FEEDS AND FEEDING / КОРМИ ТА ГОДІВЛЯ

Fisheries Science of Ukraine, 2026; 3(77): 134-151
DOI: https://doi.org/10.61976/fsu2026.03.134
UDC [639.371.2:597-111]:639.3.043.2

Received: 27.07.2026
Received in revised form: 24.08.2026
Published: 30.09.2026

ANTIOXIDANT RESPONSES AND GROWTH POTENTIAL OF JUVENILE RUSSIAN STURGEON (*ACIPENSER GUELDENSTAEDTII* BRANDT & RATZEBURG, 1833) UNDER THE EFFECT OF AN EXPERIMENTAL SYNBIOTIC

O. Bernakevych, frishtakolena@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-9144-8534, Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Velykyj Lubin
K. Solopova, khrystyna.solopova@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-9772-7745, Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Velykyj Lubin
M. Koryliak, stasiv8@gmail.com, ORCID ID 0000-0001-8235-5400, Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Velykyj Lubin
O. Dobrianska, olya_dobryanska@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-7238-5059, Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Velykyj Lubin

***Purpose**. To assess the effect of an experimental synbiotic supplement added to live feeds on the growth, survival, and antioxidant responses of the Russian sturgeon (Acipenser gueldanstaedtii Brandt & Ratzeburg, 1833).*

***Methodology**. The study was conducted on juvenile Russian sturgeon divided into two*

АНТИОКСИДАНТНІ РЕАКЦІЇ ТА РОСТОВИЙ ПОТЕНЦІАЛ МОЛОДІ РУСЬКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER GUELDENSTAEDTII* BRANDT & RATZEBURG, 1833) ЗА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СИНБІОТИКА

О. М. Бернакевич, frishtakolena@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-9144-8534, Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України, смт Великий Любінь
Х. Я. Солопова, khrystyna.solopova@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-9772-7745, Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України, смт Великий Любінь
М. З. Кориляк, stasiv8@gmail.com, ORCID ID 0000-0001-8235-5400, Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України, смт Великий Любінь
О. П. Добрянська, olya_dobryanska@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-7238-5059, Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України, смт Великий Любінь

***Мета.** Оцінити вплив експериментальної синбіотичної добавки, якою збагачували живі корми, на ріст, виживаність та антиоксидантні реакції руського осетра (Acipenser gueldanstaedtii Brandt & Ratzeburg, 1833).*

***Методика.** Дослідження проводили на*

© The Author(s). Open access. CC BY 4.0
How to cite this article: Bernakevych, O., Solopova, K., Koryliak, M., & Dobrianska O. (2026). Antioxidant responses and growth potential of juvenile Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833) under the effect of an experimental synbiotic. *Fisheries Science of Ukraine*, *3*, 134-151. https://doi.org/10.61976/fsu2026.03.134

experimental groups and one control group. For 21 days, the fish were fed with Artemia salina nauplii enriched with an experimental synbiotic supplement at concentrations of 15 mg/dm³ and 45 mg/dm³ of the enrichment solution. The growth rate and survival of the juveniles were assessed. After its completion, the activity of antioxidant enzymes (catalase and superoxide dismutase) and the intensity of lipid peroxidation (content of diene conjugates and TBA-active products) were determined in tissue homogenates. The fish growing conditions met the standard values for recirculating aquaculture systems.

***Findings**. Enriching Artemia salina with an experimental synbiotic supplement for 21 days increased survival and dose-dependently inhibited lipid peroxidation processes in juvenile Russian sturgeon. A lower concentration (15 mg/dm³ of enrichment solution) blocked the formation of primary LPO products, reducing the content of diene conjugates by 48.8% (p<0.05), which ensured maximum growth without additional energy expenditure for the activation of the antioxidant system. Increasing the concentration to 45 mg/dm³ of the enrichment solution significantly reduced the content of TBA-reactive products by 57% due to compensatory activation of catalase by 91.9% (p<0.05), making it suitable for use under conditions of increased risk of oxidative stress.*

***Originality**. This study is the first to evaluate the effect of a new experimental synbiotic on growth parameters, survival rates, and antioxidant status in juvenile Russian sturgeon.*

***Practical Value**. The results of this study can serve as a basis for improving technologies for rearing sturgeon juveniles in aquaculture systems, which will help increase their viability and reduce fish mortality during the early stages of development.*

***Keywords**: sturgeons (Acipenseridae), dietary supplements, sturgeon farming, aquaculture, antioxidant defense system, recirculating aquaculture systems (RAS), growth rate.*

молоді руського осетра, яка була розділена на дві дослідні та одну контрольну групи. Впродовж 21 доби риб годували наупліями Artemia salina, збагаченими експериментальною синбіотичною добавкою у концентрації 15 та 45 мг/дм³ збагачувального розчину. Під час експерименту оцінювали темп росту та виживаність молоді. Після його завершення у тканинному гомогенаті визначали активність антиоксидантних ферментів (каталази та супероксиддисмутази) й інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів (вміст дієнових кон'югатів та ТБК-активних продуктів). Умови вирощування риб відповідали нормативним значенням для рециркуляційних аквакультурних систем.

***Результати.** Встановлено, що збагачення Artemia salina експериментальною синбіотичною добавкою впродовж 21 доби підвищує виживаність та дозозалежно пригнічує процеси ПОЛ у молоді руського осетра. Нижча концентрація (15 мг/дм³ збагачувального розчину) блокує утворення первинних продуктів ПОЛ, знижуючи вміст дієнових кон'югатів на 48,8% (p<0,05), що забезпечує максимальний ріст без додаткових енерговитрат на активацію антиоксидантної системи. Збільшення вмісту до 45 мг/дм³ збагачувального розчину достовірно знижує вміст ТБК-активних продуктів на 57% за рахунок компенсаторної активації каталази на 91,9% (p<0,05), що робить вказану концентрацію доцільною для застосування в умовах підвищеного ризику виникнення оксидативного стресу.*

***Наукова новизна.** Вперше досліджено вплив експериментальної синбіотичної добавки на ріст, виживаність та антиоксидантні реакції руського осетра.*

***Практична значущість.** Результати роботи можуть бути підґрунтям для вдосконалення технологій підрощування молоді осетрових в РАС, що дозволить підвищити її життєздатність та зменшити відхід риби на ранніх етапах розвитку.*

***Ключові слова:** осетрові (Acipenseridae), біологічно активні добавки, осетрівництво, аквакультура, система антиоксидантного захисту, рециркуляційні аквакультурні системи (РАС), темп росту.*

PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

Sturgeon aquaculture in Ukraine is one of the most dynamic and high-tech areas of modern fish farming. Its development is extremely important, both from an economic point of view and for maintaining food security and implementing environmental protection programs, in particular for the restoration of natural populations. According to the State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs, over 80% of domestic sturgeon farming is concentrated in recirculating aquaculture systems (RAS) [1]. However, intensive breeding of sturgeon species in such conditions is often associated with the following risks: disease outbreaks, digestive tract dysfunction, reduced digestibility of feed nutrients, and suppression of the body's general nonspecific resistance [2–4].

