fish Diseases*. 26(2):117–120 (in English).
63. Irianto, A., and B. Austin. 2002. Probiotics in aquaculture. *Fish Shellfish Immun.* 25:633–642 (in English).
64. Jeleel, Opeyemi Agboola, Overland Margareth, Skrede Anders, and Ovrum Hansen Jon. 2021. Yeast as major protein-rich ingredient in aquafeeds: a review of the implications for aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*. 13:949–970 <https://doi.org/10.1111/raq.12507> (in English).
65. Kumar, R., S. C. Mukherjee, K. Pani Prasad, and A. K. Pal. 2006. Evaluation of *Bacillus subtilis* as a probiotic to Indian major carp, *Labeorohita* (Ham). *Aquac. Res.* 37:1215–1221. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2006.01551 (in English).
66. Kim, D., B. R. Beck, S. B. Heo, J. Kim, H. B. Kim, S. M. Lee, Y. Kim, Young Oh So, Lee Kyungro, Ki Do Hyung, Hee Lee Kwan, H. Holzapfel Wilhelm, and Kyu Song Seong. 2013. *Lactococcus lactis* BFE920 activates the innate immune system of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), resulting in protection against *Streptococcus iniae* infection and enhancing feed efficiency and weight gain in large scale field-studies. *Fish Shellfish Immun.* 35(5):1585–1590. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.09.008 (in English).
67. Korkea-aho, T. L., J. Heikkinen, K. D. Thompson, A. Wright, B. Austin. 2011. *Pseudomonas* sp. M174 inhibits the fish pathogen *Flavobacterium psychrophilum*. *J. Appl. Microbiol.* 111(2):266–277. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2011.05044 (in English).
68. Luana, Langlois, Akhtar Nadeem, C. am Kam, Dixon Brian, and Reid Gregor. 2021. Fishing for the right probiotic: host–microbe interactions at the interface of effective aquaculture strategies. *FEMS Microbiology Reviews*. 45. fuab030. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuab030> (in English).
69. Llewellyn, M. S., S. Boutin, S. H. Hoseinifar, and N. Derome. 2014. Teleost microbiomes: the state of the art in their characterization, manipulation and importance in aquaculture and fisheries. *Front. Microbiol.* 5:207. DOI: 10.3389/fmicb.2014.00207 (in English).
70. Lee, J. S., H. Cheng, D. Damte, S. J. Lee, J. C. Kim, M. H. Rhee, et al. 2013. Effects of dietary supplementation of *Lactobacillus pentosus* PL11 on the growth performance, immune and antioxidant systems of Japanese eel *Anguilla japonica* challenged with *Edwardsiella tarda*. *Fish Shellfish Immun.* 34:756–761. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.11.028 (in English).
71. Liu, W., P. Ren, S. He, L. Xu, Y. Yang, Z. Gu, and Z. Zhou. 2013. Comparison of adhesive gut bacteria composition, immunity, and disease resistance in juvenile hybrid tilapia fed two different *Lactobacillus* strains. *Fish Shellfish Immun.* 35:54–62. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.04.010 (in English).
72. Liu, C. H., C. H. Chiu, S. W. Wang, and W. Cheng. 2012. Dietary administration of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, enhances the growth, innate immune responses, and disease

resistance of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Fish Shellfish Immun.* 33(4):699–706. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.06.012 (in English).

73. Laurent, Verschuere, Rombaut Geert, Sorgeloos Patrick, and Verstraete Willy. 2000. Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Journals Microbiology and Molecular Biology Reviews.* 64(4):655–671. DOI: <https://doi.org/10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000> (in English).

74. Lapena, D., G. Kosa, L. D. Hansen, L. T. Mydland, V. Passoth, S. J. Horn, G. H. Vincent and Eijsink. 2020. Production and characterization of yeasts grown on media composed of spruce-derived sugars and protein hydrolysates from chicken by-products. *Microbial Cell Factories.* 19:1–14. <https://doi.org/10.1186/s12934-12020-11287-12936> (in English).

75. Merrifield, D. L., A. Dimitroglou, A. Foey, S. J. Davies, R. T. Baker, J. Bøggwald, Castex Mathieu, Ringø Einar. 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture.* 302:1–18. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.02.007 (in English).

76. Mohapatra, S., T. Chakraborty, V. Kumar, G. De. Boeck, and K. N. Mohanta. 2012. Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 97(3):405–430 (in English).

