

Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 146-164.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2022. Vol. 105, no 4. P. 146-164.

Обзорная статья
УДК 639.3.043:577.17
doi:10.33284/2658-3135-105-4-146

Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб

Марина Сергеевна Зуева^{1,2}

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

^{1,2}zueva@ms-98.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>

Аннотация. Развитие отрасли аквакультуры приводит к поиску новых компонентов для организации высокопитательного кормления гидробионтов. За последние десятилетия учёные разработали разнообразные кормовые добавки, которые активно применяют в рационе рыб. Изучение влияния дополнительных компонентов питания направлено на повышение качества готовой продукции и сопровождается выраженными изменениями в росте и развитии гидробионтов. Целью данного обзора является анализ данных о влиянии на организм рыб различных биологически активных кормовых добавок при их включении в рацион. В качестве дополнительных компонентов были рассмотрены пробиотические препараты, растительные экстракты и фитобиотики, а также активированный уголь. Опыт включения дополнительных составляющих в рационы гидробионтов привёл к сокращению сроков выращивания за счёт увеличения роста. Было отмечено снижение антибиотикорезистентности, которая в настоящее время проявляется не только в аквакультуре, но и в животноводстве в целом. Включение кормовых добавок в рацион рыб открывает перспективу для рационального ведения хозяйства, а также для получения качественной продукции аквакультуры. Тем не менее исследования в данной области остаются актуальными для выяснения долгосрочного эффекта.

Ключевые слова: рыбы, кормление рыб, кормовые добавки, пробиотический препарат, растительный экстракт, фитобиотики, активированный уголь

Для цитирования: Зуева М.С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 146-164. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-146>

Review article

Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish

Marina S Zueva^{1,2}

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

^{1,2}zueva@ms-98.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>

Abstract. The development of the aquaculture industry leads to the search for new components for the organization of highly nutritious feeding of aquatic organisms. Over the past decades, scientists have developed a variety of feed additives that are actively used in the diet of fish. The study of the effect of additional nutrition components is aimed at improving the quality of released products and is accompanied

by pronounced changes in the growth and development of hydrobionts. The purpose of this review is to study the effect of various biologically active feed additives on fish body when they are included in the diet. Probiotic preparations, plant extracts and phytobiotics, as well as activated charcoal were considered as additional components. The experience of including additional components to the diets of hydrobionts has led to a reduction in the growing time because growth increased. There was a decrease in antibiotic resistance, which is currently manifested not only in aquaculture, but also in animal husbandry in general. The inclusion of feed additives in fish diet opens up prospects for rational farming, as well as for obtaining high-quality aquaculture products. Nevertheless, research in this area remains necessary to clarify the long-term effect.

Keywords: fish, fish feeding, feed additives, probiotic preparation, plant extract, phytobiotics, activated charcoal

For citation: Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):146-164. (in Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-146>

Введение.

Аквакультура является важнейшим направлением в современном агропромышленном комплексе (Пономарева Е.Н. и др., 2021; Chiu S-T et al., 2021). Несмотря на то, что развитие аквакультуры происходит на протяжении многих веков, только в последние два десятилетия был отмечен значительный рост данной отрасли. Так, мировые запасы рыбы на душу населения в последние два десятилетия выросли в 2,3 раза по сравнению с показателями 1960-х гг. (Fiorella K et al., 2021). Сегодня устойчивое развитие аквакультуры в мире играет огромную роль в обеспечении продовольственной безопасности (Пономарева Е.Н. и др., 2021). Рост населения повышает глобальный спрос на продукты питания, соответствующие потребительским предпочтениям и улучшающие качество жизни (Longo SB et al., 2019). Рыба и другие гидробионты обеспечивают человечество важнейшими питательными компонентами, имеющими решающее значение для предотвращения недоедания и снижения риска заболеваний. Содержание в гидробионтах белка, аминокислот, витаминов, минералов, а также жизненно необходимых омега-3 и микроэлементов способно играть ключевую роль в качественном питании человечества (Fiorella K et al., 2021).

Быстрый темп роста аквакультуры в России и за рубежом привёл к более высоким требованиям к качеству готовой продукции (Аварский Н.Д. и др., 2020). Ранее предполагалось, что повысить качество рыбных продуктов возможно за счёт высокопитательных кормов, содержащих все необходимые для гидробионтов составляющие (Yang Z et al., 2021). Однако свежие результаты исследований по влиянию питательности кормов показывают, что введение в рацион рыб вместе с кормом различных кормовых добавок приводят к лучшему росту и развитию (Аринжанов А.Е. и др., 2021; Мирошникова Е.П. и др., 2021). Эффективность использования кормовых добавок подтверждают не только российские, но и зарубежные учёные (Hai NV, 2015; Wu Zh et al., 2021; Shang X et al., 2021). Исследователи отмечают, что дополнительное введение биологически активных компонентов в рацион рыб повышает продуктивность и улучшает физиологическое состояние организма. Помимо данных эффектов, ученые пришли к выводу, что пищевые добавки способствуют повышению резистентности к различным заболеваниям у рыб (Fiorella K et al., 2021).

Понимание того, как кормовые добавки влияют на организм рыб, приводит к размышлениям об альтернативе антибиотикам. Существующие исследования доказали, что за последние несколько десятилетий антибиотики активно использовали не только как лечебные препараты, но и в терапевтических целях, что привело к повышению устойчивости патогенных бактерий к антибиотикам, а также к присутствию остатков антибиотиков в готовой продукции и окружающей среде (Forgetta V et al., 2012; Abdel-Tawwab M et al., 2018). Такое нерациональное использование антибиотиков ставит под угрозу безопасность не только животных, но и окружающей среды и человека в частности (Iorizzo M et al., 2022).

Все вышеперечисленные моменты наталкивают на острую необходимость в поиске эффективных кормовых составляющих, которые, с одной стороны, улучшат показатели роста гидробионтов, а с другой стороны, предоставят человечеству качественный безопасный продукт (Wu Zh et al, 2021). Лучшее понимание механизма действия может привести к эффективному и целесообразному применению биологически активных компонентов в кормлении гидробионтов (Hai NV, 2015). Поэтому важной задачей современной аквакультуры является правильное применение кормовых добавок в рационе рыб и других гидробионтов.

Опыт применения различных пробиотических препаратов в кормлении рыб.

Одними из распространённых кормовых добавок в настоящее время являются пробиотики. Так, 60 % крупного рогатого скота получают различные пробиотические препараты вместе с кормом (Дускаев Г.К. и др., 2019). Изучение пробиотических штаммов в кормлении рыб дало положительное представление об использовании живых организмов в качестве кормовых добавок. Применение бактерий *Bacillus subtilis* в аквакультуре оказывает благоприятное влияние не только на снижение развития патогенов, но и улучшает усвоение питательных веществ рыбами (Olmos J et al., 2020).

Пробиотические препараты используют не только в кормлении гидробионтов, но и добавляют непосредственно в воду (Hai NV, 2015). Также возможно применение пробиотиков совместно с другими биологическими добавками (Hai NV and Fotedar R, 2009). Китайские учёные провели ряд эффективных исследований по пероральному применению пробиотических препаратов. Так, одни учёные (Jia Sh et al., 2020) установили эффективность использования пробиотика в составе вакцины против весенней виремии карпа (Spring viraemia of carp, SVC). Другие (Huang X et al., 2021) выявили положительное действие пероральной микрокапсулярной пробиотической вакцины против герпесвирусной инфекции карпов кои (Koi herpesvirus disease, KHVD), кормление прекращали за сутки до вакцинации. Данные результаты исследований показывают, что гидробионты активно взаимодействуют с микроорганизмами во внешней и внутренней среде. Применение штаммов в качестве компонентов пробиотиков способно эффективно воздействовать на организм гидробионтов в целом, позволяя стать альтернативой лекарственным и антибиотическим препаратам. Также отмечено, что усвояемость пробиотических препаратов у молоди выше, что благоприятно отражается её на жизнеспособности и росте (Айткалиева А.А. и др., 2020).

В качестве лечебно-профилактического препарата в рыбоводстве с 1997 года используют пробиотический препарат СУБ-ПРО (Субалин) на основе штамма *Bacillus subtilis* 2335 (Суворова Т.М. и Силкина Н.И., 2019). Действие пробиотика направлено на усиление иммунитета рыб, что повышает резистентность к бактериальным заболеваниям рыб (Серветник Г.Е. и Лесина Т.Н., 2020). Группа учёных (Литош Т.А. и др., 2019) описала действие пробиотика СибМОСПРО на рост сеголетков алтайского зеркального карпа (*Cyprinus carpio*). Пробиотическую добавку вводили в корм и в воду. Был зафиксирован значительный рост сеголетков при добавлении пробиотика в корм.

Одним из современных пробиотических препаратов является Ветом 1.1 на основе штамма *Bacillus subtilis* ВКПМ В 7092. Данный пробиотик используется в российской аквакультуре на протяжении нескольких десятилетий. Опыты по применению пробиотика Ветом 1.1 в кормлении были проведены ещё в 1992 году Г.А. Ноздриным. Учёные (Ноздрин Г.А. и Зеленков В.Н., 1992) установили, что препарат способствовал нормализации работы кишечника, всасыванию и метаболизму микроэлементов, белков и аминокислот. Пробиотик повышал резистентность к заболеваниям вирусного и бактериального характера. В 2018 году был разработан и выпущен пробиотический препарат Ветом 1, являющийся усовершенствованной формой пробиотического препарата Ветом 1.1 (Ачмиз А.Д. и др., 2021).

