

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 45-59.

Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 2. P. 45-59.

Научная статья

УДК 639.3.043:591.11

doi: 10.33284/2658-3135-108-2-45

**Влияние проантоцианидов на некоторые показатели крови и кишечную микрофлору
у молоди стерляди**

Алёна Анатольевна Зеленченкова¹

¹Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

¹aly4383@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8862-3648>

Аннотация. Эффективным способом повышения защитной функции организма осетровых рыб, выращиваемых в условиях замкнутого водоснабжения (УЗВ), может быть введение олигомерных проантоцианидов, обладающих антиоксидантными, антибактериальными и противовирусными свойствами, непосредственно в рацион в качестве кормовой добавки. Цель данного научно-практического исследования направлена на изучение некоторых физиологических параметров воздействия проантоцианидов экстракта виноградной косточки (ЭВК) в организме молоди стерляди. В исследовательские задачи входило: определить дозировку ввода добавки в полнорационный комбикорм, оказывающую влияние на гематологические показатели сыворотки крови и уровень кортизола, а также оценить количественное соотношение микробиоценоза содержимого кишечника. В результате исследований установлено, что по действующему веществу начальная оптимальная норма скармливания – 50 мг на 1 кг полнорационного комбикорма. Ввод экстракта проантоцианидина виноградных косточек (ЭПВК) позволяет повысить абсолютный прирост в 1,16 раза, содержание гематокрита – на 1,48 %, эритроцитов – на 2,0 %, лейкоцитов – на 5,6 %, лимфоцитов – на 7,2 % и уровень кортизола – на 6 % в сыворотке крови. В результате исследований кишечной микрофлоры идентифицировано 18 групп микроорганизмов в количестве 10^2 - 10^{10} КОЕ/мл, при этом преобладающей группой бактерий выявлены *Bacteroides spp.*, а количество *Lactobacillus spp.* отмечается выше на 1,04 ($P \leq 0,05$) lgКОЕ/мл в опытной группе. Общая бактериальная масса увеличилась на 4,3 % за счет добавления проантоцианидов, содержащихся в ЭВК. Дополнительно отмечена положительная динамика регенерации ткани у травмированной рыбы и усиления пигментации цвета кожи. В целом полученные данные позволяют сделать вывод о положительном влиянии ЭПВК на организм молоди стерляди.

Ключевые слова: стерлядь, проантоцианиды, кормление, гематология крови, кортизол, кишечная микрофлора

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2025-2027 гг. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (№ FGGN-2025-0006).

Для цитирования: Зеленченкова А.А. Влияние проантоцианидов на некоторые показатели крови и кишечную микрофлору у молоди стерляди // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 45-59. [Zelenchenkova AA. The effect of proanthocyanidins on some blood parameters and intestinal microbiota in juvenile sterlet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):45-59. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-45>

Original article

The effect of proanthocyanidins on some blood parameters and intestinal microbiota in juvenile sterlet

Alena A. Zelenchenkova¹

¹Federal Research Center for Animal Husbandry - VIZh named after Academician LK Ernst, Moscow region, Dubrovitsy, Russia

¹aly4383@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8862-3648>

Abstract. An effective way to enhance the protective function of the body of sturgeon fish raised in closed-loop water supply (CLWS) conditions may be the introduction of oligomeric proanthocyanidin with antioxidant, antibacterial and antiviral properties directly into the diet as a feed additive. This scientific and practical study is aimed at studying some physiological parameters of the effect of proanthocyanidin of grape seed extract (GSE) in the body of juvenile sterlet. The research tasks were to determine the dosage of injection into a complete feed, the effect on hematological parameters of blood serum and cortisol levels, as well as to evaluate the quantitative ratio of microbiocenosis of intestinal contents. As a result of the research, it was found that the initial optimal feeding rate for the active substance is 50 mg per 1 kg of complete feed. The introduction of GSE makes it possible to increase the absolute increase by 1.16 times, the hematocrit content by 1.48%, erythrocytes by 2.0%, leukocytes by 5.6%, lymphocytes by 7.2% and cortisol level by 6% in the blood serum. As a result of studies of the intestinal microbiota, 18 groups of microorganisms were identified in the amount of $10^2 - 10^{10}$ CFU/ml, while *Bacteroides spp.* were identified as the predominant group of bacteria, and *Lactobacillus spp.* is noted to be higher by 1.04 ($P \leq 0.05$) lgCFU/ml in the experimental group. The total bacterial mass increased by 4.3% due to the addition of proanthocyanidins contained in GSE. Additionally, the positive dynamics of tissue regeneration in injured fish and increased pigmentation of skin color were registered. In general, the data obtained allow us to conclude that GSE has a positive effect on the body of juvenile sterlet.

Keywords: sterlet, proanthocyanidins, feeding, blood hematology, cortisol, intestinal microbiota

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2025-2027. FSBSI L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (No. FGGN-2025-0006).

For citation: Zelenchenkova AA. The effect of proanthocyanidins on some blood parameters and intestinal microbiota in juvenile sterlet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):45-59. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-45>

Введение.