One of the key factors determining the economic efficiency of sturgeon farming is ensuring a high level of survival of fish juveniles in the early stages of ontogenesis. It is during this period that the greatest technological loss was observed, caused by adaptation to exogenous nutrition, high intensity of metabolic processes and sensitivity to growing conditions [5–7].

It is known that the morpho-functional development of the digestive and immune systems of sturgeons in the early stages of development occurs gradually. During this period, the own enzymatic system of juvenile Russian sturgeon is not yet able to ensure full hydrolysis of complex feed components, and the primary intestinal microbiota is unstable and sensitive to the influence of any external factors [8, 9]. Therefore, disruption of the processes of development of normal microbiocenosis of the digestive tract can lead to metabolic disorders, the development of oxidative

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аквакультура осетрових видів риб в Україні є одним із найбільш динамічних і високотехнологічних напрямів сучасного рибництва. Її розвиток є надзвичайно важливим як з економічної точки зору, так і для підтримання продовольчої безпеки та виконання природоохоронних програм, зокрема з відновлення природних популяцій. За даними Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм, понад 80% обсягів вітчизняного осетрівництва зосереджено в рециркуляційних аквакультурних системах (RAS) [1]. Однак, інтенсивне розведення осетрових видів риб в таких умовах часто пов'язане з ризиками виникнення спалахів захворювань, порушення функцій травного тракту, зниження засвоюваності поживних речовин корму та пригнічення загальної неспецифічної резистентності організму [2–4].

Одним із ключових чинників, що визначають економічну ефективність осетрівництва є забезпечення високого рівня збереженості молоді на ранніх етапах онтогенезу. Саме в цей період спостерігається найбільший технологічний відхід, спричинений адаптацією до екзогенного живлення, високою інтенсивністю обмінних процесів та чутливістю до умов вирощування [5–7].

Відомо, що морфофункціональне становлення травної та імунної систем осетрових на ранніх етапах розвитку відбувається поступово. У цей період власна ферментативна система молоді руського осетра ще не здатна забезпечити повноцінний гідроліз складних компонентів комбікормів, а первинна мікробіота кишечника є нестабільною та чутливою до впливу будь-яких зовнішніх чинників [8, 9]. Тому, порушен-

stress and a decrease in fish viability [9, 10].

An effective tool for overcoming these problems in aquaculture is the use of synbiotic preparations – synergistic combinations of probiotic strains of microorganisms and prebiotic substrates. The introduction of synbiotics into the diet helps optimizing the condition of the digestive tract, increases the absorption rate of nutrients, stimulates the immune response and reduces stress. This allows for increased growth rates, improved survival, and minimized need for preventive and therapeutic treatments [10–13].

In the world scientific practice of the last decade, considerable attention has been paid to assessing the effectiveness of synbiotic supplements. Experimental studies on sturgeons, in particular beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758) and Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869), have shown that the combination of probiotic cultures with prebiotic oligosaccharides (fructooligosaccharides, mannan-oligosaccharides, inulin) or β-glucans activates the secretion of digestive enzymes, improves feed conversion and increases survival [14, 15].

Along with growth indicators, significant attention is paid to studying the effect of synbiotic supplements on the immunophysiological and antioxidant status of sturgeon. In particular, the use of synbiotic supplements contributes to the formation of optimal microbiota of the digestive tract, inhibits the development of opportunistic microorganisms and increases the overall antioxidant potential of the organism [16].

At the same time, most of the available work highlights the results of using synbiotics in the later stages of cultivation. The influence of such experimental complexes on the antioxidant defense system and growth potential of Russian sturgeon juveniles during the most critical period of early ontogenesis remains only fragmentarily

ня процесів формування нормального мікробіоценозу травного тракту може призводити до метаболічних розладів, розвитку оксидативного стресу та зниження життєздатності риб [9, 10].

Ефективним інструментом подолання зазначених проблем в аквакультурі є застосування синбіотичних препаратів — синергетичних комбінацій пробіотичних штамів мікроорганізмів та пребіотичних субстратів. Введення синбіотиків до складу раціону сприяє оптимізації стану травного тракту, підвищенню коефіцієнта засвоєння поживних речовин, стимуляції імунної відповіді та зниженню стресового навантаження. Це дозволяє збільшити темпи росту, підвищити виживаність та мінімізувати потребу у застосуванні профілактично-лікувальних засобів [10–13].

У світовій науковій практиці останнього десятиліття приділяється значна увага оцінці ефективності синбіотичних добавок. В експериментальних дослідженнях на осетрових, зокрема білузі (*Huso huso* Linnaeus, 1758) та сибірському осетрі (*Acipenser baerii* Brandt, 1869), доведено, що поєднання пробіотичних культур із пребіотичними олігосахаридами (фруктоолігосахаридами, манаоолігосахаридами, інуліном) або β-глюканами активує секрецію травних ферментів, покращує конверсію корму та підвищує виживаність [14, 15].

Поряд із ростовими показниками, суттєва увага приділяється вивченню впливу синбіотичних добавок на імунофізіологічний та антиоксидантний статус осетрових. Зокрема, використання синбіотичних добавок сприяє формуванню оптимальної мікробіоти травного тракту, пригнічує розвиток умовно-патогенних мікроорганізмів та підвищує загальний антиоксидантний потенціал організму [16].

Водночас, більшість наявних праць висвітлюють результати застосування

studied, which determines the relevance of this study.

HIGHLIGHT OF THE EARLIER UNRESOLVED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM. AIM OF THE STUDY

Currently, studies on the use of synbiotics in aquaculture in Ukraine remain limited [17, 18]. Most modern scientific works are devoted to studying the effectiveness of monocomponent use of prebiotics or probiotics, mainly in carp and trout farming [19, 20]. Regarding sturgeon farming, the available publications mostly highlight the results of using purely probiotic strains [21–24]. Experimental studies of synbiotic preparations in domestic fish farming are rare, and their effect on growth, survival, and physiological and biochemical state of sturgeon fish juveniles has not been studied sufficiently.

According to FAO (Food and Agriculture Organization), the use of functional feed additives, in particular synbiotics, is considered one of the most promising areas for increasing the profitability of aquaculture and reducing the industry's dependence on antibacterial drugs [25].

In this context, an experimental synbiotic supplement developed to optimize productivity, maintain intestinal barrier function, and increase stress resistance of sturgeons under conditions of intensive cultivation in RAS systems is promising. The biologically active base of the supplement contains dry concentrated cultures of lactic acid bacteria, *Bacillus* spp. and probiotic yeast, the action of which is aimed at suppressing opportunistic microbiota,

синбіотиків на пізніх етапах вирощування. Вплив подібних експериментальних комплексів на систему антиоксидантного захисту та ростовий потенціал молоді руського осетра у найкритичніший період раннього онтогенезу залишається вивченим лише фрагментарно, що й зумовлює актуальність даного дослідження.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

На даний час дослідження щодо застосування синбіотичних препаратів в аквакультурі України залишаються обмеженими [17, 18]. Більшість сучасних наукових праць присвячені вивченню ефективності монокомпонентного використання пребіотиків або пробіотиків переважно у коропівництві та форелівництві [19, 20]. Щодо осетрівництва, то наявні публікації здебільшого висвітлюють результати застосування суто пробіотичних штамів [21–24]. Експериментальні дослідження синбіотичних препаратів у вітчизняному рибництві мають поодинокий характер, а вплив останніх на ріст, виживаність і фізіологічний та біохімічний стан молоді осетрових риб вивчений недостатньо.