77. Meena, D., P. Das, S. Kumar, S. Mandal, A. Prusty, S. Singh, et al. 2013. Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review). *Fish Physiology and Biochemistry.* 39:431–457 (in English).

78. Mohamed, T. El-Saadony, Alagawany Mahmoud, K. Patra Amlan, Kar Indrajit, Tiwari Ruchi, A. O. Mahmoud Dawood, Dhama Kuldeep, M. R. Hany, and Abdel-Latif. 2021. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Fish & Shellfish Immunology.* 117:36–52. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.07.007> (in English).

79. Mohammad, Jalil Zorriehzahra, Torabi Delshad Somayeh, Adel Milad, Tiwari Ruchi, K. Karthik, and Dhama Kuldeep. 2016. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review. *Veterinary Quarterly.* 36(4):228–241. <https://doi.org/10.1080/01652176.2016.1172132> (in English).

80. Narges, Soleimani, Hossein Hoseinifar Seyed, L. Merrifield Daniel, Barati Mohsen, and Hassan Abadi Zohreh. 2012. Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. *Fish & Shellfish Immunology.* 32(2):316–321. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.11.023> (in English).

81. Newaj-Fyzul, A., A. A. Adesiyun, A. Mutani, A. Ramsubhag, J. Brunt, and B. Austin. 2007. *Bacillus subtilis* AB1 controls *Aeromonas* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *J. Appl. Microb.* 103:1699–1706. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2007.03402 (in English).

82. Ng, W. K., Y. C. Kim, N. Romano, C. B. Koh, and S. Y. Yang. 2014. Effects of dietary probiotics on the growth and feeding efficiency of red hybrid Tilapia, *Oreochromis* sp., and subsequent resistance to *Streptococcus agalactiae*. *J. Appl. Aquac.* 26:22–31. DOI: 10.1080/10454438.2013.874961 (in English).

83. Nikoskelainen, S., S. Salminen, G. Bylund, and A. C. Ouwehand. 2001. Characterization of the properties of human and dairy derived probiotics for prevention of infectious diseases in fish. *Appl. Environ. Micro.* 67:2430–2435. DOI: 10.1128/AEM.67.6.2430-2435.2001 (in English).

84. Ninawe, A. S., and J. Selvin. 2009. Probiotics in shrimp aquaculture: Avenues and challenges probiotics in shrimp aquaculture. *Critical Reviews in Microbiology.* 35:43–66 (in English).

85. Pan, X., T. Wu, Z. Song, H. Tang, and Z. Zhao. 2008. Immune responses and enhanced disease resistance in Chinese drum, *Miichthys miiuy* (Basilewsky), after oral administration of live or dead cells of *Clostridium butyricum* CB2. *J. Fish. Dis.* 31(9):679–686. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2008.00955 (in English).