Содержание рыб в условиях установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) является перспективным и инновационным методом разведения и сохранения ценных пород осетровых. УЗВ легко контролируется, однако она является закрытой системой (Sergaliev NK et al., 2017).

Изолированный характер системы связан с ограничением движения, применением не свойственных рыбе кормов, органическим загрязнением воды, перепадом концентрации кислорода. Рыба подвергается воздействию различных рыбоводных манипуляций в виде сортировок, взвешиваний, лечебной обработки. Постоянное влияние стресс-факторов приводит к ослаблению общей резистентности организма, что на практике выражается в высокой подверженности рыб заболеваниям, а также снижению темпа роста (Панасенко В.В., 2006).

Обычно для профилактики и лечения инфекций у рыб используются химиотерапевтические препараты и антибиотики (Banavreh A et al., 2019), однако их применение следует сокращать, поскольку они могут вызывать неблагоприятные побочные эффекты, включая распространение патогенов, устойчивых к лекарственным препаратам, биоаккумуляцию и загрязнение воды (Zhang Q et al., 2014). Следовательно, в осетровом хозяйстве становится все более важным

использовать новые профилактические подходы, такие как иммуностимуляторы, для улучшения врожденной защиты рыб и устойчивости к болезням (Arciuli M et al., 2017).

В последнее время наблюдается рост интереса к производству кормов для рыб с использованием агропищевых отходов и побочных продуктов, а также биологически активные вещества с антибиотическим эффектом (Prabakusuma AS et al., 2023; Зуева М.С., 2022; Иньшин О.В. и др., 2024).

Некоторые органические заменители антибиотиков, такие как вторичные химические вещества растений (полифенолы и дубильные вещества), уже давно применяются в питании человека и животных, и только недавно им стало уделяться особое внимание в медицине. Было показано, что среди этих соединений танины предотвращают развитие бактерий, используя различные механизмы, включая хелатирование железа, ингибирование образования клеточной стенки, разрушение клеточной мембраны и блокирование путей биосинтеза жирных кислот. Танины обладают способностью ингибировать экспрессию различных факторов вирулентности, включая биопленки, ферменты, адгезины и яды, а также действовать как ингибиторы кворум сенсинга (quorum sensing inhibitors — QSI). Гидрогели и наночастицы, насыщенные танином, проявляют сильные антибактериальные свойства (Peng K et al., 2022).

Среди отраслей пищевой промышленности занимает особое место виноделие, играя важную агроэкономическую роль во всем мире (Liu X et al., 2023; Walling S et al., 2024; Quagliardi M et al., 2024). Экстракт виноградных косточек содержит фенольные соединения в концентрациях, варьирующихся примерно от 50 до 90 % экстракта. Общее содержание фенолов в виноградных косточках колеблется от 325 до 812 мг/г эквивалента галловой кислоты. ЭВК содержат гетерогенную смесь мономеров (5-30 %), олигомеров (17-63 %) и полимеров (11-39 %), состоящих из проантоцианидинов, которые обуславливают красный цвет и терпкий вкус экстрактов (Ma ZF et al., 2017). Помимо антиоксидантного действия, экстракт виноградных косточек обладает противовоспалительным, противоаллергическим, противомикробным и иммуномодулирующим эффектами (Cos P et al., 2003; Rodríguez-Pérez C et al., 2019).

В секторе аквакультуры побочные продукты винодельческой промышленности уже были исследованы как источник для улучшения качества кормов, используя их летучий состав для улучшения органолептических характеристик и полезных свойств, на основе концепции круговой экономики. Иными словами, некоторые кислоты (например, гексановая кислота) и терпеноиды (например, лимонен) могут использоваться в качестве антибактериальных, антиоксидантных и антипролиферативных агентов (Câmara JS et al., 2020).

Побочные продукты винограда демонстрируют себя как ценные фитонутриенты, которые можно добавлять в корм для рыб с целью повышения производительности роста и здоровья рыб в условиях выращивания. Было отмечено, что их свойства полезны также в отношении пищевых технологий из-за их антиоксидантной и антимикробной активности, которые могут улучшить срок годности рыбных продуктов (Quagliardi M et al., 2024). Однако изучению влияния проантоцианидинов виноградных косточек для стимуляции устойчивости к болезням и повышения производительности роста осетровых уделялось мало внимания (Xu G et al., 2021).

Биологические маркеры физиологического процесса являются ценными индикаторами состояния организма. Гормональные изменения, особенно уровень кортизола и адреналина, признаны классическими маркерами стресса. Гематологические исследования крови необходимы для оценки патофизиологических изменений рыб при разведении в УЗВ, включая стресс (Лепилина И.Н. и др., 2006). Микробиота кишечника не только очень важна для питания и иммунитета рыб, но и играет ключевую роль в их росте, здоровье и развитии (Xu G et al., 2021; Зуева М.С. и др., 2023), особенно в условиях УЗВ.

На сегодняшний день не изучены клинические показатели крови, уровень кортизола и состав микробиотического сообщества при вводе в рацион растущей молодежи стерляди экстракта виноградных косточек, содержащего 95 % проантоцианидов.