За даними FAO (Food and Agriculture Organization), застосування функціональних кормових добавок, зокрема синбіотиків, розглядається як один із найперспективніших напрямів підвищення рентабельності аквакультури та зменшення залежності галузі від антибактеріальних препаратів [25].

У цьому контексті перспективною є експериментальна синбіотична добавка, розроблена для оптимізації продуктивності, підтримання бар'єрної функції кишечника та підвищення стресостійкості осетрових риб за умов інтенсивного культивування в системах РАС. Біологічно активна основа добав-

normalizing the intestinal microbiocenosis and stimulating the activity of digestive enzymes. Yeast cell walls were used as a prebiotic component – a source of functional polysaccharides (β-glucans and mannan-oligosaccharides), which serve as a selective substrate for beneficial microbiota, exhibit an immunomodulatory effect and reduce the level of lipid peroxidation.

Since the specified drug is at the stage of experimental testing, and its component composition indicates a high potential for sturgeon farming, there is a justified need for a comprehensive assessment of its impact on the physiological and biochemical state and antioxidant protection of the fish body.

In view of this, the aim of the work was to assess the effect of an experimental synbiotic supplement on the growth potential, survival and antioxidant status of Russian sturgeon juveniles at the early stages of ontogenesis under conditions of cultivation in RAS.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at the Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the NAAS in a recirculating aquaculture system with optimal sturgeon maintenance parameters and compliance with generally accepted methods of conducting experiments in fish farming [26, 27].

The object of the study was the larvae of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833) at the 44th-45th stages of postembryonic ontogenesis (according to Detlaff et al., 1981), which corresponded

ки містить сухі концентровані культури молочнокислих бактерій, *Bacillus* spp. та пробіотичних дріжджів, дія яких спрямована на пригнічення умовно-патогенної мікробіоти, нормалізацію мікробіоценозу кишечника та стимуляцію активності травних ферментів. Як пребіотичний компонент використано клітинні стінки дріжджів — джерело функціональних полісахаридів (β-глюканів та мананоолігосахаридів), які слугують селективним субстратом для корисної мікробіоти, проявляють імуномодулювальний ефект та знижують рівень пероксидного окиснення ліпідів.

Оскільки зазначений препарат перебуває на стадії експериментальної апробації, а його компонентний склад свідчить про високий потенціал для осетрівництва, виникає обґрунтована потреба в комплексній оцінці його впливу на фізіологічний та біохімічний стан й антиоксидантний захист організму риб.

З огляду на це, метою роботи була оцінка впливу експериментальної синбіотичної добавки на ростовий потенціал, виживаність та антиоксидантний статус молоді руського осетра на ранніх стадіях онтогенезу за умов вирощування в РАС.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проведено на базі Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства НААН у рециркуляційній аквакультурній системі із забезпеченням оптимальних параметрів утримання осетрів та дотриманням загальноприйнятих методик проведення експериментів у рибництві [26, 27].

Об’єктом дослідження були личинки руського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833) на 44–45-й стадіях постембріонального онтогенезу (за Детлаф та ін., 1981), які відповідали фазі остаточної

to the phase of final yolk resorption and transition to active exogenous nutrition. Sturgeons at the juvenile stages of development were fed with brine shrimp (*Artemia salina*) nauplii, which were at the first and second stages of development. Experimental group No. 1 consumed Artemia nauplii, which were enriched in the experimental substrate for 3–4 hours at the rate of 15 mg/dm³ of enrichment solution. Experimental group No. 2 consumed Artemia, which was enriched similarly, at the rate of 45 mg/dm³ of enrichment solution. The control group consumed brine shrimp without the synbiotic supplement. The duration of the experiment was 21 days. Weighing and assessment of the average weight of fish were carried out on a sample of 10 fish from each group to minimize injury and stress.

The experimental synbiotic drug under study is a development of the Enzym Group R&D center (PrJSC "Enzym Company"). The synbiotic includes two species of *Lactobacillus*, two strains of *Bacillus*, the probiotic yeast *Saccharomyces boulardii*, and yeast cell walls.

During the experiment, the specific growth rate (SGR) was determined both for individual control intervals and for the entire growing period, as well as the survival rate (SR) according to the formulas below:

$$SGR = \frac{(\ln Wt - \ln Wo)}{t} \times 100,$$

where SGR – specific growth rate (%/days);

Wt – final weight at the end of the recording interval or experiment (g);

Wo – initial weight at the beginning of the accounting period or experiment (g);

t – duration of the accounting interval or experiment (days).

резорбції жовтка та переходу на активне екзогенне живлення. Годівлю осетрів на ювенальних стадіях розвитку проводили наупліями артемії (*Artemia salina*), які знаходились на першій та другій стадіях розвитку. Дослідна група № 1 споживала науплії артемії, які збагачувались у дослідному субстраті впродовж 3–4 год із розрахунку 15 мг/дм³ збагачувального розчину. Дослідна група № 2 споживала артемію, яка збагачувалась аналогічно, з розрахунку 45 мг/дм³ збагачувального розчину. Контрольна група споживала артемію без синбіотичної добавки. Тривалість експерименту — 21 доба. Зважування та оцінку середньої маси риб проводили на вибірці по 10 екз. риб з кожної групи для мінімізації травмування та стресового навантаження.

Досліджуваний експериментальний синбіотичний препарат є розробкою «R&D-центр Enzym Group» (ПрАТ «Компанія «Ензим»»). До складу синбіотика входить два види *Lactobacillus,* два штами *Bacillus,* пробіотичні дріжджі *Saccharomyces boulardii* та клітинні стінки дріжджів.

У процесі проведення експерименту визначали питому швидкість росту (SGR — Specific Growth Rate) як для окремих контрольних інтервалів, так і за весь період вирощування, а також виживаність (SR — Survival Rate) за нижченаведеними формулами:

$$SGR = \frac{(\ln Wt - \ln Wo)}{t} \times 100,$$

де SGR — питома швидкість росту (%/добу);

Wt — кінцева маса наприкінці облікового інтервалу або експерименту (г);

Wo — початкова маса на початку облікового періоду або експерименту (г);

t — тривалість облікового інтервалу або експерименту (діб).

$$SR = \frac{Nt}{No} \times 100,$$

where SR – survival (%);

Nt – final number of fish (ind.);

No – initial number of fish (ind.).

After the experiment was completed, the fish were euthanized by decapitation in compliance with bioethical standards and subsequent freezing of the carcasses.

Biochemical analysis was performed in tissue homogenate of whole sturgeon carcasses. The activity of antioxidant enzymes: SOD and catalase, as well as the content of diene conjugates and TBA-active products were determined.

The state of the antioxidant system was assessed by superoxide dismutase activity, which was determined by the degree of inhibition of nitrotetrazolium blue reduction in the phenazinemetasulfate-NADH system (Dubinina, 1983) and catalase activity, which was investigated by the reaction of hydrogen peroxide residue with ammonium molybdate (Korolyuk, 1988). The intensity of lipid peroxidation processes was analyzed by the content of diene conjugates in the heptaneisopropanol extract (Stalna, 1977) and the concentration of TBA-active products in the reaction with thiobarbituric acid (Korobeynikova, 1989). The determination of the indicated parameters in the biological material of fish was carried out according to the specified methods, which are described in the reference book [28]. Protein content was determined by the Bradford method [29].