Российские учёные (Аринжанов А.Е. и др., 2019) установили, что добавление в рацион кормления ленского осетра (*Acipenser baeri*) пробиотического препарата Ветом 1.1 оказало положительное действие на рост и развитие молоди. Причём другие исследования (Аринжанов А.Е. и др., 2021) выявили похожее воздействие на организм осетра при совместном добавлении в рацион

пробиотика Ветом 1.1 и ультрадисперсных частиц Cu-Zn. Исследователями был доказан рост молоди ленского осетра (*Acipenser baerii*), начиная с третьей недели эксперимента. Наибольший рост был достигнут на пятой неделе и оказался выше контроля на 30 %. При этом учёными было отмечено, что длительное (более шести недель) добавление пробиотика на основе *Bacillus subtilis* приводит к негативным последствиям – снижается темп роста и ухудшается общее физиологическое состояние молоди рыб.

Стоит указать, что молочнокислые бактерии являются хорошо изученными компонентами в составе пробиотиков, применяемых в аквакультуре (Merrifield DL and Carnevali O, 2014; Ringo E et al., 2019, 2020). Предметом последних исследований стала оценка активности пробиотического штамма *Lactiplantibacillus plantarum* (ранее – *Lactobacillus plantarum*) против ряда патогенных микроорганизмов, в том числе против *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Proteus mirabilis*, золотистого стафилококка, синегнойной палочки, *Aeromonas salmonicida*. Учёными (Iorizzo M et al., 2022) было зафиксировано подавление роста всех индикаторных бактерий при температуре +30 °С. В противоречии к этому стоит указать, что при температуре +15 °С *Lactiplantibacillus plantarum* способны только частично ингибировать развитие патогенных бактерий.

В аквакультуре активно применяется кормовая пробиотическая добавка Бацелл-М, состоящая из массы живых бактерий *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium* и *Lactobacillus paracasei*. Бацелл-М в кормлении карпа (*Cyprinus carpio*) активизировал работу желудочно-кишечного тракта. В процессе метаболизма у рыб отмечалась выработка ферментов и витаминов, а также увеличение содержания витаминов С и В₁. Это способствовало повышению пищевой ценности мяса карпа (*Cyprinus carpio*) по витаминному составу (Ткачева И.В., 2019).

Пробиотическая добавка Споротермин, состоящая из культур *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, нормализует пищеварение, снижает воздействие стресс-факторов на организм рыб (Максим Е.А. и др., 2015; Максим Е.А. и др., 2017; Юрин Д.А. и др., 2022). В 2018 - 2021 гг. были проведены исследования на африканских клариевых сомах (*Clarias gariepinus*) по включению пробиотика Споротермин в воду (Любомирова В.Н. и др., 2018; Романова Е.М. и др., 2021). Романова Е.М. с коллегами (2021) использовали метод прямого введения пробиотика Споротермин в воду на стадии логарифмического роста сома. Введение пробиотического препарата в воду стимулировало рост и повысило выживаемость рыб. Пробиотик благоприятно воздействовал на основные биохимические и гематологические показатели крови сома. При этом Любомировой В.Н. и её коллегами (2018) было установлено, что одновременное введение препарата Споротермин в корм и в воду являлся более эффективным способом применения пробиотика. Шленкина Т.М. совместно с коллегами (2018) отмечали, что мясо африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*), выращенного с использованием пробиотического препарата Споротермин, полезно для человека и содержит все жизненно необходимые компоненты.

При совместном использовании пробиотических препаратов Споротермин, Бацелл и Пролам в рационе кормления рыб учёные (Юрин Д.А. и др., 2022) отметили снижение кормового коэффициента. При использовании Споротермина уменьшался период желточного питания у личинок до 7 дней, тогда как в контроле период составлял 10 дней. Также было зафиксировано снижение содержания кишечной палочки и стафилококка в кишечнике осетровых рыб.

Одновременное включение пробиотических препаратов Моноспорина и Пролама с «Ганаминовитом» оказало положительное действие на выживаемость молоди осетровых рыб при имитации транспортировки. При применении пробиотических препаратов Моноспорина и Пролама во время обработки икры и личинок карпа (*Cyprinus carpio*) отмечалось повышение выхода молоди на 3-5 %, а также снижение на 4-5 % поражения икры сапролегниозом (Максим Е.А., 2014). Наблюдалось повышение среднесуточного прироста массы сеголетков карпа (*Cyprinus carpio*). Также исследователи (Юрин Д.А. и др., 2022) выявили положительную тенденцию рентабельности выращивания рыб и экономическую эффективность при использовании пробиотиков Моноспорин и Пролам.

Исследователем (Максим Е.А., 2014) было отмечено, что данный комплекс препаратов при выращивании стерляди (*Acipenser ruthenus*), русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) и ленского осетра (*Acipenser baerii*) в садках повышал скорость роста рыб, тем самым снижая затраты на кормление. Стойкий положительный эффект был отмечен при длительном использовании препаратов (30 дней) и обусловлен тем, что пробиотические штаммы способны продуцировать биологически активные вещества и утилизировать продукты обмена.

Пищевая добавка Целлобактерин, изготовленная с использованием пробиотического штамма *Enterococcus faecium*, используется в аквакультуре для увеличения продуктивности рыб и снижения отхода. Учёные (Шабунин Б.В. и др., 2022) отмечали способность препарата улучшать усвояемость и перевариваемость питательных веществ корма, повышая нормализацию процессов пищеварения. Так, при использовании в кормлении карпа (*Cyprinus carpio*), выращиваемого в прудах, препарата Целлобактерин-Т было зафиксировано положительное действие на морфологическое состояние печени. После 30 дней применения пробиотического препарата было зафиксировано увеличение площади печени в 1,62 раза. А также было отмечено увеличение продуктивности рыб.

В 2021 г. группой учёных (Джавахиya В.В. и др., 2021) был разработан новый комбинированный пробиотический препарат. За основу взяты спорообразующие бактерии рода *Bacillus* – *Bacillus subtilis* BKM B-3154D, *Bacillus subtilis* BKM B3171D, *Bacillus licheniformis* BKM-B-3172D. Отличительной чертой нового препарата является адаптация к росту в условиях пониженных температур и термостабильность. Данная разработка – перспективная добавка для кормления рыб, выращиваемых в условиях Крайнего Севера.

Хотя пробиотики являются альтернативой антибиотикам, а также способствуют лучшему развитию рыб, необходимо правильно использовать препараты в аквакультуре, чтобы избежать негативных последствий (Rekiel et al., 2007). Так как рыбы взаимодействуют с разнообразным спектром микроорганизмов, важно подобрать пробиотический препарат и его дозировку для конкретного вида рыб, чтобы получить желаемый результат. Лучшее понимание механизма действия пробиотических препаратов на рыб способно привести к эффективному и целесообразному применению пробиотиков в водных системах (Hai NV, 2015).

Включение в рацион питания гидробионтов растительных экстрактов и фитобиотиков.

Использование современных иммуностимулирующих препаратов на основе пробиотиков, пребиотиков и фитобиотиков является перспективным для создания новых кормовых добавок для аквакультуры. Новые кормовые добавки стимулируют рост и развитие животных без негативного воздействия на физиологическое состояние организма. При этом препараты, вносимые в корма, способны не только положительно влиять на рост и продуктивность рыб, но и являются экологически безопасными добавками (Петруша Ю.К. и др., 2022; Ushakova NA et al., 2021).

Nhu TQ совместно с коллегами (2019) описали, что лекарственные растения содержат широкий спектр активных веществ – алкалоиды, стероиды, фенолы, дубильные вещества, терпеноиды, сапонины, гликозиды и флавоноиды. Данные вещества способствовали стимуляции биологической активности рыб, в том числе увеличивали рост, стимулировали аппетит, усиливали противомикробное и антистрессовое действие. Предыдущие исследования также показали, что растительные экстракты успешно повышали иммунитет рыб и устойчивость к болезням (Na-Phatthalung P et al., 2018; Rahman ANA et al., 2018) за счёт увеличения иммунных параметров и контроля инфекционных заболеваний путём снижения побочных эффектов.

Растительные добавки издавна используются человечеством как потенциальные источники природных противомикробных препаратов. Растения традиционно применяются в пищевых продуктах и медицине (Negi PS, 2012). Как правило, растительные компоненты в правильных дозировках считаются безопасными из-за отсутствия негативных последствий их применения в прошлом либо на основании токсикологических исследований (Yuan W et al., 2017). Но если использование растительных экстрактов в других отраслях, например в медицине (Muthukumar T et al., 2014), изучено давно, то применение растительных добавок в рыбоводстве ограничено тем, что

многим рыбоводом не хватает знаний о существовании подобных добавок и их эффективности для рыб (Nhu TQ et al., 2019).

Стоит отметить, что растительные экстракты применяются и в составе других кормовых добавок, например, в составе фитобиотиков. Фитобиотики – иммуностимуляторы на растительной основе, обычно включающие биоактивные экстракты растений, водорослей и их производные (эфирные масла и ароматические травы) и оказывающие антиоксидантное и противовоспалительное действие на организм животных (Holanda DM et al., 2021; Rezende RAE et al., 2021). Фитобиотики не оказывают отрицательного воздействия на организм животных (Багно О.А. и др., 2018). Такие кормовые добавки на основе растительных компонентов способны стать альтернативой антибиотикам, улучшить состояние здоровья организма, повысить устойчивость к патогенным заболеваниям (Rezende RAE et al., 2021).

Включение в рацион питания гидробионтов фитобиотических добавок подразумевает использование различных растительных компонентов. Фитобиотики подразделяются на несколько основных групп – травы, специи, эфирные масла и смолы. Несмотря на богатое разнообразие компонентов, фитобиотики являются легкодоступными составляющими для кормов в аквакультуре (Ushakova NA, 2021).