Цель исследования.

Оценить влияние экстракта виноградных косточек, содержащего 95 % проантоцианидов, на гематологические показатели крови, на уровень кортизола и на кишечную микробиоту у молоди стерляди, выращиваемой в УЗВ.

Материалы и методы исследования.**Объект исследования.** Молодь стерляди.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов. Исследование одобрено комиссией по биоэтике Федерального исследовательского центра животноводства им. Л.К. Эрнста (протокол № 2022-11/1 от 14 ноября 2022 г.).

Схема эксперимента. Апробация результатов исследования по эффективности добавления отечественного коммерческого сертифицированного экстракта из виноградной косточки, содержащего 95 % проантоцианидинов (ЭПВК) (партия № 20220402), в промышленные комбикорма для осетровых рыб проведена на популяции молоди стерляди (n=136), выращиваемой в условиях замкнутого водоснабжения ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

Для опыта были сформированы две экспериментальные группы методом пар-аналогов по 68 особей в каждой. Контрольная группа получала полнорационный комбикорм для осетровых рыб отечественного производства, а опытной группе в состав полнорационного комбикорма добавляли 50 мг ЭПВК на 1 кг комбикорма. Продолжительность опыта составила 63 дня. Осетровые рыбы всех групп содержались в одинаковых условиях. Температурный режим составлял +21...+22 °С, кислородный – 10-11 мг/л.

По окончании опыта, при забое, от 10 особей (по 5 из каждой группы) осуществлялся забор крови из хвостовой артерии для гематологического исследования и определения уровня кортизола. Кровь отбирали в вакуумные пробирки фирмы *VACUETTE* (Greiner bio-one, Kremsmünster, Австрия), объемом 3 мл. Кровь сразу доставляли в лабораторию. В дальнейшем производилось вскрытие брюшной полости для извлечения внутренних органов. У каждой рыбы производили надрез прямой кишки одноразовым скальпелем и извлекали его содержимое в пробирки Эппендорфа объемом 1,5 мл. для дальнейшего определения микробиотического состава методом ПЦР-РВ.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнялись в молодежной лаборатории фундаментальных основ питания с.-х. животных и рыб и в отделе физиологии и биохимии с.-х. животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Гематологические исследования сыворотки крови проводили на гематологическом анализаторе ABC VET analyzer (Horiba ABZ, Франция) с Uni-Gem reagent kits (ReaMed, Россия). Определяемые показатели: эритроциты, средний объем эритроцитов, гемоглобин, средняя концентрация гемоглобина, среднее содержание гемоглобина в эритроците, гематокрит, тромбоциты, средний объем тромбоцитов, лейкоциты и лимфоциты.

Кортизол в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа, используя набор реагентов «СтероидИФА-кортизол» фирмы АлкорБио (Россия, г. Санкт-Петербург) и следуя инструкции производителя. Регистрацию результатов оптической плотности осуществляли на фотометре LisaScan EM (Erba Mannheim, Германия) при длине волны 450 нм. Учет результатов производился программным обеспечением фотометра - EliLIMS.exe. Содержание кортизола в пробах определяли по калибровочному графику зависимости оптических плотностей от концентрации кортизола в калибровочных пробах.

Микробиотическое сообщество оценивали стандартизированным набором «Колонофлор-16 (премиум)» (ООО «АльфаЛаб», г. Санкт-Петербург, Россия) в соответствии с протоколом

производителя. Для проведения ПЦР-РВ использовали амплификатор Real-Time CFX96 Touch (Bio-Rad, Китай). Интерпретацию результатов амплификации осуществляли с использованием программного обеспечения, входящего в состав набора «КОЛОНОФЛОР».

Статистическая обработка. Полученные цифровые данные обрабатывали с использованием программы «Excel 2013» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10» («Statistica 13RU», «Stat Soft Inc.», США). Результаты представлены как среднее (М), стандартная ошибка (SEM) и стандартное отклонение (SD) средней, подсчитан коэффициент вариации (Cv). При сравнении выборок использовали непараметрический критерий: U-критерий Манна–Уитни. Уровень значимости был установлен на уровне 5 % ($P \leq 0,05$) для всех тестов.

Результаты исследований.

В процессе проведения опыта достоверных отличий в скорости роста рыб между контрольной и опытной группами не наблюдалось, однако абсолютный прирост за 63 дня в опытной группе был выше в 1,16 раза, чем в контрольной. При добавлении ЭПБК в рацион опытной группы молоди стерляди прослеживалась тенденция увеличения массонакопления. Так, конечная масса рыб в опытной группе была выше контрольной на 28,38 г ($p > 0,05$) по сравнению с контрольной. Выживаемость молоди стерляди в опытной группе составила 91 %, в контрольной – 89 % (табл. 1).