All experimental studies and manipulations with sturgeon fish were carried out in accordance with the Law of Ukraine "On the Protection of Animals from Cruelty" (No. 4921-IX of 06/30/2026) and the "Procedure for Conducting Experiments and Experiments on Animals by Scientific Institutions" (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 249 of 03/01/2012), as well as in compliance with

$$SR = \frac{Nt}{No} \times 100,$$

де SR — виживаність (%);

Nt — кінцева кількість риб (екз.);

No — початкова кількість риб (екз.).

Після завершення досліду риб піддавали евтаназії шляхом декапітації з дотриманням норм біоетики та подальшим заморожуванням тушок.

Біохімічний аналіз здійснювали у тканинному гомогенаті цілих тушок осетра. Визначали активність антиоксидантних ензимів: СОД та каталази, а також вміст дієнових кон'югатів та ТБК-активних продуктів.

Стан антиоксидантної системи оцінювали за супероксиддисмутазною активністю, яку визначали за ступенем пригнічення відновлення нітротетразолію синього в системі феназинметасульфат-НАДН (Дубиніна, 1983) та каталазною активністю, яку досліджували за реакцією залишку пероксиду водню з молібдатом амонію (Королюк, 1988). Інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів аналізували за вмістом дієнових кон'югатів у гептанізопропанольному екстракті (Стальна, 1977) та концентрацією ТБК-активних продуктів у реакції з тіобарбітуровою кислотою (Коробейникова, 1989). Визначення вказаних показників у біологічному матеріалі риб проводили згідно із зазначеними методиками, які описані у довіднику [28]. Визначення вмісту білка проводили за методом Бредфорда [29].

Усі експериментальні дослідження та маніпуляції з осетровими рибами проводили відповідно до Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 4921-IX від 30.06.2026) та «Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах» (Наказ МОН України № 249 від 01.03.2012), а також із дотриманням

the main provisions of Directive 2010/63/EU and Commission Delegated Directive (EU) 2024/1262.

Statistical processing of experimental data was carried out in a software environment developed by the Free Software Foundation (FSF, USA) using variational statistics methods. To assess intergroup differences, one-way ANOVA was used followed by Tukey's post-hoc test (Tukey HSD). The normality of the data distribution was determined using the Shapiro-Wilk test. Results are presented as M±m, statistical significance was established at $p<0.05$. To optimize the work, the initial search for literature sources and their systematization, an artificial intelligence tool was used – a large language model Gemini 3.5 Flash (Google). All search results and bibliographic data obtained were additionally manually checked by the authors for their accuracy, authenticity, and relevance to the research content.

основних положень Директиви 2010/63/ЄС та Делегованої директиви Комісії (ЄС) 2024/1262.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали у програмному середовищі, розробленому «Free Software Foundation» («FSF», США) із застосуванням методів варіаційної статистики. Для оцінки міжгрупових відмінностей застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (One-Way ANOVA) з подальшим пост-хок-тестом Тьюкі (Tukey HSD). Нормальність розподілу даних визначали за допомогою критерію Шапіро —Уілка (Shapiro-Wilk test). Результати представлені у вигляді M±m, статистичну значущість встановлювали при $p<0,05$. Для оптимізації роботи, первинного пошуку літературних джерел та їх систематизації було застосовано інструмент штучного інтелекту — велику мовну модель «Gemini 3.5 Flash» («Google»). Усі одержані результати пошуку та бібліографічні дані були додатково перевірені авторами вручну щодо їх точності, автентичності та відповідності змісту досліджень.

STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The conducted studies on the productive and biological parameters of sturgeon juveniles showed that adding a multifunctional synbiotic supplement to the diet during 21 days of exogenous feeding had a stimulating effect on growth processes. At the end of the experiment, the average weight of fish in experimental group No. 1 and experimental group No. 2 exceeded that of the control group by 19.2% and 38.0%, respectively (Fig. 1).

Analysis of the dynamics of the specific growth rate of Russian sturgeon juveniles during the control observation periods (7, 14, and 21 days) demonstrated a pronounced dependence of the intensity of growth processes on the composition and

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті проведених досліджень рибницько-біологічних показників молоді осетрів було виявлено, що додавання до раціону багатофункціональної синбіотичної добавки впродовж 21 доби екзогенного живлення мало стимулювальний ефект на ростові процеси. Наприкінці експерименту середня маса риб у дослідній групі № 1 та дослідній групі № 2 перевищувала значення контрольної групи на 19,2 та 38,0% відповідно (рис. 1).

Аналіз динаміки питомої швидкості росту молоді руського осетра за контрольні періоди спостереження (7, 14 та 21 доба) демонструє виражену залежність інтенсивності ростових процесів

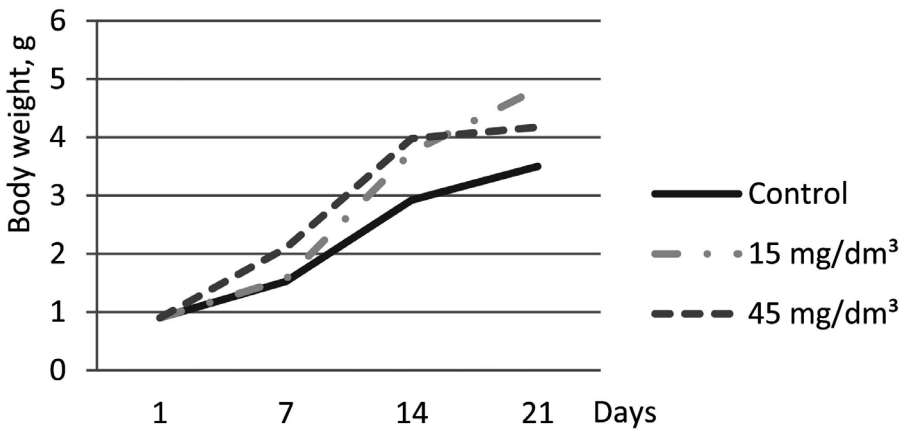


Fig. 1. **Dynamics of body weight of Russian sturgeon when an experimental synbiotic supplement was added to their diet, g (n=10)**

dosage of the experimental synbiotic supplement (Fig. 2).

Throughout the experiment, the highest and most stable SGR values were observed in experimental group No. 1. At the first stage (7th day), the specific growth rate of fish in this group was 7.92%/day, slightly exceeding the control values (7.54%/day). In the period from 7 to 14 days, group No. 1 showed a maximum surge in growth activity, and SGR reached its peak value of 12.47%/day (versus 9.28%/day in the control). At the final stage (14–21 days), despite the physiologically natural decrease in growth rate as body weight increases, in experimental group No. 1 the studied

від складу та дозування експериментальної синбіотичної добавки (рис. 2).