Было проведено несколько исследований по влиянию различных растительных кормовых добавок на организм рыб, в результате которых выявлено, что растительные компоненты – это безопасные и эффективные добавки, оказывающие терапевтический эффект. Например, в исследованиях Rezende RAE совместно с коллегами (2021) в качестве фитобиотика применяли смесь эфирных масел тимьяна и розмарина, которую вводили в экструдированный корм и скармливали молоди нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*) в течение трёх недель. По результатам отмечено незначительное увеличение массы тела молоди тилапии относительно контроля – на 3,61 %. При этом по окончании эксперимента учёные отметили, что фитобиотик способен повысить выживаемость молоди при воздействии *Aeromonas hydrophila* на рыб: выживаемость составила 96,4 %. Данные результаты показывают, что фитобиотическая кормовая добавка способна воздействовать на патогенные микроорганизмы. Стоит отметить, что введение фитобиотиков продемонстрировало потенциальную пользу для иммунной системы, способствуя улучшению биохимических реакций, повышению устойчивости к патогенным микроорганизмам и обеспечивая выживаемость после воздействия *Aeromonas hydrophila* (Rezende RAE et al., 2021).

В исследованиях другой группы учёных (Кошак Ж. и др., 2018) был использован экстракт гвоздичного базилика с различной дозировкой (5, 10 и 15 г/кг рациона) в кормлении молоди африканского сома (*Clarias gariepinus*) в течение 12 недель. Было отмечено, что масса молоди, потреблявшей фитобиотик, увеличилась от 10,84 % до 27,22 % по сравнению с контрольной группой. Выживаемость рыб составила 100 % во всех группах. Это показывает, что фитобиотики не оказывают токсического воздействия на рыбу. Также учёные отметили, что диета, обогащённая фитобиотиками, поспособствовала увеличению длины и ширины кишечных ворсинок. Кроме того, введение фитобиотической кормовой добавки помогало контролировать и ограничивать рост патогенных микроорганизмов в кишечнике рыб. В конечном итоге это привело к лучшему усвоению кормов, способствовало улучшению пищеварения и снижению кормовых затрат. Также экстракт гвоздичного базилика был способен повысить устойчивость рыбы к бактериальным заболеваниям (Кошак Ж. и др., 2021).

В 2022 году учёным Mohanasundari L и его коллегами было изучено влияние рациона, обогащённого *Illicium verum* в дозировке 5, 10 и 15 г/кг корма, на рост, иммунный ответ и устойчивость к заболеваниям у сеголеток катля (*Catla catla*). Корм, обогащённый травами, задавался в течение 30 суток. Для исследования влияния растительного компонента на устойчивость к заболеваниям 20 рыб из экспериментальной группы подвергли заражению бактерии *Aeromonas hydrophila*. По результатам эксперимента учёными отмечен рост рыб в опытных группах на величину от 19,53 % до 25,80 % по сравнению с контрольной группой. Кроме того, исследователи зафиксировали, что рацион с растительным компонентом способствовал повышению устойчивости к бактерии

Aeromonas hydrophila и снижению смертности от заболевания на 10-12 % (Mohanasundari L et al., 2022).

Среди отечественных исследований стоит отметить работу Мирошниковой Е.П. и её коллег (2019). Учёные включили в рацион годовиков карпа (*Cyprinus carpio*) растительный экстракт *Quercus cortex* в течение 6 недель. Добавление экстракта коры дуба положительно сказалось на росте и развитии рыб. Так, в конце эксперимента масса годовиков превышала контроль на 7,9-10,7 %. Кроме того, экстракт коры дуба способствовал снижению представителей рода *Aeromonas* в кишечнике карпа (*Cyprinus carpio*). Это говорит о способности растительного компонента участвовать в выработке ингибирующих соединений для нарушения механизмов чувствительности кворума у патогенных организмов (Мирошникова Е.П. и др., 2019; Miroshnikova M et al., 2021).

При использовании фитобиотика Микс-Ойл, состоящего из смеси эфирных масел из карвакрола, тимола, цинеола, в кормлении ленского осетра (*Acipenser baerii*) было отмечено повышение сухого вещества в мышцах осетров в 1,26 раза. Уровень белка и жира оказался выше в 1,20 и 1,8 раза по сравнению с контрольной группой, соответственно (Кошак Ж. и др., 2021).

Применение порошка сухого чеснока в рационе молоди нельмы (*Stenodus leucichthys nelma*) в дозировке 30 г/кг корма способствовал повышению выживаемости молоди на 10 %. Также включение растительного компонента увеличило набор массы молоди на величину от 37,3 до 40,0 % (Удинцев С.Н. и др., 2021).

Ряд исследований группой учёных под руководством Sun Zh и Tan X показали, что растительные кормовые добавки из экстракта *Radix Bupleuri* (Zou C et al., 2019), экстракта одуванчика (Sun Zh et al., 2019), экстрактов гинкго билоба (Tan X et al., 2020) и их совместное использование в качестве растительного экстракта (Sun Zh et al., 2021) в кормлении гибридного морского окуня (*Epinephelus lanceolatus*♂×*Epinephelus fuscoguttatus*♀) в соответствующих пропорциях оказали благоприятное воздействие на рыб. Во всех этих исследованиях был выявлен рост подопытной рыбы, а также отмечено, что растительные экстракты способствовали целостности морфологической структуры печени и кишечника, уменьшали накопление жира в печени.

Недавним открытием стало то, что растительные экстракты можно использовать при адаптации к тепловому стрессу у холодноводных рыб. Учёные (Mukherejee M et al., 2022) выявили, что добавление в кормление рыб Боции (*Botia rostrata*) экстракта *Mucuna pruriens* являлось эффективным профилактическим средством для снижения температурного стресса у рыб. При этом учёные отметили, что экстракты растений *Tribulus terrestris* и *Basella alba* показали ограниченную эффективность воздействия на рыб в аналогичных условиях содержания.

Ранее похожие исследования были проведены другой группой учёных (Kamunde C et al., 2019). Данными исследователями было установлено, что добавление бурых морских водорослей (*Laminaria sp.*) в корм для рыб способствовало увеличению потребления пищи, улучшению показателей роста и антиоксидантной способности, а также смягчению неблагоприятных последствий температурного стресса у атлантического лосося (*Salmo salar*).

Растительные кормовые добавки включают не только в кормление рыб, выращиваемых в индустриальных условиях, но и при выращивании аквариумных рыб. Учёным Hardi EH совместно с коллегами (2021) было изучено влияние экстракта *Boesenbergia pandurata* (дозировка – 2, 4 и 6 г/кг корма) на золотых рыбок (*Cyprinus carpio*) в течение 12 недель. Учёные выявили, что использование 4 г/кг корма экстракта *Boesenbergia pandurata* способствовало повышению массы рыбок на 74,44 % по сравнению с контрольной группой. При дозировке 2 и 6 г/кг корма также отмечено увеличение массы рыб на 40,57 % и 27,08 % соответственно. Устойчивость к патогенным организмам при добавлении фитобиотика составила 68,3-77,0 % по сравнению с контрольной группой. Результаты эксперимента показали, что растительный экстракт *Boesenbergia pandurata*, добавленный в корм аквариумных рыб, улучшил рост, повысил иммунитет и устойчивость к заболеваниям.

Вместе с тем, описан опыт использования растительных экстрактов «Antimicrobial blend» (Flavex, Германия) при переработке фарша балтийской сельди (*Clupea harengus membras*). Основными составляющими препарата были экстракт *Salvi fruticosa* M. и экстракт *Humulus lupulus* L. Damergau A совместно с коллегами (2020) установили, что растительные экстракты уменьшили окисление липидов в замороженной продукции без ущерба для вкусовых свойств готовой продукции.

Таким образом, исследования подчеркивают перспективность применения растительных компонентов в рационе кормления рыб для профилактики и лечения заболеваний, а также повышения роста и развития гидробионтов. Широкое внедрение новых кормовых добавок в кормопроизводство способно повысить эффективность выращивания экологически чистой рыбы. Включение фитобиотических добавок в условиях развивающейся антибиотикорезистентности также является альтернативой антибиотикам, при этом растительные экстракты не наносят вред здоровью рыб и окружающей среде. Данная отрасль в современном кормопроизводстве способна стать перспективным направлением для дальнейшего изучения.

Перспективы применения активированного угля и добавок на его основе в кормлении рыб.

Современное кормопроизводство предлагает различные кормовые добавки не только для стимулирования роста и развития, но и для снижения уровня токсических элементов в организме животных (Юрина Н.А. и др., 2016). Среди потенциальных кормовых добавок выделяют активированный уголь, способный связывать токсические вещества во время пищеварения, увеличивая всасывания полезных веществ в кишечнике (Firdus F et al., 2020). Также применение сорбентов оказывает влияние на усвоение витаминов в организме гидробионтов (Юрина Н.А. и др., 2016). Учитывая данные аспекты, активированный уголь способен стать незаменимым компонентом в производстве отечественных кормов.

Применение активированного угля при детоксикации молоди рыб описаны в исследованиях Спивак Е.Г. (2019). Из опыта следует, что введение активированного угля вместе со стартовым комбикормом СТ-07 в рацион кормления молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) в течение 30 дней значительно повышало способность интенсификации естественного процесса выведения токсических веществ из организма молоди вместе с продуктами метаболизма.

Юрина Н.А. совместно с коллегами отмечали, что скармливание активной угольной кормовой добавки положительно сказалось на содержании химических веществ в теле годовика шипа (*Acipenser nudiiventris*). По результатам исследований было установлено, что активная добавка способствовала повышению массовой доли жира и снижала уровень влаги в теле годовиков шипа. При этом угольная добавка, являющаяся сорбентом, не приводила к вымыванию из организма рыб минеральных веществ. Также стоит указать, что убойный выход тушки оказался выше до 4,3 % относительно контрольной группы. Для получения данных показателей учёные использовали в качестве основного рациона корм, изготовленный на предприятии ООО «НПП «Южный центр осетроводства». Корм задавали в количестве 3 % от массы тела годовиков. В основной рацион была введена активная угольная добавка в количестве 0,1 %, 0,2 % и 0,5 % к массе корма. В конце эксперимента достоверно увеличилась конечная масса шипа (*Acipenser nudiiventris*) на 5,3 %, 10,2 % и 9,9 % соответственно (Юрина Н.А. и др., 2016).