Таблица 1. Рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди стерляди (N=136; n=68)

Table 1. Fish-breeding and biological indicators of rearing of juvenile sterlet (N=136; n=68)

Показатель / <i>Indicator</i>	Группа / <i>Group</i>	
	контрольная / <i>control</i> M±SE	опытная / <i>experimental</i> M±SE
Масса начальная, г / <i>Initial weight, g</i>	246,53±8,06	239,42±9,97
Масса конечная, г / <i>Final weight, g</i>	462,64±2,59	491,02±3,97
Абсолютный прирост, г / <i>Absolute weight gain, g</i>	216,11	251,6
Относительный прирост, % / <i>Relative gain, %</i>	87,66	105,09
Относительная среднесуточная скорость роста, % / <i>Relative average daily growth rate, %</i>	0,96	1,09
Выживаемость, % / <i>Survival rate, %</i>	89	91

Физиологическое состояние рыб можно определить по показателям крови, поскольку это – лабильная ткань, которая быстро реагирует на изменения окружающей среды и качество корма. В таблице 2 представлены гематологические показатели сыворотки крови молоди стерляди на конец опыта у двух групп.

Обнаружены небольшие различия в некоторых показателях крови, однако без прослеживания достоверности ($P \geq 0,05$). Так, содержание эритроцитов на 2,0 %, лейкоцитов – на 5,6 %, лимфоцитов – на 7,2 % у особей в опытной группе выше по сравнению с контрольной. При этом гемоглобина на 2,1 % ниже у рыб опытной группы по сравнению с контрольной.

Таблица 2. Гематологические показатели крови стерляди (M±m, n=5)
 Table 2. Hematological parameters of sterlet (M±m, n=5)

Показатели крови / Blood Indicators	Контрольная / Control, M ± SE	Опытная / Experimental, M ± SE
Эритроциты, 10^{12} л / Red blood cells, 10^{12} l	0,54±0,10	0,55±0,09
Средний объем эритроцитов, фл / Mean corpuscular volume, fl	160,64±4,13	146,12±6,26
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	69,20±4,89	67,80±2,75
Средняя концентрация гемоглобина, г/л / Mean corpuscular hemoglobin concentration, g/l	91,78±13,83	96,02±16,36
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг / Mean concentration hemoglobin, pg	149,68±23,74	138,64±21,32
Гематокрит, % / Hematocrit, %	8,00±0,78	8,02±1,64
Тромбоциты, 10^9 л / Platelets, 10^9 l	32,20±12,01	39,80±1,64
Средний объем тромбоцитов, фл / Mean platelet volume, fl	7,18±0,50	7,94±0,73
Лейкоциты, 10^9 л / White blood cells, 10^9 l	41,90±3,02	44,28±5,84
Лимфоциты, 10^9 л / Lymphocytes, 10^9 l	40,95±2,60	43,82±8,22

Анализ уровня кортизола в крови молоди стерляди при вводе в рацион ЭПК представлены на рисунках 1, 2.

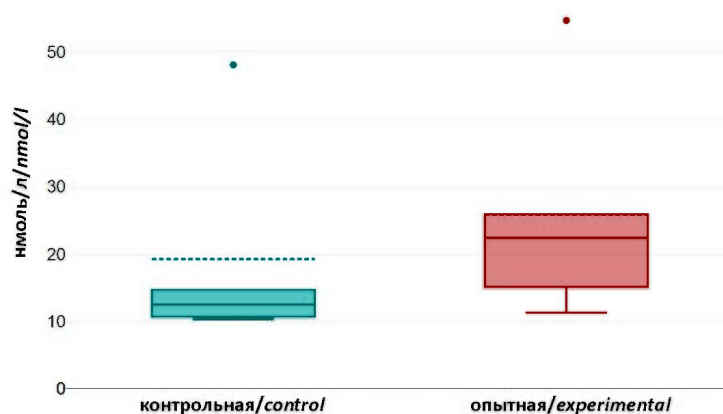


Рисунок 1. Концентрация кортизола в сыворотке крови стерляди, нмоль/л (n=5)
 Figure 1. Concentration of cortisol in sterlet blood serum, nmol/l (n=5)

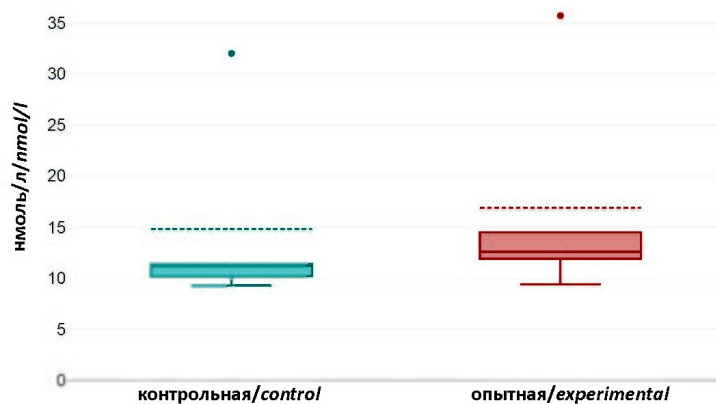


Рисунок 2. Концентрация кортизола в плазме крови стерляди, нмоль/л (n=5)
 Figure 2. Concentration of cortisol in sterlet blood plasma, nmol/l (n=5)

В нашем исследовании как в контрольной, так и в опытной группе у некоторых особей фиксировалась повышенная концентрация кортизола, что отражено на рисунке в виде отдельных точек. В среднем количество кортизола в сыворотке крови в контрольной группе составляла $24,51 \pm 9,17$ нмоль/л, в опытной группе – $25,88 \pm 8,55$ нмоль/л. Среднее количество кортизола в плазме крови в контрольной группе выявлено $14,82 \pm 4,82$ нмоль/л, в опытной – $15,40 \pm 5,67$ нмоль/л. Данные по уровню кортизола не имели достоверной разницы ($P \geq 0,05$), так как имели высокую вариабельность в выборке каждой группы.