86. Pieters, N., J. Brunt, B. Austin, and A. R. Lyndon. 2008. Efficacy of in-feed probiotics against *Aeromonas bestiarum* and *Ichthyophthirius multifiliis* skin infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *J. Appl. Microb.* 105:723–732. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.03817 (in English).
87. Pirarat, N., T. Kobayashi, T. Katagiri, M. Maita, and M. Endo. 2006. Protective effects and mechanisms of a probiotic bacterium *Lactobacillus rhamnosus* against experimental *Edwardsiella tarda* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Vet. Immunol. Immunop.* 113:339–347. DOI: 10.1016/j.vetimm.2006.06.003 (in English).
88. Planas, M., M. Pérez-Lorenzo, M. Hjelm, L. Gram, I. U. Fiksdal, Ø. Bergh, and Pintado José. 2006. Probiotic effect in vivo of *Roseobacter* strain 27–4 against *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum* infections in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Aquaculture.* 255:323–333. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.039 (in English).
89. Quentel, C., F. J. Gatesoupe, J. Aubin, F. Lamour, A. Abiven, M. Baud, L. Labbé, and M. Forraz. 2005. Ofimer probiotic study on rainbow trout. I. Resistance against *Yersinia ruckeri* and humoral immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) submitted to probiotic treatment with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* / Howell, B., Flos, R. (Eds.). *Lessons from the Past to Optimise the Future*, Aquaculture Europe 2005, Trondheim, Norway, 5–9. EAS Special Publication 35:380–381 (in English).
90. Overland, M., A. Karlsson, L. T. Mydland, O. H. Romarheim, and A. Skrede. 2013. Evaluation of *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* yeasts as protein sources in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture.* 402–403:1–7 (in English).
91. Robertson, P. A. W., C. O'Dowd, C. Burrells, P. Williams, and B. Austin. 2000. Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture.* 185:235–243. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00349 (in English).
92. Raida, M. K., J. L. Larsen, M. E. Nielsen, K. Buchmann. 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. DOI: 10.1046/j.1365-2761.2003.00480 (in English).
93. Ran, C., A. Carrias, M. A. Williams, N. Capps, B. C. T. Dan. 2012. Identification of *Bacillus* strains for biological control of catfish pathogens. *PLoS ONE.* 7(9). DOI: 10.1371/journal.pone.0045793 (in English).
94. Rawling, M. D., N. Pontefract, A. Rodiles, I. Anagnostara, E. Leclercq, M. Schiavone et al. 2019. The effect of feeding a novel multistrain yeast fraction on European seabass (*Dicentrarchus labrax*) intestinal health and growth performance. *Journal of the World Aquaculture Society.* 50:1108–1122. DOI: 10.1111/jwas.12591 (in English).
95. Reza, Akrami, Iri Yousef, Khoshbavar Rostami Hosseinali, Razeghi Mansour Majid. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, *Lactobacillus* bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. *Fish & Shellfish Immunology.* 35:1235–1239 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.07.039> (in English).
96. Reyes-Becerril, M., D. Tovar-Ramírez, F. Ascensio-Valle, R. Civera-Cerecedo, V. Gracia-López, V. Barbosa-Solomieu, María Ángeles Esteban. 2011. Effects of dietary supplementation with probiotic live yeast *Debaryomyces hansenii* on the immune and antioxidant systems of leopard grouper *Mycteroperca rosacea* infected with *Aeromonas hydrophila*. *Aquac. Res.* 42:1676–1686. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02762 (in English).
97. Ringø, E. H., S. H. Van Doan, M. Lee, S. H. Soltani, R. Hoseinifar, and S. K. Harikrishnan Song. 2020. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. *Journal of Applied Microbiology.* 129:116–136. <https://doi.org/10.1111/jam.14628> (in English).