Упродовж всього експерименту найвищі та найбільш стабільні показники SGR спостерігались у дослідній групі № 1. На першому етапі (7-ма доба) питома швидкість росту риб цієї групи становила 7,92%/добу, дещо перевищуючи контрольні значення (7,54%/добу). У період з 7 по 14 добу в групі № 1 відзначався максимальний сплеск ростової активності, а SGR досяг свого пікового значення — 12,47%/добу (проти 9,28%/добу у контролі). На завершальному етапі (14–21 доба), попри фізіологічно закономірне зниження темпу росту в міру

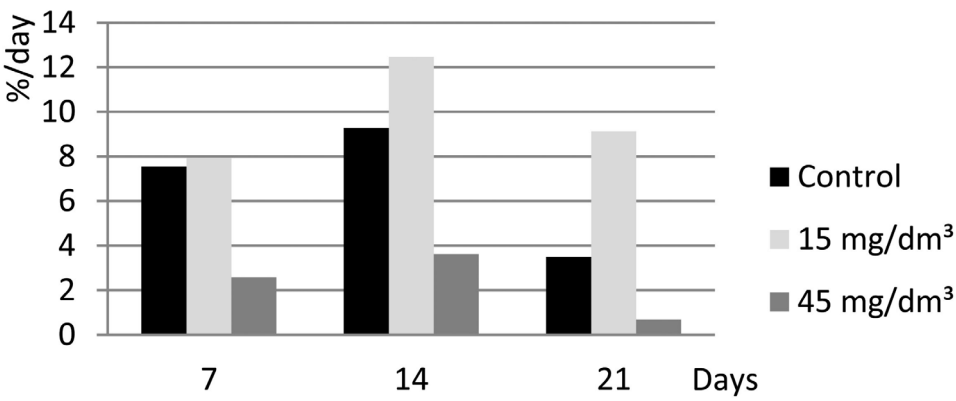


Fig. 2. **Dynamics of the specific growth rate (SGR) of Russian sturgeon fed a diet supplemented with the experimental synbiotic (%/day)**

parameter was maintained at a high level – 9.12%/day, which exceeded the control value by 2.6 times. In total, for 21 days of observation, the average specific growth rate in experimental group No. 1 was 9.48%/day versus 6.77%/day in the control.

At the same time, unstable dynamics of specific growth rate were observed in experimental group No. 2. After intensive weight gain in the first week of the experiment, the specific growth rate of this group was 2.58%/day on the 7th day and 3.62%/day on the 14th day, decreasing to 0.68%/day at the end of the experiment. The average rate for the experimental period was 2.29%/day.

The obtained results indicated that enrichment of *Artemia salina* with a synbiotic supplement in the dosage of experimental group No. 1 provided a prolonged stimulating effect on the growth processes of sturgeon juvenles, maintaining a high intensity of nutrient absorption during the stage of early ontogenesis.

Along with the positive effect on growth intensity, the use of a synbiotic supplement significantly increased the survival rates of Russian sturgeon (Fig. 3).

The cumulative survival rates were higher in experimental group No. 2 and amounted to 95.83% for 21 days of the experiment. In experimental group No. 1, this value was at the level of 94.14%,

збільшення маси тіла, у дослідній групі № 1 досліджуваний показник утримувався на високому рівні — 9,12%/добу, що перевищувало контрольний показник у 2,6 раза. Загалом, на 21 добу спостереження середня питома швидкість росту в дослідній групі № 1 становила 9,48%/добу проти 6,77%/добу у контролі.

При цьому у дослідній групі № 2 спостерігалась нестабільна динаміка питомої швидкості росту. Після інтенсивного набору маси на першому тижні досліду, інтервальні показники питомої швидкості росту цієї групи становили 2,58%/добу на 7-му добу та 3,62%/добу на 14-ту добу, знизившись наприкінці експерименту до 0,68%/добу. Середній показник за період експерименту становив 2,29%/добу.

Отримані результати досліджень свідчать, що збагачення *Artemia salina* синбіотичною добавкою у дозуванні дослідної групи № 1 забезпечує пролонгований стимулювальний ефект на ростові процеси молоді осетра, підтримуючи високу інтенсивність засвоєння поживних речовин упродовж етапу раннього онтогенезу.

Поряд із позитивним впливом на інтенсивність росту, застосування синбіотичної добавки суттєво підвищувало й показники виживаності руського осетра (рис. 3).

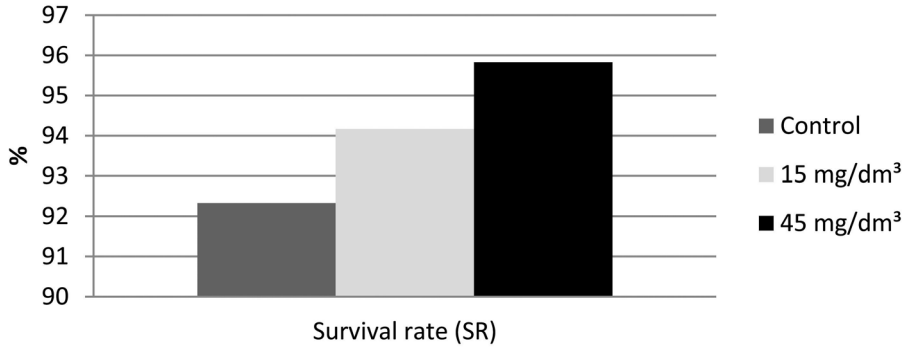


Fig. 3. **Survival rate (SR) of Russian sturgeon larvae fed Artemia enriched with a synbiotic supplement (%)**

while in the control group it was 92.33%. The obtained data indicated an increase in the viability of fry under the effect of the experimental synbiotic supplement, which was probably associated with an improvement in the functional state of the digestive system, optimization of nutrient absorption processes, and increased nonspecific resistance of the organism.

The 21-day experiment showed that adding a lower dose of synbiotic supplement in experimental group No. 1 was the most effective. It provided stable dynamics and the highest average specific growth rate (SGR 9.58%/day), which allowed achieving the maximum final weight of individuals (4.830 g).

The activity of antioxidant defense enzymes serves as a sensitive biochemical marker of the physiological state of fish. Changes in their catalytic ability reflect the level of stress caused by adaptation to intensive cultivation conditions, possible short-term deviations in the technological parameters of the growing environment, or the development of pathological processes. Accordingly, monitoring this part of the antioxidant system (ADS) is an important tool for objectively assessing the health and adaptive capabilities of objects of aquaculture.

Analysis of the results obtained indicates a dose-dependent nature of the physiological effect of the applied synbiotic (Table).

In particular, a significant increase in catalase activity by 91.9% ($p < 0.05$) was observed in the tissues of fish of experimental group No. 2 relative to control values. Against the background of such a significant increase in catalase activity, superoxide dismutase activity showed only a slight tendency to increase, not significantly different from control values. This is probably due to the fact that the basal SOD activity in sturgeon tissues was sufficient for the dismutation of the superoxide

Визначено, що показники кумулятивної виживаності були кращими у дослідній групі № 2, і за 21 добу експерименту становили 95,83%. У дослідній групі № 1 цей показник перебував на рівні 94,14%, тоді як у контрольній групі — 92,33%. Отримані дані свідчать про підвищення життєстійкості мальків за впливу експериментальної синбіотичної добавки, що, ймовірно, пов'язано з покращенням функціонального стану травної системи, оптимізацією процесів засвоєння поживних речовин та посиленням неспецифічної резистентності організму.