В целом, как показывают диаграммы, применение ЭВК (95 % проантоцианидинов) в рационах стерляди способствует увеличению уровня кортизола на 6 % ($P \geq 0,05$) в сыворотке и на 4 % ($P \geq 0,05$) – в плазме крови, что требует дальнейшего изучения.

Состав и численность кишечных микроорганизмов растущей молоди стерляди представлен на рисунке 3. В результате исследований кишечной микробиоты идентифицировано 18 групп микроорганизмов в количестве 10^2 - 10^{11} КОЕ/мл.

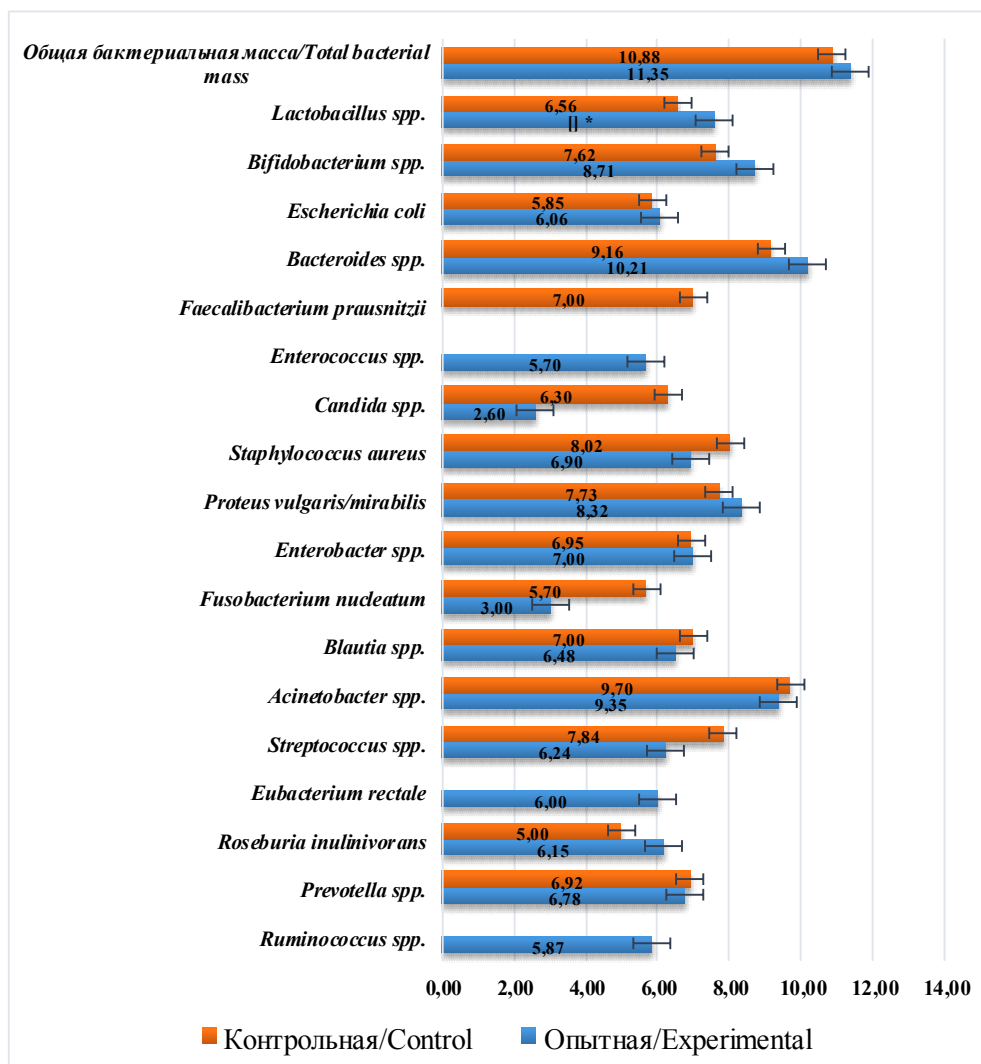


Рисунок 3. Микробиотический состав кишечника стерляди, lgKOE/мл (n=5)

Figure 3. Microbiotic composition of sterlet intestines, lgCFU/ml (n=5)

В целом наблюдается тенденция увеличения общей бактериальной массы на 4,3 % ($P \geq 0,05$) за счет добавления проантоцианидинов, содержащихся в ЭВК. Применение ЭПВК способствовало среднему увеличению *Lactobacillus spp.* на 1,04 ($P \leq 0,05$) lgKOE/мл, *Bifidobacterium spp.* – на 1,09 lgKOE/мл, *Bacteroides spp.* – 1,05 lgKOE/мл, *Proteus vulgaris/mirabilis* – 0,59 lgKOE/мл *Roseburia inulinivorans* – 1,15 lgKOE/мл и выявлены *Ruminococcus spp.*

Ruminococcus spp. относятся к классу *Clostridia* и участвуют в усвоении белка и глюкозы клетками. Преобладающей группой бактерий выявлены *Bacteroides spp.*, которые вовлечены в процессы сбраживания углеводов, утилизации белков и биотрансформации желчных кислот.