В исследованиях учёного Firdus F и его коллег (2020) приведён опыт использования активированного угля, полученного из рисовой шелухи, в кормлении желтопёрого каранкса (*Caranx ignobilis*). Так, уголь вносили в корм в количестве 1 %, 1,5 %, 2 %, 2,5 % и 3 %. Положительные результаты получены в группах, в которых вместе с кормом был добавлен активированный уголь в количестве 1,5 и 2 %, суточный прирост в них составил 22,98 и 52,76 % соответственно. Для других дозировок активированного угля была отмечена тенденция к отрицательному приросту – от 6,04 до 10,64 % относительно контрольной группы. Стоит указать, что схожие результаты получены и для показателя удельной скорости роста. При даче вместе с кормом 1,5 и 2 % активированного угля скорость удельного роста составила 25,49 и 32,98 %, соответственно. При использовании других дозировок активированного угля также отмечалась отрицательная удельная скорость роста

рыбы. Выживаемость каранкса (*Caranx ignobilis*) оказалась выше при внесении в корм 1,5 и 2 % корма и составила 83,33 и 88,33 %, что было выше на 20 % относительно выживаемости в других группах (Firdus F et al., 2020).

В настоящее время учёными мало изучено влияние активированного угля в рационе гидробионтов на их организм. Опыт использования активированного угля и добавок на его основе – актуальное направление для исследований. Кроме этого, возможно совместное включение активированного угля и других биологически активных добавок в кормление рыб для повышения благоприятного воздействия на организм.

Заключение.

Понимание того, как различные кормовые добавки влияют на организм гидробионтов, имеет решающее значение для получения сведений о правильном использовании добавок в кормлении. Опыт дополнительного включения биологически активных препаратов в рацион рыб показал положительные результаты, увеличив не только прирост и общее физиологическое состояние у гидробионтов, но и снизив заболеваемость. Фактически во многих исследованиях сделан вывод, что кормовые добавки, применяемые в аквакультуре, способны улучшить пищеварение гидробионтов, тем самым снизив кормовые затраты.

Результаты многих исследований выявили, что самыми распространёнными и изученными добавками в настоящее время являются пробиотические препараты. В то же время многочисленные данные показывают, что появляется тенденция использования других препаратов в кормлении гидробионтов. Среди прочих добавок в настоящее время активно начинают применять кормовые компоненты на растительной основе. При этом одним из новых направлений является включение активированного угля в рацион гидробионтов.

Список источников

1. Айткалиева А.А., Альпеисов Ш.А., Ибажанова А.С. Сравнительная оценка морфофункционального состояния рыбопосадочного материала и товарной радужной форели при использовании кормов с добавлением препарата пробиотического действия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 131-137. [Aitkaliyeva AA, Alpeisov SA, Ibazhanova AS. Comparative assessment of morphological state of trout seeding and commodity species when using forage with probiotic additives. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. 2020;1:131-137. (In Russ.). doi: 10.24143/2073-5529-2020-1-131-137]
2. Аринжанов А.Е., Мирошникова Е.П., Киякова Ю.В. Применение в кормлении молоди ленского осётра пробиотического препарата Ветом 1.1 // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации: материалы IV нац. науч.-практ. конф., (г. Калининград, 8-10 окт. 2019 г.). Саратов: ООО «Амирит». 2019. С. 13-16. [Arinzhanov AE, Mirosnikova EP, Kilyakova YV. Primenenie v kormlenii molodi lenskogo osetra probioticheskogo preparata Vetom 1.1. (Conference proceedings) Sostoyanie i puti razvitiya akvakul'tury v Rossijskoj Federacii: materialy IV nac. nauch.-prakt. konf., (g. Kaliningrad, 8-10 okt. 2019 g.). Saratov: ООО «Amirit»; 2019:13-16. (In Russ.).]
3. Влияние применения пробиотиков на рыбоводно-биологические показатели и приросты осетровых рыб / Д.А. Юрин, Е.А. Максим, Д.В. Осепчук, А.А. Данилова, И.Р. Тлецерук // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2022. Т. 11. № 1. С. 100-104. [Yurin DA, Maxim EA, Osepchuk DV, Danilova AA, Tletsruk IR. Influence of the application of probiotics on fish-biological indicators and growth performance of sturgeon. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2022;11(1);100-104. (In Russ.). doi: 10.48612/sbornik-2022-1-23]
4. Влияние пробиотика «СибМОС ПРО» на рост сеголетков алтайского зеркального карпа в условиях прудового хозяйства / Т.А. Литош, Е.В. Пищенко., И.В. Моружи, Г.А. Ноздрин // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 4 (26). С. 87-94. [Litosh TA, Pishchenko EV, Moruzi IV, Nozdryn GA. Effect of probiotic Sibmos Pro on the growth of juve-

nile altai mirror carp in pond farming. *Innovations and Food Safety*. 2019;4(26):87-94. (*In Russ.*). doi: 10.31677/2311-0651-2019-26-4-87-94

5. Влияние скармливания активной угольной кормовой добавки на содержание химических веществ в теле осетровых рыб / Н.А. Юрина, Е.А. Максим, Е.В. Чернышов, И.Р. Тлецерук // Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 3 (35). С. 56-62. [Yurina NA, Maksim EA, Chernyshov EV, Tletsruk IR. Feeding effect of active carbon feed additive on the chemical content in the sturgeon body. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2016;3(35):56-62. (*In Russ.*)].

6. Влияние ультрадисперсных кормовых добавок, пробиотических штаммов и их комплексов на содержание эссенциальных микроэлементов в организме карпа / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, А.Н. Сизенцов, Ю.В. Килякова // Микроэлементы в медицине. 2021. Т. 22. № S1. С. 9-10. [Arinzhanov AE, Miroshnikova EP, Sizensov AN, Kilyakova YV. Influence of ultradispersed feed additives, probiotic strains and their complexes on the content of essential trace elements in the carp body. *Trace Elements in Medicine*. 2021;22(S1):9-10. (*In Russ.*)]. doi: 10.19112/2413-6174-2021-S1-02

7. Воздействие экстракта из коры дуба (*Quercus cortex*) на рост и развитие карпа / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова, Г.К. Дускаев, М.С. Мирошникова // Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 69-72. [Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YV, Duskaev GK, Miroshnikova MS. Effects of *Quercus cortex* extract on the growth and development of carp. *The Agrarian Scientific Journal*. 2019;11:69-72. (*In Russ.*)]. doi: 10.28983/asj.y2019i11pp69-72

8. Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) / Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин, В.Л. Королёв, Ф.Х. Сиразетдинов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 136-148. [Duskaev GK, Levakhin GI, Korolyov VL, Sirazetdinov FK. Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):136-148. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136

9. Комбинированный пробиотик для аквакультуры на основе спорообразующих бактерий рода *Bacillus* и способ его производства: патент 2768281 Рос. Федерация / В.В. Джавахия, Е.В. Глаголева, А.И. Овчинников, М.И. Карташов, П.И. Ревин. Заявл. 24.05.21; опубл. 23.03.22, Бюл. № 9. [Dzhavakhiya VV, Glagoleva EV, Ovchinnikov AI, Kartashov MI, Revin PI. Kombinirovanniy probiotik dlya akvakultury na osnove sporoobrazuyushchikh bakterii roda *Bacillus* i sposob ego proizvodstva: pat. 2021114586 Ros. Federatsiya. Zayavl. 24.05.21; opubl. 23.03.22, Byul. № 9. (*In Russ.*)].

10. Кошак Ж., Русина А., Давгель Ю. Комбикорма с нетрадиционными компонентами для ценных видов рыб // Комбикорма. 2021. № 11. С. 46-49. [Koshak Z, Rusina A, Davgel Y. Compound feeds with non-traditional ingredients for valuable fish species. *Compound Feeds*. 2021;11:46-49. (*In Russ.*)]. doi: 10.25741/2413-287X-2021-11-3-153

11. Любомирова В.Н., Романов В.В., Ракова Л.Ю. Результативность эндогенного и экзогенного использования пробиотика «Споротермин» на разных этапах онтогенеза африканского клариевого сома // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4(44). С. 172-177. [Lyubomirova VN, Romanov VV, Rakova LYu. Productivity of endogenous and exogenous use of the probiotic Sporothermin at different ontogenesis stages of african sharptooth catfish. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018;4(44):172-177. (*In Russ.*)]. doi: 10.18286/1816-4501-2018-4-172-177

12. Максим Е.А. Применение комплекса пробиотиков в рыбоводстве // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2014. Т. 3. № 2. С. 197-201. [Maxim EA. Application of probiotic complex in fish breeding. *Sbornik nauchnyh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva*. 2014;3(2):197-201. (*In Russ.*)].

13. Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Килякова Ю.В. Элементный статус рыб при введении в рацион наночастиц железа, ферментных и пробиотических препаратов // Микроэлементы в медицине. 2021. Т. 22. № S1. С. 15-16. [Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YV. Fish elemental status when including iron nanoparticles, enzyme and probiotic preparations into the diet. *Trace Elements in Medicine*. 2021;22(S1):15-16. (*In Russ.*)]. doi: 10.19112/2413-6174-2021-S1-06

14. Ноздрин Г.А., Зеленков В.Н. Новые иммуномодуляторы и лечебно-профилактические средства // Новые фармакологические средства в ветеринарии: тез. докл. 4-й межвуз. науч.-практ. конф. СПб, 1992. С. 31-32. [Nozdrin GA, Zelenkov VN. Novye immunomodulyatory i lechebno-profilakticheskie sredstva (Conference proceedings) Novye farmakologicheskie sredstva v veterinarii: tez. dokl. 4-j mezhvuz. nauch.-prakt. konf. Sankt-Peterburg; 1992:31-32. (*In Russ.*)].

15. Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Гречкина В.В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 103-118. [Petrusha YK, Lebedev SV, Grechkina VV. Phytobiotics in poultry feeding (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):103-118. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-103

16. Пономарева Е.Н., Рудой Д.В., Сорокина М.Н. Перспективы развития аквакультуры в южных регионах России. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021. № 10(189). С. 6-11. [Ponomareva EN, Rudoy DV, Sorokina MN. Prospects for the development of aquaculture in the southern regions of Russia. *Fish Breeding and Fisheries*. 2021;10(189):6-11. (*In Russ.*)]. doi: 10.33920/sel-09-2110-01

17. Пробиотик «Споротермин» в рационах сельскохозяйственных животных, птицы и рыб как стимулятор роста / Е.А. Максим, З.В. Психацьева, В.А. Овсепьян, Е.В. Чернышов, Н.А. Юрина // Ветеринария Кубани. 2015. № 6. С. 12-14. [Maksim EA, Pskhatsieva ZV, Ovsepiyan VA, Chernyshov EV, Iurina NA. Probiotic Sporotermine in diet of farm animals, birds and fish for growth stimulation. *Veterinariya Kubani*. 2015;6:12-14. (*In Russ.*)].

18. Пробиотические кормовые добавки, применяемые в промышленном птицеводстве / А.Д. Ачмиз, А.С. Бородихин, Е.П. Викторова, А.И. Петенко, А.В. Свердличенко // Ветеринария Кубани. 2021. № 2. С. 27-31. [Achmiz AD, Borodikhin AS, Viktorova EP, Petenko AI, Sverdlichenko AV. Probiotic feed additives used in industrial poultry farming. *Veterinariya Kubani*. 2021;2:27-31 (*In Russ.*)]. doi: 10.33861/2071-8020-2021-2-27-31

19. Развитие товарной аквакультуры в России: состояние и ключевые направления / Н.Д. Аварский, К.В. Колончин, С.Н. Серёгин, О.И. Бетин // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 8(65). С. 74-90. [Avarskii ND, Kolonchin KV, Seregin SN, Betin OI. Development of commodity aquaculture in Russia: state and key areas. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve*. 2020;8(65):74-90. (*In Russ.*)]. doi: 10.33938/208-74

20. Романова Е.М., Спирина Е.В., Любомирова В.Е. Адаптивная реакция тканей желудка африканского сома на микробиоту с пробиотическими свойствами // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 117-123. [Romanova EM, Spirina EV, Lyubomirova VN. Adaptive response of stomach tissues of african catfish to microbiota with probiotic properties. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021;1(53):117-123. (*In Russ.*)]. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-117-123

21. Серветник Г.Е., Лесина Т.Н. Контроль и совершенствование методов использования зерна и комбикормов в аквакультуре // *Znanstvena Misel*. 2020. № 39-1(39). С. 8-11. [Servetnik G, Lesina T. Control and improvement of methods of using grain and feed in aquaculture. *Znanstvena Misel*. 2020;39-1(39):8-11. (*In Russ.*)].

22. Спивак Э.Г. Из опыта использования активированного угля для детоксикации молоди осетра // Труды АЗНИИРХ. 2019. С. 196-200. [Spivak EG. From the experience of application of activated carbon for detoxification of sturgeon juveniles. *Proceedings of AzNIIRKH*. 2019:196-200. (*In Russ.*)].

23. Способ выращивания молоди осетровых рыб с использованием пробиотиков / Е.А. Максим, Н.А. Юрина, Д.А. Юрин, Н.Л. Мачнева // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2017. № 40. С. 67-76. [Maxim EA, Yurina NA, Yurin DA, Machneva NL. Method of growing young sturgeon with probiotics. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. 2017;40:67-76. (*In Russ.*)]. doi: 10.17217/2079-0333-2017-40-67-76

24. Суворова Т.А., Силкина Н.И. Влияние антибактериального и пробиотического препаратов на специфический и неспецифический иммунитет и окислительные процессы в организме рыб // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2019. № 87(90). С. 62-70. [Suvorova TA, Silkina NI. Effect of antibacterial and probiotic preparations on specific and non-specific

immunity and oxidative processes in the organism of fish. Transactions of Papanin Institute for Biology of inland waters RAS. 2019;87(90):62-70. (In Russ.). doi: 10.24411/0320-3557-2019-10020

25. Ткачева И.В. Влияние кормовой добавки «Бацелл-М» на содержание витаминов в тканях тела карпа // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2019. № 3(158). С. 62-66. [Tkacheva IV. Effect of the feed additive "Bacell-M" on the content of vitamins in the tissues of the carp body. Fish Breeding and Fisheries. 2019;3(158):62-66. (In Russ.).]

26. Удинцев С.Н., Жилиякова Т.П., Кинев Г.В. Использование порошка сухого чеснока в качестве фитобиотика для повышения эффективности выращивания молоди нельмы *Stenodus leucichthys nelma (pallas)* в аквакультуре // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021. № 3(182). С. 48-58. [Udintsev SN, Zhilyakova TP, Kinev GV. The use of dry garlic powder as a phytobiotic to increase the efficiency of cultivation the fries of *Stenodus leucichthys nelma (pallas)* in aquaculture. Fish Breeding and Fisheries. 2021;3(182):48-58. (In Russ.).] doi: 10.33920/sel-09-2103-04

27. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных / О.А. Багно, О.Н. Прохоров, С.А. Шевченко, А.И. Шевченко, Т.В. Дядичкина // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 687-697. [Bagno OA, Prokhorov ON, Shevchenko SA, Shevchenko AI, Dyadichkina TV. Use of phytobiotics in farm animal feeding. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2018;53(4):684-697. (In Russ.).] doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.687rus doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.687eng

28. Шабунин Б.В., Шабунин А.В., Михайлов Е.В. Влияние пробиотика «Целлобактерин-Т» на уровень гликогена в гепатоцитах карпа обыкновенного (*Cyprinus Carpio*) // Ветеринарный фармакологический вестник. 2022. № 1(18). С. 140-147. [Shabunin BV, Shabunin AV, Mikhaylov EV. Effect of the probiotic "Cellobacter in-T" on the level of glycogen in hepatocytes of the common carp (*Cyprinus Carpio*). Bulletin of Veterinary Pharmacology. 2022;1(18):140-147. (In Russ.).] doi: 10.17238/issn2541-8203.2022.1.140

29. Шленкина Т.М., Романова Е.В., Мухитова М.Э. Влияние пробиотиков на лейкограмму африканского клариевого сома в условиях индустриальной аквакультуры // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). С. 222-228. [Shlenkina TM, Romanova EM, Mukhitova ME. Effect of probiotics on the leucogram of african sharptooth catfish in the conditions of industrial aquacultures. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018;4(44):222-228. (In Russ.).] doi: 10.18286/1816-4501-2018-4-222-228

30. Abdel-Tawwab M, Adeshina I, Jenyo-Oni A, Ajani EK, Emikpe BO. Growth, physiological, antioxidants, and immune response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.), to dietary clove basil, *Ocimum gratissimum*, leaf extract and its susceptibility to *Listeria monocytogenes* infection. Fish & Shellfish Immunology. 2018;78:346-354. doi: 10.1016/j.fsi.2018.04.057

31. Chiu S-T, Chu T-W, Simangunsong T, Ballantyne R, Chiu Ch-Sh, Liu Ch-H. Probiotic, *Lactobacillus pentosus* BD6 boost the growth and health status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* via oral administration. Fish & Shellfish Immunol. 2021;117:124-135. doi: 10.1016/j.fsi.2021.07.024

32. Damerau A, Kakko T, Tian Y, Tuomasjukka S, Sandell M, Hopia A, Yang B. Effect of supercritical CO₂ plant extract and berry press cakes on stability and consumer acceptance of frozen Baltic herring (*Clupea harengus membras*) mince. Food Chem. 2020;332:127385. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127385

33. Fiorella KJ, Okronipa H, Baker K, Heilpern S. Contemporary aquaculture: implications for human nutrition. Current Opinion in Biotechnology. 2021;70:83-90. doi: 10.1016/j.copbio.2020.11.014

34. Firdus F, Samadi S, Muhammadar AA, Sarong MA, Muchlisin ZA, Sari W, et al. Supplementation of rice husk activated charcoal in feed and its effects on growth and histology of the stomach and intestines from giant trevally, *Caranx ignobilis* [version 2; peer review: 2 approved, 1 approved with reservations]. F1000Research. 2021;9:1274. doi: 10.12688/f1000research.27036.2

35. Forgetta V, Rempel H, Malouin F, Vaillancourt RJr, Topp E, Dewar K, Diarra MS. Pathogenic and multidrug-resistant *Escherichia fergusonii* from broiler chicken. Poult Sci. 2012;91(2):512-525. doi: 10.3382/ps.2011-01738