За результатами 21-добового експерименту встановлено, що додавання меншої дози синбіотичної добавки у дослідній групі № 1 є найефективнішим. Вона забезпечує стабільну динаміку та найвищий середній питомий темп росту (SGR — 9,58%/добу), що дозволило досягти максимальної фінальної маси особин (4,830 г).

Активність ферментів антиоксидантного захисту слугує чутливим біохімічним маркером фізіологічного стану риб. Зміни їхньої каталітичної здатності відображають рівень стресового навантаження, зумовленого адаптацією до умов інтенсивного вирощування, можливими короткочасними відхиленнями технологічних параметрів середовища вирощування або розвитком патологічних процесів. Відповідно, моніторинг цієї ланки антиоксидантної системи (АОС) є важливим інструментом для об'єктивної оцінки здоров'я та адаптаційних можливостей об'єктів аквакультури.

Аналіз отриманих результатів свідчить про дозозалежний характер фізіологічної дії застосованого синбіотика (табл.).

Зокрема, у тканинах риб дослідної групи № 2 відмічено достовірне збільшення каталазної активності на 91,9% ($p < 0,05$) відносно контрольних зна-

Table. **Activity of antioxidant enzymes and content of lipid peroxidation products in homogenates from the bodies of Russian sturgeon under the influence of a synbiotic supplement (M±m, n=3)**

Parameters	Control	Experimental group No.1	Experimental group No.2
Catalase, μmol H_2O_2 /min/mg protein	2.84±0.37[a]	3.01±0.21[a]	5.45±0.44[b]
SOD, u/min. / mg protein	4.82±0.29[a]	4.60±0.45[a]	5.27±0.13[a]
Diene conjugates, nmol/mg protein	2.17±0.12[b]	1.11±0.20[a]	1.99±0.10[b]
TBA-reactive substances (TBARS), nmol/mg protein	1.28±0.13[a]	1.20±0.23[a]	0.55±0.14[a]

Note. Significant differences between study groups are indicated by different letters and were considered statistically significant at $p < 0.05$ according to Tukey post-hoc test.

radical. Instead, excessive hydrogen peroxide production required a compensatory response from catalase.

At the same time, no significant changes were detected in fish of experimental group No. 1, when assessing the activity of enzymes of the first and second lines of defense. Only a slight increase in catalase activity was noted – by 6.0%, and SOD activity was, on the contrary, lower – by 4.6% compared to control values, which indicates the absence of a significant effect of this concentration of synbiotic at the early stage of ontogenesis.

Activation of lipid peroxidation (LPO) is a key marker of cell destruction, and the determination of its intermediate and end products allows assessing the depth of metabolic disorders. As a result of the studies, it was found that the content of diene conjugates in the tissues of fish of experimental group No. 1 was significantly lower by 48.8% compared to the control ($p < 0.05$), while no significant differences in the level of TBA-active products were found between this group and the control.

In experimental group No. 2, a moderate decrease in the content of diene conjugates was recorded – by 8.3% compared to the control. At the same time, the concentration of TBA-active products in this group was 57.0% lower than the control level, demonstrating a trend towards a decrease in the accumulation of this toxic metabolite. Therefore, increasing the dosage

чень. На тлі такого значного підвищення каталазної активності супероксиддисмутазна активність демонструвала лише незначну тенденцію до зростання, не відрізняючись вірогідно від контрольних значень. Це, ймовірно, пов'язано з тим, що базова активність СОД у тканинах осетра була достатньою для дисмутації супероксидного радикалу. Натомість, надмірне утворення пероксиду водню потребувало компенсаторної відповіді з боку каталази.

При цьому, у риб дослідної групи № 1 при оцінці активності ферментів першої та другої лінії захисту достовірних змін не виявлено. Відзначали лише незначне підвищення каталазної активності — на 6,0%, а активність СОД була, навпаки, нижчою — на 4,6% порівняно з контрольними значеннями, що свідчить про відсутність суттєвого впливу цієї концентрації синбіотика на ранньому етапі онтогенезу.

Активація пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) є ключовим маркером деструкції клітин, а визначення його проміжних та кінцевих продуктів дозволяє оцінити глибину порушень метаболічних процесів. У результаті досліджень було встановлено, що вміст дієнових кон'югатів у тканинах риб дослідної групи № 1 був достовірно нижчим на 48,8% порівняно з контролем ($p < 0,05$), тоді як суттєвих відмінностей за рівнем ТБК-активних продуктів між цією гру-

of the synbiotic supplement promotes the activation of the enzymatic link of antioxidant protection, which is confirmed by the inhibition of lipid peroxidation processes and a decrease in the concentration of TBA-active products in the tissue homogenate of juvenile Russian sturgeon. The synergistic combination of spore-forming and lactic acid bacteria with prebiotic yeast components ensures optimization of redox homeostasis of fish during critical periods of their early ontogenesis.

Similar results were obtained by the authors when adding optimal doses of probiotics (*Lactobacillus paracasei* N1115) and prebiotics to the diet of sturgeons, which significantly strengthens their antioxidant defense system, helping the organism to counteract oxidative stress under conditions of intensive cultivation [31, 32]. The relevance and feasibility of including synbiotic additives in functional feeds is also confirmed by modern review studies. Systematization of available published data indicates the effectiveness of using probiotic microorganisms and prebiotic substrates in fish diets [33].

CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The conducted studies showed that the use of an experimental synbiotic supplement for the enrichment of live feed organisms *Artemia salina* during 21 days

пою та контролем не виявлено.

У дослідній групі № 2 зафіксовано помірне зниження вмісту дієнових кон'югатів — на 8,3% щодо контролю. Водночас, концентрація ТБК-активних продуктів у цій групі була нижчою на 57,0% від контрольного рівня, що демонструє тенденцію до зниження накопичення цього токсичного метаболіту. Отже, збільшення дозування синбіотичної добавки сприяє активації ферментативної ланки антиоксидантного захисту, що підтверджується пригніченням процесів ПОЛ та зменшенням концентрації ТБК-активних продуктів у гомогенаті тканин молоді руського осетра. Синергічне поєднання спороутворювальних та молочнокислих бактерій із пребіотичними компонентами дріжджів забезпечує оптимізацію окисно-відновного гомеостазу риб у критичні періоди їхнього раннього онтогенезу.

Схожі результати досліджень одержані авторами при додаванні до раціону осетрових риб оптимальних доз пробіотиків (*Lactobacillus paracasei* N1115) та пребіотиків, що суттєво зміцнює їхню систему антиоксидантного захисту, допомагаючи організму протидіяти оксидативному стресу в умовах інтенсивного вирощування [31, 32]. Актуальність та доцільність включення синбіотичних добавок до складу функціональних кормів підтверджується також сучасними оглядовими дослідженнями. Систематизація наявних опублікованих даних свідчить про ефективність застосування пробіотичних мікроорганізмів та пребіотичних субстратів у раціонах риб [33].