По сравнению с контрольной группой уровень *Candida spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus spp.* явно был ниже на 3,70, 1,12, 2,70 и 1,60 lgKOE/мл в опытной группе соответственно, но без достоверности.

Обсуждение полученных результатов.

Экстракт проантоцианидинов виноградных косточек обладает разнообразной биологической активностью. В предыдущих наших исследованиях были приведены данные по влиянию ЭПВК на антиоксидантные свойства комбикормов для осетровых (Зеленченко А.А. и др., 2023), а также на органы (сердце, печень) и мясо стерляди, выращиваемой в условиях УЗВ (Вьючная П.С. и др., 2024). Проантоцианидины способны эффективно инактивировать гидроксил-радикал и супероксид-анион, защищая от окислительного стресса, молекулярных и клеточных повреждений (Спрыгин В.Г. и Кушнерова Н.Ф., 2006; Rauf A et al., 2019). Помимо антиоксидантного действия экстракт виноградных косточек обладает противовоспалительным, противоаллергическим, противомикробным и иммуномодулирующим эффектами (Cos P et al., 2004).

В последние годы наблюдается растущий интерес к потенциальному использованию ЭПВК в кормлении гидробионтов. Существует ряд работ, где оценивается влияние данного экстракта на организм рыб. Например, у сеголетков радужной форели *Oncorhynchus mykiss*, которым в течение 60 дней скармливали экстракт виноградных косточек с высоким содержанием проантоцианидинов (90 %), улучшались параметры роста. Эти положительные эффекты были наиболее выражены при дозировке ЭВК в 100 мг/кг рациона (Mousavi S et al., 2021).

В наших исследованиях прослеживается лишь тенденция увеличения ($p > 0,05$) живой массы и скорости роста молоди стерляди, а также сохранности рыбы при добавлении экстракта виноградной косточки с содержанием 95 % проантоцианидинов в количестве 50 мг/кг комбикорма. В работе других авторов было исследовано влияние проантоцианидинов виноградных косточек (чистота >95 %) в рационе гибридного осетра (*Acipenser baeri* ♀ × *A. schrenckii* ♂), помимо увеличения роста ($P \leq 0,05$) прослеживается повышение неспецифического иммунитета, антиоксидантной активности, активность пищеварительных ферментов; улучшились биохимические показатели печени и разнообразие кишечной микробиоты (Xu G et al., 2021). В настоящее время механизм стимулирования роста рыб ЭПВК неизвестен. С одной стороны, эффекты ЭПВК могут быть обусловлены повышением активности пищеварительных ферментов кишечника, что приводит к улучшению коэффициента использования корма (Calvez J et al., 2011; Huang GZ et al., 2012). С другой стороны, ЭПВК могут способствовать усвоению питательных веществ и поддерживать здоровье кишечника для улучшения роста (Viveros A et al., 2011; Alves-Santos, AM et al., 2020). В нашем исследовании наблюдалось улучшение микробиоты кишечника, что могло оказать влияние на интенсивность роста рыбы.

Проведенная нами работа позволяет отметить положительную тенденцию к увеличению количества лейкоцитов и лимфоцитов в крови у опытной группы стерляди по сравнению с контрольной, что согласуется с данными полученными при кормлении рационом в 30 г ЭВК/кг, где количество лейкоцитов было значительно выше, чем у рыб из контрольной группы ($P < 0,05$) (Mehrinakhi Z et al., 2020). В то же время в исследовании Morante VHP с коллегами (2021), гематологические параметры статистически не улучшились при рационах с добавлением сырого экстракта виноградной косточки (высушенные и перемолотые остатки виноделия) в количестве 0, 20, 40,

60 и 80 г на кг корма. Отличие в данных, по нашему мнению, больше связано с разной технологией получения экстракта, что требует более детального анализа.

Повышенный уровень кортизола стимулирует ряд метаболических процессов для мобилизации и распределения запасов энергии, например, высвобождение глюкозы в кровоток (Wendelaar BSE, 1997). По уровню исследуемого кортизола у опытных рыб отмечается тенденция к увеличению ($p > 0,05$) и в плазме, и в сыворотке крови по сравнению с контрольной группой рыб, что может быть обусловлено интенсивностью обменных процессов у растущего организма. Так, концентрация циркулирующего кортизола у рыб естественным образом увеличивается во время созревания и обычно стабилизируется после (Schreck CB et al., 2016), что требует дальнейшего изучения при большем взятии образцов.