36. Hai NV, Fotedar R. Comparison of the effects of the prebiotics (Bio-Mos and -1,3-D-glucan) and the customised probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *P. aeruginosa*) on the culture of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896). *Aquaculture*. 2009;289(3-4):310-316. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.02.001
37. Hai NV. The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2015;119(4):917-935. doi: 10.1111/jam.12886
38. Hardi EH, Saptiani G, Nugroho RA, Rahman F, Sulistyawati S, Rahayu W, Supriansyah A, Kusuma IW. *Boesenbergia pandurata* application in Goldfish (*Cyprinus carpio*) Feed to Enhancing Fish Growth, Immunity System, and Resistance to Bacterial Infection [version 2; peer review: 2 approved]. *F1000Res*. 2021;10:766-780. doi: 10.12688/f1000research.52889.2
39. Holanda DM, Kim YI, Parnsen W, Kim SW. Phytobiotics with Adsorbent to Mitigate Toxicity of Multiple Mycotoxins on Health and Growth of Pigs. *Toxins*. 2021;13(7):442. doi: 10.3390/toxins13070442
40. Huang X, Ma Y, Wang Y, Niu Ch, Liu Zh, Yao X, Jiang X, Pan R, Jia Sh, Li D, Guan X, Wang L, Xu Y. Oral probiotic vaccine expressing koi herpesvirus (KHV) ORF81 protein delivered by chitosan-alginate capsules is a promising strategy for mass oral vaccination of carps against KHV infection. *Journal of Virology*. 2021;95(12):415. doi: 10.1128/JVI.00415-21
41. Iorizzo M, Albanese G, Letizia F, Testa B, Tremonte P, Vergalito F, Lombardi SJ, Succi M, Coppola R, Sorrentino E. Probiotic potentiality from versatile *Lactiplantibacillus plantarum* strains as resource to enhance freshwater fish health. *Microorganism*. 2022;10(2):463-475. doi: 10.3390/microorganisms10020463
42. Jia Sh, Zhou K, Pan R, Wei J, Liu Z, Xu Y. Oral immunization of carps with chitosan-alginate microcapsule containing probiotic expressing spring viremia of carp virus (SVCV) G protein provides effective protection against SVCV infection. *Fish & Shellfish Immunol*. 2020;105:327-329. doi: 10.1016/j.fsi.2020.07.052
43. Kamunde C, Sappal R, Melegy TM. Brown seaweed (AquaArom) supplementation increases food intake and improves growth, antioxidant status and resistance to temperature stress in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *PLoS ONE*. 2019;14(7):e0219792. doi: 10.1371/journal.pone.0219792
44. Longo SB, Clark B, York R, Jorgenson AK. Aquaculture and the displacement of fisheries captures. *Conservation Biology*. 2019;33(4):832-841. doi: 10.1111/cobi.13295
45. Merrifield DL, Carnevali O. Probiotic modulation of the gut microbiota of fish. In: Merrifield D, Ringø E, editors. *Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics and Prebiotics*. 2014;8:185-222. doi: 10.1002/9781118897263.ch8
46. Miroschnikova M, Miroschnikova E, Sizentsov A, Arinzhanov A, Kilyakova Y. Experimental evaluation of the effectiveness of the *Quercus cortex* extract in the carp feeding system. *Journal of Animal Science*. 2021;99(3):339. doi: 10.1093/jas/skab235.623
47. Mohanasundari L, Gevi GBB, Musthafa MS, Madhavi M. Effects of *Illicium verum* Hook. f. (Chinese herb) enriched diet on growth performance, immune response and disease resistance in *Catla catla* [Hamilton] fingerlings against *Aeromonas hydrophila*. *Fish Shellfish Immunol*. 2022;127:455-462. doi: 10.1016/j.fsi.2022.06.050
48. Mukherjee M, Moniruzzaman M, Ghosal I, Pegu T, Das DN, Chakraborty SB. Evaluating the role of dietary plant extracts to allow adaptation to thermal stress in a cold stream ornamental fish, *Botia rostrata* (Günther, 1868). *J Therm Biol*. 2022;105:103224. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103224
49. Muthukumar T, Prabu P, Ghosh K, Sastry TP. Fish scale collagen sponge incorporated with *Macrotyloma uniflorum* plant extract as a possible wound/burn dressing material. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2014;113:207-212. doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.09.019
50. Na-Phatthalung P, Teles M, Voravuthikunchai SP, Tort L, Fierro-Castro C. Immunomodulatory effects of *Rhodomyrtus tomentosa* leaf extract and its derivative compound, rhodomyrtone, on head kidney macrophages of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol Biochem*. 2018;44(2):543-555. doi: 10.1007/s10695-017-0452-2

51. Negi PS. Plant extracts for the control of bacterial growth: efficacy, stability and safety issues for food application. *Int J Food Microbiol.* 2012;156(1):7-17. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.006
52. Nhu TQ, Hang BTB, Bach LT, Hue BTB, Quetin-Leclercq J, Scippo M-L, Phuong NTh, Kestemont P. Plant extract-based diets differently modulate immune responses and resistance to bacterial infection in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Fish & Shellfish Immunology.* 2019;92:913-924. doi: 10.1016/j.fsi.2019.07.025
53. Olmos J, Acosta M, Mendoza G, Pitones V. *Bacillus subtilis*, an ideal probiotic bacterium to shrimp and fish aquaculture that increase feed digestibility, prevent microbial diseases, and avoid water pollution. *Arch Microbiol.* 2020;202(3):427-435. doi: 10.1007/s00203-019-01757-2
54. Rahman ANA, Khalil AA, Abdallah H, El-Hady M. The effects of the dietary supplementation of *Echinacea purpurea* extract and/or vitamin C on the intestinal histomorphology, phagocytic activity, and gene expression of the Nile tilapia. *Fish & Shellfish Immunol.* 2018;82:312-318. doi: 10.1016/j.fsi.2018.08.024
55. Rekiel A, Bielecki W, Gajewska J, Cichowicz M, Kulisiewicz J, Batorska M, Roszkowski T, et al. Effect of addition of feed antibiotic flavomycin or prebiotic BIO-MOS on production results of fatteners, blood biochemical parameters, morphometric indices of intestine and composition of microflora. *Archiv Tierzucht Dummerstorf.* 2007;50:172-180.
56. Rezende RAE, Soares MP, Sampaio FG, Cardoso IL, Ishikawa MM, Dallago BSL, Rantin FT, Duarte MCT. Phytobiotics blend as a dietary supplement for Nile tilapia health improvement. *Fish & Shellfish Immunol.* 2021;114:293-300. doi: 10.1016/j.fsi.2021.05.010
57. Ringo E, Doan HV, Lee S, Song SK. Lactic acid bacteria in shellfish: possibilities and challenges. *Rev Fish Sci Aquac.* 2019;28:139-169. doi: 10.1080/23308249.2019.1683151
58. Ringo E, Van Doan H, Lee SH, Soltani M, Hoseinifar SH, Harikrishnan R, Song SK. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. *J Appl Microbiol.* 2020;129(1):116-136. doi: 10.1111/jam.14628
59. Shang X, Yu P, Yin Y, Zhang Y, Lu Y, Mao Q, Li Y. Effect of selenium-rich *Bacillus subtilis* against mercury-induced intestinal damage repair and oxidative stress in common carp. *Comp Biochem Physiol C: Toxicol Pharmacol.* 2021;239:108851. doi: 10.1016/j.cbpc.2020.108851
60. Sun Zh, Liu Y, Wei Z, Mai H, Liu Q, Liu B, Zhuang Y, Zou D, Zhang W, Liu X., Tan X, Ye Ch. The effects of dietary compound plant extracts on growth performance, liver and intestine health, and immune related genes expression in hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). *Fish & Shellfish Immunology.* 2021;119:11-18. doi: 10.1016/j.fsi.2021.09.013
61. Sun Zh, Tan X, Xu M, Liu Q, Ye H, Zou C, Zhou Y, Su N, Chen L, Wang A, Ye Ch. Effects of dietary dandelion extracts on growth performance, liver histology, immune-related gene expression and CCl₄ resistance of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). *Fish & Shellfish Immunology.* 2019;88:126-134. doi: 10.1016/j.fsi.2019.02.031
62. Tan X, Sun Zh, Ye Ch. Dietary Ginkgo biloba leaf extracts supplementation improved immunity and intestinal morphology, antioxidant ability and tight junction proteins mRNA expression of hybrid groupers (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀) fed high lipid diets. *Fish & Shellfish Immunology.* 2020;98:611-618. doi: 10.1016/j.fsi.2019.09.034
63. Ushakova NA, Pravdin VG, Kravtsova LZ, Ponomarev SV, Gridina TS, Ponomareva EN, Rudoy DV, Chikindas ML. Complex bioactive supplements for aquaculture - evolutionary development of probiotic concepts. *Probiotics and Antimicrobial Proteins.* 2021;13:1696-1708. doi: 10.1007/s12602-021-09835-y
64. Wu Zh, Qi X, Qu Sh, Ling F, Wang G. Dietary supplementation of *Bacillus velezensis* B8 enhances immune response and resistance against *Aeromonas veronii* in grass carp. *Fish & Shellfish Immunology.* 2021;115:14-21. doi: 10.1016/j.fsi.2021.05.012
65. Yang Zh, Huang S, Kong W, Chen L, Priakhina E, Khatoon Z, Ashraf M, Akram W. Effects of fish feed addition scenarios with prometryn on *Microcystis aeruginosa* growth and water qualities. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2021;209:111810. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111810

66. Yuan W, Lee HW, Yuk H-G. Antimicrobial efficacy of *Cinnamomum javanicum* plant extract against *Listeria monocytogenes* and its application potential with smoked salmon. *Int J Food Microbiol.* 2017;260:42-50. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.015
67. Zou C, Su N, Wu J, Xu M, Sun Zh, Liu Q, Chen L, Zhou Y, Wang A, Ye Ch. Dietary *Radix Bupleuri* extracts improves hepatic lipid accumulation and immune response of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). *Fish & Shellfish Immunology.* 2019;88:496-507. doi: 10.1016/j.fsi.2019.02.052