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування експериментальної синбіотичної добавки для збагачення живих трансферних організмів *Artemia salina* впродовж 21 доби

of exogenous feeding increased the cumulative survival of Russian sturgeon juveniles and dose-dependently inhibited the processes of lipid peroxidation. The use of lower concentrations of synbiotic (study group No. 1) blocked the formation of primary lipid peroxidation products, reducing the content of diene conjugates by 48.8% ($p < 0.01$). At the same time, the increased dose (experimental group No. 2) reduced the accumulation of the final toxic metabolite – TBA-active products by 57% due to compensatory activation of catalase by 91.9% ($p < 0.05$) relative to the control group, with stable superoxide dismutase activity.

A comprehensive analysis of biochemical and productive-biological parameters showed that the enrichment scheme applied in experimental group No. 1 was technologically feasible, the most effective, and could be used for implementation in industrial sturgeon farming. The indicated concentration of the experimental synbiotic supplement provided the highest possible juveniles growth intensity and survival without involving additional energy reserves of the organism for the compensatory restructuring of the enzymatic link of the ADS. Instead, the enrichment scheme used in experimental group No. 2 should be considered as adaptogenic and its effectiveness should be tested during times of increased risk of oxidative stress. Further scientific studies should be directed at a comprehensive study of the histostructure of the intestine to establish morphometric changes in the villi, epithelium, and mucosal barrier under the action of the synbiotic supplement.

CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest between the authors in this work.

екзогенного живлення підвищує кумулятивну виживаність молоді руського осетра та дозозалежно пригнічує процеси ПОЛ. Застосування нижчих рівнів концентрації синбіотика (дослідна група № 1) блокує утворення первинних продуктів ПОЛ, знижуючи вміст дієнових кон'югатів на 48,8% ($p < 0,01$). При цьому підвищена доза (дослідна група № 2) знижує накопичення кінцевого токсичного метаболіту — ТБК-активних продуктів — на 57% завдяки компенсаторній активації каталази на 91,9% ($p < 0,05$) відносно контрольної групи, за стабільної супероксиддисмутазної активності.

На основі комплексного аналізу біохімічних та рибницько-біологічних показників доведено, що схема збагачення, застосована у дослідній групі № 1, є технологічно доцільною, найефективнішою та може бути використана для впровадження у промислове осетрівництво. Зазначена концентрація експериментальної синбіотичної добавки забезпечує максимально високу інтенсивність росту та виживаність молоді без залучення додаткових енергетичних резервів організму на компенсаторну перебудову ферментативної ланки АОС. Натомість, схему збагачення, використану у дослідній групі № 2, доцільно розглядати як адаптогенну та перевірити її ефективність під час підвищеного ризику виникнення оксидативного стресу. Подальші наукові дослідження слід спрямувати на комплексне вивчення гістоструктури кишечника для встановлення морфометричних змін ворсинок, епітелію та слизового бар'єра за дії синбіотичної добавки.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

У цій роботі конфлікт інтересів авторів відсутній.

SOURCES OF FUNDING

The results obtained are part of the scientific research program of the NAAS for 2026–2030 under task 28.00.00.07 F "Mechanisms of the influence of a complex of synbiotics and phytopreparations on the resistance of the sturgeon organism in early ontogenesis".

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Отримані результати є складовою програми наукових досліджень НААН на 2026–2030 рр. за завданням 28.00.00.07 Ф «Механізми впливу комплексу синбіотиків та фітопрепаратів на резистентність організму осетрових риб у ранньому онтогенезі».

REFERENCES

1. Derzhavne ahentstvo Ukrainy z rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchykh prohram [State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries, and Food Programs] (2024). *Analitychna dovidka pro stan ta obsiahy vyrobnytstva produktsii akvakultury subiektamy hospodariuvannia v Ukraini (za formoiu № 1A-akvakultura)* [Analytical report on the status and volume of aquaculture production by business entities in Ukraine (based on Form No. 1A-Aquaculture)]. https://darg.gov.ua/
2. Long, L., Zhang, H., Ni, Q., Liu, H., Wu, F., & Wang, X. (2019). Effects of stocking density on growth, stress, and immune responses of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) in a recirculating aquaculture system. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C: Toxicology & Pharmacology, 219,* 25–34. https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.02.002
3. Zhao, D. X., Cheng, C., Xiao, M., Zhu, M. J., Li, L. J., Mei, F., & Jian, S. Q. (2022). Effects of stocking density on growth, antioxidant enzyme activity and related gene expression of juvenile Siberian hybrid sturgeon [*Acipenser baerii* (♀)× *A. schrenckii* (♂)]. *Journal of fisheries of China, 46*(9), 1582–1592. https://doi.org/10.11964/jfc.20210512834
4. Aversa-Marnai, M., Perretta, A., Céspedes, P., Quartiani, I., Conijeski, D., Bollati-Fogolin, M., Villarino, A., Silva-Álvarez, V., & Ferreira, A. M. (2025). Chronic heat stress reshapes Russian sturgeon innate immune response to *Aeromonas hydrophila* challenge. *Fish Shellfish Immunol, 160*, 110219. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2025.110219
5. Ruban, G. I. (2020). Exogenous Feeding in the Early Life Stages of Sturgeon (Acipenseridae) (Review). *Inland Water Biology, 13,* 613–619. https://doi.org/10.1134/S1995082920040094
6. Gradil, A. M., Wright, G. M., Wadowska, D. W., & Fast, M. D. (2014). Ontogeny of the immune system in Acipenserid juveniles. *Dev Comp Immunol*, *44*(2), 303–314. https://doi.org/10.1016/j.dci.2014.01.006
7. Lobanov, V. P., Pate, J., & Joyce, J. (2023). Sturgeon and paddlefish: review of research on broodstock and early life stage management. *Aquac Fish*, *9*(6), 871–882. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.04.001
8. Gisbert, E., & Williot, P. (2002). Advances in the larval rearing of Siberian sturgeon. *Journal of Fish Biology, 60*(5), 1071–1092. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb01705.x
9. Geraylou, Z., Souffreau, C., Rurangwa, E., De Meester, L., Courtin, C. M., Delcour, J. A., & Ollevier, F. (2013). Effects of dietary arabinoxylan-oligosaccharides (AXOS) and endogenous probiotics on the growth performance, non-specific immunity and gut microbiota of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenserábaerii*). *Fish & Shellfish Immunology, 35*(3), 766–775. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.06.014
10. Hoseinifar, S. H., Ringø, E., Shenavar Masouleh, A., & Esteban, M. Á. (2016). Probiotic, prebiotic and synbiotic supplements in sturgeon aquaculture: a review. *Rev Aquacult*, *8*(1), 89–102. https://doi.org/10.1111/raq.12082