Микробные таксоны выполняют важные роли, связанные с обеспечением питания, метаболическим гомеостазом и иммунной защитой (Gómez GD and Balcázar JL, 2008). В последние годы интерес исследователей к здоровью кишечника рыб все больше возрастает. Это стало особенно явно в то время, когда рыбные диеты начали заменять растительными источниками и ингредиентами, альтернативными традиционным, с целью ограничения конкуренции рыбных запасов (Gajardo K et al., 2017).

Влияние проантоцианидинов на микробиоту кишечника в основном проявляется в увеличении микробного разнообразия, регулировании гомеостаза кишечника и улучшении способности к окислительному стрессу (Fu XF et al., 2020). В нашей работе добавление ЭПВК в количестве 50 мг/кг оказало положительное влияние на кишечную микробиоту, достоверно прослеживается увеличение *Lactobacillus spp.* Было подтверждено, что некоторые микроорганизмы, такие как *Lactobacilli*, используют соединения полифенолов в ЭВК в качестве питательных субстратов для метаболизма фенольных соединений, для обеспечения клеток энергией и эффективного воздействия на метаболизм бактерий (Viveros A et al., 2011).

Стоит отметить, что обилие *Candida spp.*, *Staphylococcus aureu*, *Streptococcus spp.* явно снижалось при даче ЭПВК. Исследования подтверждают, что флавоноиды, присутствующие в побочных продуктах винограда, способны увеличивать рост полезных кишечных бактерий, а также ограничивать некоторые патогенные организмы, такие как *E.coli*, *Candida albicans* и *Staphylococcus aureus* (Silvan JM et al., 2013; Brenes A et al., 2016).

Механизм проантоцианидинов в регуляции кишечной микробиоты может заключаться в том, что гидроксильная группа в ее молекулярной структуре связывается с липидным бислоем клеточной мембраны вредных бактерий, разрушает проницаемость клеточной мембраны и ингибирует пролиферацию условно-патогенных микроорганизмов (Yang JY et al., 2017; Yang LN et al., 2017).

Заключение.

Результаты собственных исследований показывают положительные эффекты от применения ЭПВК в составе полнорационных комбикормов для осетровых рыб. Отмечены положительные тенденции по сохранности и росту рыб, связанные с улучшением гематологических показателей и увлечением общего количества бактериальных клеток в кишечнике. Полученные результаты могут являться основой практического применения ЭПВК в технологии содержания и разведения стерляди в УЗВ.

Список источников

1. Влияние активированного угля на элементный статус мышечной ткани радужной форели / О.В. Иншин, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, С.А. Мирошников // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 2. С. 27-37. [Inshin OV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Miroshnikov SA. Effect of activated carbon on the elemental status of muscle tissue in rainbow trout. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(2):27-37. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-27

2. Влияние проантоцианидинов на физиологическое состояние стерляди *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) и антиоксидантную активность комбикорма / П.С. Вьючная, А.А. Зеленченкова, Н.С. Колесник, П.Д. Лахонин, В.И. Никипелов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. № 4. С. 68-78. [Vyuchnaya PS, Zelenchenkova AA, Kolesnik NS, Lahonin PD, Nikipelov VI. The effect of proanthocyanidins on the physiological state of sterlet *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) and the antioxidant activity of compound feed. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. 2024;4:68-78. (In Russ)]. doi: 10.24143/2073-5529-2024-4-68-78
3. Зеленченкова А.А., Савина А.А., Авилов Д.В. Влияние сухого экстракта виноградной косточки на антиоксидантные свойства комбикормов для рыб // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 7. С. 10-12. [Zelenchenkova AA, Savina AA, Avilov DV. The effect of dry grape seed extract on the antioxidant properties of mixed feeds for fish. Veterinary, Zootechnics and Biotechnology. 2023;7:10-12. (In Russ)]. doi: 10.36871/vet.zoo.bio.202307010
4. Зуева М.С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 146-164. [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.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146
5. Лепилина И.Н., Романов А.А., Федорова Н.Н. Некоторые гематологические показатели стерляди в речной и морской периоды жизни // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2006. № 3(32). С.145-150. [Lepilina IN, Romanov AA, Fedorova NN. Some hematologic indices of sterlet during the river and sea periods of life. Vestnik of Astrakhan State Technical University. 2006;3(32):145-150. (In Russ)].
6. Панасенко В.В. Использование пробиотиков в кормах для рыб компании ПРОВИМИ // Состояние и перспективы развития фермерского рыбоводства аридной зоны: тезисы докладов междунар. науч. конф., (г. Азов, 6-8 июня 2006 г.). Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2006. С. 70-71. [Panasenkov VV. Application of the PROVIMI Company probiotics in the fodders of fishes. (Conference proceedings) State and development perspectives of the arid zone farm fish breeding: abstracts of the International Scientific Conference presentations (Azov, 6-8 June 2006). Rostov-on-Don: SSC RAS Publishing-house; 2006:70-71. (In Russ)].
7. Современные исследования по изучению микробиома кишечника рыб (обзор) / М.С. Зуева, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 198-213. [Zueva MS, Mirosnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Modern research on the study of the intestinal microbiome in fish (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(2):198-213. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-198
8. Спрыгин В.Г., Кушнеров Н.Ф. Природные олигомерные проантоцианидины – перспективные регуляторы метаболических нарушений // Вестник дальневосточного отделения Российской академии наук. 2006. № 2(126). С. 81-89. [Sprygin VG, Kushnerova NF. Oligomeric proanthocyanidin complexes as perspective regulators of metabolic disturbances at alcohol abuse. Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. 2006;2(126):81-89. (In Russ)].
9. Alves-Santos AM, Araújo Sugizaki CS, Carielo LG, Veloso Naves MM. Prebiotic effect of dietary polyphenols: A systematic review. Journal of Functional Foods. 2020;74:104169. doi:10.1016/j.jff.2020.104169
10. Arciuli M, Fiocco D, Fontana S, Arena MP, Frassanito MA, Gallone A. Administration of a polyphenol-enriched feed to farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): Kidney melanomacrophages response. Fish and Shellfish Immunology. 2017;68:404-410. doi: 10.1016/j.fsi.2017.07.043
11. Banavreh A, Soltani M, Kamali A, Yazdani-Sadati MA, Shamsaie M. Immunophysiological and antioxidant responses of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fed with different levels of olive pomace. Fish Physiology and Biochemistry. 2019;45:1419-1429. doi: 10.1007/s10695-019-00649-y