98. Rodríguez-Estrada, U., S. Satoh, Y. Haga, H. Fushimi, J. Sweetman. 2013. Effects of inactivated *Enterococcus faecalis* and mannan oligosaccharide and their combination on growth, immunity, and disease protection in rainbow trout. *North Am. J. Aquacult.* 75:416–428. DOI: 10.1080/15222055.2013.799620 (in English).
99. Safari, R., M. Adel, C. C. Lazado, C. M. Caipang, and M. Dadar. 2016. Host-derived probiotics *Enterococcus casseliflavus* improves resistance against *Streptococcus iniae* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) via immunomodulation. *Fish Shellfish Immun.* 52:198–205. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.03.020 (in English).
100. Sorroza, L., F. Real, F. Acosta, B. Acosta, S. Deniz, L. Roman, E. Aamri Fatima, and Padilla Daniel. 2013. A probiotic potential of *Enterococcus gallinarum* against *Vibrio anguillarum* infection. *Fish Pathol.* 48:9–12. DOI: 10.3147/jsfp.48.9 (in English).
101. Sorroza, L., D. Padilla, F. Acosta, L. Román, V. Grasso, J. Vega, F. Real. 2012. Characterization of the probiotic strain *Vagococcus fluvialis* in the protection of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) against vibriosis by *Vibrio anguillarum*. *Vet. Microbiol.* 155:369–373. DOI: 10.1016/j.vetmic.2011.09.013 (in English).
102. Seyed, Hossein Hoseinifar, Sun Yun-Zhang, Anran Wang, and Zhigang Zhou., 2018. Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture , a Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Frontiers in Microbiology.* 9:2429. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02429 (in English).
103. Seyed, Hossein Hoseinifar, Ángeles Esteban Maria, Cuesta Alberto, Yun-Zhang Sun. 2015. Prebiotics and Fish Immune Response: A Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture.* 23:315–328 (in English).
104. Selim, K. M., R. M. Reda. 2015. Improvement of immunity and disease resistance in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, by dietary supplementation with *Bacillus amyloliquefaciens*. *Fish Shellfish Immun.* 44:496–503. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.03.004 (in English).
105. Sharifuzzaman, S. M., A. Abbass, J. W. Tinsley, and B. Austin. 2011. Subcellular components of probiotics *Kocuria SM1* and *Rhodococcus SM2* induce protective immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) against *Vibrio anguillarum*. *Fish Shellfish Immun.* 30:347–353. DOI: 10.1016/j.fsi.2010.11.005 (in English).
106. Schar, D., E. Klein, R. Laxminarayan, M. Gilbert, and T. P. Van Boeckel. 2020. Global trends in antimicrobial use in aquaculture. *Sci. Rep.* 10 (in English).
107. Seong, Kyu Song, Ram Beck Bo, Kim Daniel, Park John, Kim Jungjoon, Duk Kima Einar and Ringø Hyun. 2014. Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology.* 40(1):40–48. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.06.016> (in English).
108. State of World Aquaculture 2020 and Regional Reviews : FAO Webinar Series. *FAO Aquaculture Newsletter.* Rome, 63:17–18 (in English).
109. Simon, Baumgärtner, James Jack, and Ellison Amy. 2022 The supplementation of a prebiotic improves the microbial community in the gut and the skin of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Reports.* 25. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101204> (in English).
110. Torrecillas, S., A. Makol, M. J. Caballero, D. Montero, A. K. S. Dhanasiri, J. M. Sweetman. 2012. Izquierdo. Effects on mortality and stress response in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), fed mannan oligosaccharides (MOS) after *Vibrio anguillarum* exposure. *Journal of Fish Diseases.* 35:591–602 (in English).
111. Torrecillas, S., D. Montero, M. Izquierdo. 2014. Improved health and growth of fish fed mannan-oligosaccharides: potential mode of action. *Fish and Shellfish Immunology.* 36:525–544 (in English).
112. François-Joël, Gatesoupe. 2005. Probiotics and prebiotics for fish culture, at the parting of the ways. *Aqua Feeds: Formulation & Beyond.* 2(3):3–5 (in English).
113. Vendrell, D., J. L. Balcazar, I. D. Blas, I. Ruiz-Zzarzuela, O. Girones, and J. L. Muzquiz. 2008. Protection of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from lactococcosis by probiotic bacteria. *Comp. Immunol. Microb.* 31:337–345. DOI: 10.1016/j.cimid.2007.04.002 (in English).

114. Vidakovic, A., D. Huyben, H. Sundh, A. Nyman, J. Vielma, V. Passoth, A. Kiessling, and T. Lundh . 2020. Growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed graded levels of the yeasts *Saccharomyces cerevisiae* and *Wickerhamomyces anomalus*. *Aquaculture Nutrition*. 26:275–286 (in English).
115. Vinoj, G., R. Jayakumar, J. C. Chen, B. Withyachumnarnkul, S. Shanthi, and B. Vaseeharan 2015. N-hexanoyl-L-homoserine lactonedegrading *Pseudomonas aeruginosa* PsDAHP1 protects zebrafish against *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Fish Shellfish Immun.* 42:204–212. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.10.033 (in English).
116. Volman, J. J., J. D. Ramakers, and J. Plat. 2008. Dietary modulation of immune function by β -glucans. *Physiology Behavior* 94(2):276–84. DOI: 10.1016/j.physbeh.2007.11.045 (in English).
117. Verschuere, Laurent, Rombaut Geert, Sorgeloos Patrick, and Verstraete Willy. 2000. Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64(4):655–671. DOI: 10.1128/mmbr.64.4.655-671.2000 (in English).
118. Waleed, S. Soliman, Raafat M. Shaapan, Laila A. Mohamed, Samira S. R. Gayed. 2019. Recent biocontrol measures for fish bacterial diseases, in particular to probiotics, bio-encapsulated vaccines, and phage therapy. *Open Vet. J.* 9(3):190–195. DOI: 10.4314/ovj.v9i3.2. Epub 2019 Jul 20 (in English).
119. Wu, Z., C. Jiang, F. Ling, and G. X. Wang. 2015. Effects of dietary supplementation of intestinal autochthonous bacteria on the innate immunity and disease resistance of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture*. 438:105–114. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.12.041 (in English).

Одержано редколегією 02.07.2022 р.
Прийнято до друку 25.11.2022 р.