11. Abualreesh, M. H. (2026). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on immune function, disease resistance, digestive health, and stress management in fish culture. *Front. Mar. Sci., 13*, 1811972. https://doi.org/10.3389/fmars.2026.1811972
12. Huynh, T. G., Shiu, Y. L., Nguyen, T. P., Truong, Q. P., Chen, J. C., & Liu, C. H. (2017). Current applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the growth and health status in aquaculture: a review. *Fish & Shellfish Immunology, 64,* 367–382. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.035
13. Vaezi, M., Khara, H., & Shenavar, A. (2016). Synbiotic (Biomin imbo) alters gut bacterial microflora of Russian sturgeon, *Acipenser guldenstadti* (Brandt & Ratzeburg, 1833) in a time-dependent pattern. *Journal of Parasitic Diseases, 40,* 1189–1192. https://doi.org/10.1007/s12639-015-0647-3
14. Akrami, R., Nasri-Tajan, M., Jahedi, A., Jahedi, M., Razeghi Mansour, M., & Jafarpour, S. A. (2015). Effects of dietary synbiotic on growth, survival, lactobacillus bacterial count, blood indices and immunity of beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1754) juvenile. *Aquaculture Nutrition, 21,* 952–959. https://doi.org/10.1111/anu.12219
15. Mocanu, E. E., Savin, V., Popa, M. D., & Dima, F. M. (2022). The Effect of Probiotics on Growth Performance, Haematological and Biochemical Profiles in Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *Fishes, 7*(5), 239. https://doi.org/10.3390/fishes7050239
16. Vijayaram, S., Razafindralambo, H., Karthikeyan, M., Ringø, E., Prakash, A. K., & Sun, Y-Z. (2026). Advancing Aquaculture Health and Efficiency: A Comprehensive Update on Synbiotic Applications in Fish and Shellfish Farming. *Current Microbiology, 83,* 162. https://doi.org/10.1007/s00284-025-04662-8
17. Solopova, Kh. Ya. (2020). Pryrodni mekhanizmy zakhystu koropovykh ryb za urazhennia bakteriinym aeromonozom i za dii synbiotychnoho preparatu Enteronormin [Natural defense mechanisms in carp infected by bacterial aeromonosis and after treatment with the synbiotic drug "Enteronormin"]. *Biol. Tvarin, 22*(1), 46–49. https://doi.org/10.15407/animbiol22.01.046
18. Rud, Yu. P., Smitiukh, H. H., & Mizernytskyi, O. O. (2024). Doslidzhennia vplyvu probiotychnoho preparatu "Enteronormin" na vyroshchuvannia raiduzhnoi foreli (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) [Study of the influence of the probiotic drug «Enteronormin» on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)]. In *Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv* [Modern Problems of Rational Use of Aquatic Bioresources]. (pp. 250–252). PRO FORMAT. https://doi.org/10.61976/conf.IF-2024-6
19. Dobrianska, O. P. (2020). Aktyvnist systemy antyoksydantnoho zakhystu v orhanizmi koropa za vykorystannia u skladi kormu prebiotyka [Activity of antioxidant protection system in carp organism for use in feeding prebiotics]. *Water Bioresources and Aquaculture, 2*, 112–124. https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.11
20. Zaloilo, I. A., Zaloilo, O. V., Rud, Yu. P., Hrytsyniak, I. I., & Zaloilo, Ye. I. (2021). Zastosuvannia probiotykiv v akvakulturi (ohliad) [Use of probiotics in aquaculture (a review)]. *Fisheries Science of Ukraine, 2*(56), 59–81. https://doi.org/10.15407/fsu2021.02.059
21. Zabytivskyi, Yu., Tuchapskyi, Ya., Dobrianska, O., Boretska, I., & Vishchur, O. (2024). Effect of the complex of probiotic microorganisms of the genus *Bacillus* on the growth, histological structure of intestines and the resistance of sturgeon hybrid juveniles. *Fisheries Science of Ukraine, 3,* 130–146. https://doi.org/10.61976/fsu2024.03.130
22. Zabytivskyi, Y., Koryliak, M., Bernakevych, O., Vishchur, O., Solovodzinska, I., Symon, M., Momut, V., & Savchuk, L. (2025). The effect of Sviteco PWC probiotic product on growth, physiological and biochemical status and nonspecific re-

sistance of sturgeon fish juveniles. *AACL Bioflux, 18*(1), 466–476. https://bioflux.com.ro/docs/2025.466-476.pdf

23. Onyshchuk, Yu. V., Tretiak, O. M., & Kolos O. M. (2024). The effect of supplementation of feeds with the probiotic "Subalin" on the productivity parameters sturgeon (Acipenseridae) hybrid bester on the first year of cultivation using warm waste water of a power plant. *Fisheries Science of Ukraine, 1*, 125–141. https://doi.org/10.61976/fsu2024.01.125
24. Onyshchuk, Yu. V., & Tretiak, O. M. (2025). Economic assessment of the use for the probiotics "Subalin" in the diet of 0+ bester reared under conditions of increased heat load. *Fisheries Science of Ukraine, 3*, 320–336. https://doi.org/10.61976/fsu2025.03.320
25. Garcia Sampaio, F., Hasan, M. R., & El-Sayed, A.-F.M. (Eds.). (2025). An overview on local alternative ingredients, aquafeed supply and feeding management in selected African countries. *Fisheries and Aquaculture Technical Papers, 734.* FAO. https://doi.org/10.4060/cd5754en
26. Andriushchenko, A. I., Vovk, N. I., & Kondratiuk, V. M. (2018). *Osetrivnytstvo. Stavove osetrivnytstvo: pidruchnyk. Tom II*. [Sturgeon Farming. Pond-based Sturgeon Farming: A Textbook. Vol. II]. TsP "KOMPRYNT".
27. Posner, L. P., Harms, C. A., & Smith, S. A. (2019). Sedation, anesthesia, analgesia and euthanasia. In S. A. Smith (Ed.), *Fish diseases and medicine* (pp. 283–304). CRC Press.
28. Slivinska, L. H., Maksymovych, I. A., Leno, M. I., & Halias, V. L. (2014). *Laboratorna diahnostyka u veterynarnii medytsyni.* Dovidnyk. 2-he vydannia [Laboratory Diagnostics in Veterinary Medicine. Handbook. 2nd Edition].
29. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem, 72,* 248–254.
30. Solopova, Kh. Ia., Bernakevych, O. M., Koryliak, M. Z., & Vishchur, O. I. (2025). Vplyv ekstraktu hryba shyitake (*Lentinula edodes*) na antyoksydantnyi zakhyst ta hormonalnyi profil u molodi ruskoho osetra (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856) [Effect of shiitake (*Lentinula edodes*) mushroom extract on the status of antioxidant protection system and the hormonal profile of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856) juveniles]. *Water Bioresources and Aquaculture*, *2*(18), 118–133. https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.6
31. Shija, V. M., Tran, N. T., Shehata, A. I., Zheng, X., Zhang, M., Bakky, M. A. H., ... & Li, S. (2026). Synergistic impacts of probiotics and prebiotics (synbiotics) in fish farming. *Fish & Shellfish Immunology, 174,* 111358. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2026.111358
32. Musavi, M., Hasanpour, S., Safari, R., Imanpour, M. R., & Gutiérrez, J. (2022). Combined effects of *Pediococcus acidi lactici* and natuzyme on growth performance, hematology and immunity indices in juvenile beluga (*Huso huso*). *Aquaculture Reports, 24,* 101180. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101180
33. Aluta, U. P., Nikolić, N. Ć., Yildirim, A., Zupičić, I. G., Akhtar, P., Radosavljevic, V., & Lima, S. A. C. (2026). Functional Feeds as Immunostimulants for Aquaculture: A Molecular Perspective. *Aquaculture Nutrition, 2026,* 2220437. https://doi.org/10.1155/anu/2220437