References

1. Aitkaliyeva AA, Alpeisov SA, Ibazhanova AS. Comparative assessment of morphological state of trout seeding and commodity species when using forage with probiotic additives. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2020;1:131-137. doi: 10.24143/2073-5529-2020-1-131-137
2. Arinzhanov AE, Miroshnikova EP, Kilyakova YV. The use of the probiotic preparation Vetom 1.1 in feeding the juvenile Lena sturgeon (Conference proceedings) State and ways of development of aquaculture in the Russian Federation: materials of the IV nat. scientific-practical. conf., (Kaliningrad, October 8-10, 2019). Saratov: Amirit LLC; 2019:13-16.
3. Yurin DA, Maxim EA, Osepchuk DV, Danilova AA, Tletseruk IR. Influence of the application of probiotics in fish-biological indicators and growth performance of sturgeon. *Collection of Scientific Papers of KRCAHVM.* 2022;11(1):100-104. doi: 10.48612/sbornik-2022-1-23
4. Litosh TA, Pishchenko EV, Moruzi IV, Nozdrin GA. Effect of probiotic Sibmos Pro on the growth of juvenile altai mirror carp in pond farming. *Innovations and Food Safety.* 2019;4(26):87-94. doi: 10.31677/2311-0651-2019-26-4-87-94
5. Yurina NA, Maksim EA, Chernyshov EV, Tletseruk IR. Feeding effect of active carbon feed additive on the chemical content in the sturgeon body. *Don Agrarian Science Bulletin.* 2016;3(35):56-62.
6. Arinzhanov AE, Miroshnikova EP, Sizentsov AN, Kilyakova YV. Influence of ultradispersed feed additives, probiotic strains and their complexes on the content of essential trace elements in the carp body. *Trace Elements in Medicine.* 2021;22(S1):9-10. doi: 10.19112/2413-6174-2021-S1-02
7. Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YV, Duskaev GK, Miroshnikova MS. Effects of *Quercus cortex* extract on the growth and development of carp. *The Agrarian Scientific Journal.* 2019;11:69-72. doi: 10.28983/asj.y2019i11pp69-72
8. Duskaev GK, Levakhin GI, Korolyov VL, Sirazetdinov FK. Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2019;102(1):136-148. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136
9. Javakhia VV, Glagoleva EV, Ovchinnikov AI, Kartashov MI, Revin PI. Combined probiotic for aquaculture based on spore-forming bacteria of the genus *Bacillus* and method for its production: patent 2768281 Rus. Federation. *Appl.* 05/24/21; publ. 03/23/22, Bull. No. 9.
10. Koshak Z, Rusina A, Davgel Y. Compound feeds with non-traditional ingredients for valuable fish species. *Compound Feeds.* 2021;11:46-49. doi: 10.25741/2413-287X-2021-11-3-153
11. Lyubomirova VN, Romanov VV, Rakova LYu. Productivity of endogenous and exogenous use of the probiotic Sporothermin at different ontogenesis stages of african sharptooth catfish. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2018;4(44):172-177. doi: 10.18286/1816-4501-2018-4-172-177
12. Maxim EA. Application of probiotic complex in fish breeding. *Collection of scientific papers of the North Caucasian Research Institute of Animal Husbandry.* 2014;3(2):197-201.
13. Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YV. Fish elemental status when including iron nanoparticles, enzyme and probiotic preparations into the diet. *Trace Elements in Medicine.* 2021;22(S1):15-16. doi: 10.19112/2413-6174-2021-S1-06

14. Nozdrin GA, Zelenkov VN. New immunomodulators and therapeutic and prophylactic agents (Conference proceedings) New pharmacological agents in veterinary medicine: abstract. report 4th interuniversity. scientific-practical. conf. St. Petersburg;1992:31-32.
15. Petrusha YK, Lebedev SV, Grechkina VV. Phytobiotics in poultry feeding (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):103-118. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-103
16. Ponomareva EN, Rudoy DV, Sorokina MN. Prospects for the development of aquaculture in the southern regions of Russia. *Fish Breeding and Fisheries*. 2021;10(189):6-11. doi: 10.33920/sel-09-2110-01
17. Maksim EA, Pskhatsieva ZV, Ovsepiyan VA, Chernyshov EV, Iurina NA. Probiotic Sporo-termin in diet of farm animals, birds and fish for growth stimulation. *Veterinary of Kuban*. 2015;6:12-14.
18. Achmiz AD, Borodikhin AS, Viktorova EP, Petenko AI, Sverdlichenko AV. Probiotic feed additives used in industrial poultry farming. *Veterinary of Kuban*. 2021;2:27-31. doi: 10.33861/2071-8020-2021-2-27-31
19. Avarskii ND, Kolonchin KV, Seregin SN, Betin OI. Development of commodity aquaculture in Russia: state and key areas. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2020;8(65):74-90. doi: 10.33938/208-74
20. Romanova EM, Spirina EV, Lyubomirova VN. Adaptive response of stomach tissues of african catfish to microbiota with probiotic properties. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021;1(53):117-123. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-117-123
21. Servetnik G, Lesina T. Control and improvement of methods of using grain and feed in aquaculture. *Znanstvena misel*. 2020;39-1(39):8-11.
22. Spivak EG. From the experience of application of activated carbon for detoxification of sturgeon juveniles. *Proceedings of AzNIIRKH*. 2019:196-200.
23. Maxim EA, Yurina NA, Yurin DA, Machneva NL. Method of growing young sturgeon with probiotics. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. 2017;40:67-76. doi: 10.17217/2079-0333-2017-40-67-76
24. Suvorova TA, Silkina NI. Effect of antibacterial and probiotic preparations on specific and non-specific immunity and oxidative processes in the organism of fish. *Transactions of Papanin Institute for Biology of inland waters RAS*. 2019;87(90):62-70. doi: 10.24411/0320-3557-2019-10020
25. Tkacheva IV. Effect of the feed additive "Bacell-M" on the content of vitamins in the tissues of the carp body. *Fish Breeding and Fisheries*. 2019;3(158):62-66.
26. Udintsev SN, Zhilyakov TP, Kinev GV. The use of dry garlic powder as a phytobiotic to increase the efficiency of cultivation the fries of *Stenodus leucichthys nelma* (pallas) in aquaculture. *Fish Breeding and Fisheries*. 2021;3(182):48-58. doi: 10.33920/sel-09-2103-04
27. Bagno OA, Prokhorov ON, Shevchenko SA, Shevchenko AI, Dyadichkina TV. Use of phytobiotics in farm animal feeding. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2018;53(4):684-697. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.687eng
28. Shabunin BV, Shabunin AV, Mikhaylov EV. Effect of the probiotic "Cellobacter in-T" on the level of glycogen in hepatocytes of the common carp (*Cyprinus Carpio*). *Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2022;1(18):140-147. doi: 10.17238/issn2541-8203.2022.1.140
29. Shlenkina TM, Romanova EM, Mukhitova ME. Effect of probiotics on the leucogram of african sharptooth catfish in the conditions of industrial aquacultures. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018;4(44):222-228. doi: 10.18286/1816-4501-2018-4-222-228
30. Abdel-Tawwab M, Adeshina I, Jenyo-Oni A, Ajani EK, Emikpe BO. Growth, physiological, antioxidants, and immune response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.), to dietary clove basil, *Ocimum gratissimum*, leaf extract and its susceptibility to *Listeria monocytogenes* infection. *Fish & Shellfish Immunology*. 2018;78:346-354. doi: 10.1016/j.fsi.2018.04.057

31. Chiu S-T, Chu T-W, Simangunsong T, Ballantyne R, Chiu Ch-Sh, Liu Ch-H. Probiotic, *Lactobacillus pentosus* BD6 boost the growth and health status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* via oral administration. *Fish & Shellfish Immunol.* 2021;117:124-135. doi: 10.1016/j.fsi.2021.07.024
32. Damerau A, Kakko T, Tian Y, Tuomasjukka S, Sandell M, Hopia A, Yang B. Effect of supercritical CO₂ plant extract and berry press cakes on stability and consumer acceptance of frozen Baltic herring (*Clupea harengus membras*) mince. *Food Chem.* 2020;332:127385. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127385
33. Fiorella KJ, Okronipa H, Baker K, Heilpern S. Contemporary aquaculture: implications for human nutrition. *Current Opinion in Biotechnology.* 2021;70:83-90. doi: 10.1016/j.copbio.2020.11.014
34. Firdus F, Samadi S, Muhammadar AA, Sarong MA, Muchlisin ZA, Sari W, et al. Supplementation of rice husk activated charcoal in feed and its effects on growth and histology of the stomach and intestines from giant trevally, *Caranx ignobilis* [version 2; peer review: 2 approved, 1 approved with reservations]. *F1000Research.* 2021;9:1274. doi: 10.12688/f1000research.27036.2
35. Forgetta V, Rempel H, Malouin F, Vaillancourt RJr, Topp E, Dewar K, Diarra MS. Pathogenic and multidrug-resistant *Escherichia fergusonii* from broiler chicken. *Poult Sci.* 2012;91(2):512-525. doi: 10.3382/ps.2011-01738
36. Hai NV, Fotedar R. Comparison of the effects of the prebiotics (Bio-Mos and -1,3-D-glucan) and the customised probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *P. aeruginosa*) on the culture of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896). *Aquaculture.* 2009;289(3-4):310-316. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.02.001
37. Hai NV. The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology.* 2015;119(4):917-935. doi: 10.1111/jam.12886
38. Hardi EH, Saptiani G, Nugroho RA, Rahman F, Sulistyawati S, Rahayu W, Supriansyah A, Kusuma IW. *Boesenbergia pandurata* application in Goldfish (*Cyprinus carpio*) Feed to Enhancing Fish Growth, Immunity System, and Resistance to Bacterial Infection [version 2; peer review: 2 approved]. *F1000Res.* 2021;10:766-780. doi: 10.12688/f1000research.52889.2
39. Holanda DM, Kim YI, Parnsen W, Kim SW. Phytobiotics with Adsorbent to Mitigate Toxicity of Multiple Mycotoxins on Health and Growth of Pigs. *Toxins.* 2021;13(7):442. doi: 10.3390/toxins13070442
40. Huang X, Ma Y, Wang Y, Niu Ch, Liu Zh, Yao X, Jiang X, Pan R, Jia Sh, Li D, Guan X, Wang L, Xu Y. Oral probiotic vaccine expressing koi herpesvirus (KHV) ORF81 protein delivered by chitosan-alginate capsules is a promising strategy for mass oral vaccination of carps against KHV infection. *Journal of Virology.* 2021;95(12):415. doi: 10.1128/JVI.00415-21
41. Iorizzo M, Albanese G, Letizia F, Testa B, Tremonte P, Vergalito F, Lombardi SJ, Succi M, Coppola R, Sorrentino E. Probiotic potentiality from versatile *Lactiplantibacillus plantarum* strains as resource to enhance freshwater fish health. *Microorganism.* 2022;10(2):463-475. doi: 10.3390/microorganisms10020463
42. Jia Sh, Zhou K, Pan R, Wei J, Liu Z, Xu Y. Oral immunization of carps with chitosan-alginate microcapsule containing probiotic expressing spring viremia of carp virus (SVCV) G protein provides effective protection against SVCV infection. *Fish & Shellfish Immunol.* 2020;105:327-329. doi: 10.1016/j.fsi.2020.07.052
43. Kamunde C, Sappal R, Melegy TM. Brown seaweed (AquaArom) supplementation increases food intake and improves growth, antioxidant status and resistance to temperature stress in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *PLoS ONE.* 2019;14(7):e0219792. doi: 10.1371/journal.pone.0219792
44. Longo SB, Clark B, York R, Jorgenson AK. Aquaculture and the displacement of fisheries captures. *Conservation Biology.* 2019;33(4):832-841. doi: 10.1111/cobi.13295
45. Merrifield DL, Carnevali O. Probiotic modulation of the gut microbiota of fish. In: Merrifield D, Ringø E, editors. *Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics and Prebiotics.* 2014;8:185-222. doi: 10.1002/9781118897263.ch8

46. Miroshnikova M, Miroshnikova E, Sizentsov A, Arinzhonov A, Kilyakova Y. Experimental evaluation of the effectiveness of the *Quercus cortex* extract in the carp feeding system. *Journal of Animal Science*. 2021;99(3):339. doi: 10.1093/jas/skab235.623
47. Mohanasundari L, Gevi GBB, Musthafa MS, Madhavi M. Effects of *Illicium verum* Hook. f. (Chinese herb) enriched diet on growth performance, immune response and disease resistance in *Catla catla* [Hamilton] fingerlings against *Aeromonas hydrophila*. *Fish Shellfish Immunol*. 2022;127:455-462. doi: 10.1016/j.fsi.2022.06.050
48. Mukherjee M, Moniruzzaman M, Ghosal I, Pegu T, Das DN, Chakraborty SB. Evaluating the role of dietary plant extracts to allow adaptation to thermal stress in a cold stream ornamental fish, *Botia rostrata* (Günther, 1868). *J Therm Biol*. 2022;105:103224. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103224
49. Muthukumar T, Prabu P, Ghosh K, Sastry TP. Fish scale collagen sponge incorporated with *Macrotyloma uniflorum* plant extract as a possible wound/burn dressing material. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2014;113:207-212. doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.09.019
50. Na-Phatthalung P, Teles M, Voravuthikunchai SP, Tort L, Fierro-Castro C. Immunomodulatory effects of *Rhodomyrtus tomentosa* leaf extract and its derivative compound, rhodomyrtone, on head kidney macrophages of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol Biochem*. 2018;44(2):543-555. doi: 10.1007/s10695-017-0452-2
51. Negi PS. Plant extracts for the control of bacterial growth: efficacy, stability and safety issues for food application. *Int J Food Microbiol*. 2012;156(1):7-17. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.006
52. Nhu TQ, Hang BTB, Bach LT, Hue BTB, Quetin-Leclercq J, Scippo M-L, Phuong NTh, Kestemont P. Plant extract-based diets differently modulate immune responses and resistance to bacterial infection in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2019;92:913-924. doi: 10.1016/j.fsi.2019.07.025
53. Olmos J, Acosta M, Mendoza G, Pitones V. *Bacillus subtilis*, an ideal probiotic bacterium to shrimp and fish aquaculture that increase feed digestibility, prevent microbial diseases, and avoid water pollution. *Arch Microbiol*. 2020;202(3):427-435. doi: 10.1007/s00203-019-01757-2
54. Rahman ANA, Khalil AA, Abdallah H, El-Hady M. The effects of the dietary supplementation of *Echinacea purpurea* extract and/or vitamin C on the intestinal histomorphology, phagocytic activity, and gene expression of the Nile tilapia. *Fish & Shellfish Immunol*. 2018;82:312-318. doi: 10.1016/j.fsi.2018.08.024
55. Rekiel A, Bielecki W, Gajewska J, Cichowicz M, Kulisiewicz J, Batorska M, Roszkowski T, et al. Effect of addition of feed antibiotic flavomycin or prebiotic BIO-MOS on production results of fatteners, blood biochemical parameters, morphometric indices of intestine and composition of microflora. *Archiv Tierzucht Dummerstorf*. 2007;50:172-180.
56. Rezende RAE, Soares MP, Sampaio FG, Cardoso IL, Ishikawa MM, Dallago BSL, Rantin FT, Duarte MCT. Phytobiotics blend as a dietary supplement for Nile tilapia health improvement. *Fish & Shellfish Immunol*. 2021;114:293-300. doi: 10.1016/j.fsi.2021.05.010
57. Ringo E, Doan HV, Lee S, Song SK. Lactic acid bacteria in shellfish: possibilities and challenges. *Rev Fish Sci Aquac*. 2019;28:139-169. doi: 10.1080/23308249.2019.1683151
58. Ringo E, Van Doan H, Lee SH, Soltani M, Hoseinifar SH, Harikrishnan R, Song SK. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. *J Appl Microbiol*. 2020;129(1):116-136. doi: 10.1111/jam.14628
59. Shang X, Yu P, Yin Y, Zhang Y, Lu Y, Mao Q, Li Y. Effect of selenium-rich *Bacillus subtilis* against mercury-induced intestinal damage repair and oxidative stress in common carp. *Comp Biochem Physiol C: Toxicol Pharmacol*. 2021;239:108851. doi: 10.1016/j.cbpc.2020.108851
60. Sun Zh, Liu Y, Wei Z, Mai H, Liu Q, Liu B, Zhuang Y, Zou D, Zhang W, Liu X., Tan X, Ye Ch. The effects of dietary compound plant extracts on growth performance, liver and intestine health, and immune related genes expression in hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). *Fish & Shellfish Immunology*. 2021;119:11-18. doi: 10.1016/j.fsi.2021.09.013

61. Sun Zh, Tan X, Xu M, Liu Q, Ye H, Zou C, Zhou Y, Su N, Chen L, Wang A, Ye Ch. Effects of dietary dandelion extracts on growth performance, liver histology, immune-related gene expression and CCl₄ resistance of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). *Fish & Shellfish Immunology*. 2019;88:126-134. doi: 10.1016/j.fsi.2019.02.031
62. Tan X, Sun Zh, Ye Ch. Dietary Ginkgo biloba leaf extracts supplementation improved immunity and intestinal morphology, antioxidant ability and tight junction proteins mRNA expression of hybrid groupers (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀) fed high lipid diets. *Fish & Shellfish Immunology*. 2020;98:611-618. doi: 10.1016/j.fsi.2019.09.034
63. Ushakova NA, Pravdin VG, Kravtsova LZ, Ponomarev SV, Gridina TS, Ponomareva EN, Rudoy DV, Chikindas ML. Complex bioactive supplements for aquaculture - evolutionary development of probiotic concepts. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2021;13:1696-1708. doi: 10.1007/s12602-021-09835-y
64. Wu Zh, Qi X, Qu Sh, Ling F, Wang G. Dietary supplementation of *Bacillus velezensis* B8 enhances immune response and resistance against *Aeromonas veronii* in grass carp. *Fish & Shellfish Immunology*. 2021;115:14-21. doi: 10.1016/j.fsi.2021.05.012
65. Yang Zh, Huang S, Kong W, Chen L, Priakhina E, Khatoon Z, Ashraf M, Akram W. Effects of fish feed addition scenarios with prometryn on *Microcystis aeruginosa* growth and water qualities. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2021;209:111810. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111810
66. Yuan W, Lee HW, Yuk H-G. Antimicrobial efficacy of *Cinnamomum javanicum* plant extract against *Listeria monocytogenes* and its application potential with smoked salmon. *Int J Food Microbiol*. 2017;260:42-50. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.015
67. Zou C, Su N, Wu J, Xu M, Sun Zh, Liu Q, Chen L, Zhou Y, Wang A, Ye Ch. Dietary Radix Bupleuri extracts improves hepatic lipid accumulation and immune response of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). *Fish & Shellfish Immunology*. 2019;88:496-507. doi: 10.1016/j.fsi.2019.02.052

Информация об авторе:

Марина Сергеевна Зуева, аспирант, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29; заведующий лабораторией кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13; сот.: 8-922-853-24-46.

Information about authors:

Marina S Zueva, postgraduate student, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvary St., Orenburg, 460000; Head of the Laboratory of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 460018, Orenburg, Pobedy Ave., 13; tel: 8-922-853-24-46.

Статья поступила в редакцию 21.10.2022; одобрена после рецензирования 01.11.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 21.10.2022; approved after reviewing 01.11.2022; accepted for publication 12.12.2022.