12. Brenes A, Viveros A, Chamorroa S, Arija I. Use of polyphenol-rich grape by-products in monogastric nutrition. A review. *Anim Feed Sci Technol*. 2016;211:1-17. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.016
13. Calvez J, Fromentin G, Nadkarni N, Darcel N, Even P, Tomé D, Ballet N, Chaumontet C. Inhibition of food intake induced by acute stress in rats is due to satiation effects. *Physiology and Behavior*. 2011;104(5):675-683. doi: 10.1016/j.physbeh.2011.07.012
14. Câmara JS, Lourenço S, Silva C, Lopes A, Andrade C, Perestrelo R. Exploring the potential of wine industry by-products as source of additives to improve the quality of aquafeed. *Microchem J*. 2020;155:104758. doi: 10.1016/j.microc.2020.104758
15. Cos P, Bruyne TDe, Hermans N, Apers S, Vanden Berghe D, Vlietinck AJ. Proanthocyanidins in health care current and new trends. *Curr. Med. Chem*. 2004;11(10):1345-1359. doi: 10.2174/0929867043365288
16. Fu XF, Yan MH, You CP. Physiological functions and interactions with gut microbiota of proanthocyanidins. *Science and Technology of Food Industry*. 2020;41(10):350-357. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.10.059
17. Gajardo K, Jaramillo-Torres A, Kortner TM, Merrifield DL, Tinsley J, Bakke AM, Kroghdahl Å. Alternative protein sources in the diet modulate microbiota and functionality in the distal intestine of atlantic salmon (*Salmo salar*). *Appl Environ Microbiol*. 2017;83(5):e02615-e02616. doi: 10.1128/AEM.02615-16
18. Gómez GD, Balcázar JL. A review on the interactions between gut microbiota and innate immunity of fish. *FEMS Immunol Med Microbiol*. 2008;52(2):145-154. doi: 10.1111/j.1574-695X.2007.00343.x
19. Huang GZ, Luo SM, Zeng XW. Effects of plant extract from grape seed on growth and composition of muscles of hybrid Crucian carp. *Chinese Journal of Fisheries Sciences*. 2012;31:433-436.
20. Liu X, Robinson A, Jarratt G, Haritos V. Analysis of the fate of valuable bioactive polyphenols during commercial winemaking and their partitioning into wastes for valorization. *Cleaner Waste Systems*. 2023;5:100104. doi:10.1016/j.clwas.2023.100104
21. Ma ZF, Zhang H. Phytochemical constituents, health benefits, and industrial applications of grape seeds: a mini-review. *Antioxidants*. 2017;6(3):71.
22. Mehrinakhi Z, Ahmadifar E, Sheikhzadeh N, Moghadam MS, Dawood MAO. Extract of grape seed enhances the growth performance, humoral and mucosal immunity, and resistance of common carp (*Cyprinus carpio*) against *Aeromonas hydrophila*. *Annals of Animal Science*. 2020;21(1):217-232. doi: 10.2478/aoas-2020-0049
23. Morante VHP, Copatti CE, Souza ARL, da Costa MM, Braga LGT, Souza AM, de Melo FVST, Camargo AC da S, Melo JFB. Assessment the crude grape extract as feed additive for tambaqui (*Colossoma macropomum*), an omnivorous fish. *Aquaculture*. 2021;544:737068. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737068
24. Mousavi S, Sheikhzadeh N, Hamidian G, Mardani K, Oushani AK, Firouzmandi M, Esteban MA, Shohreh P. Changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and mucosal immune parameters after dietary administration of grape (*Vitis vinifera*) seed extract. *Fish Physiol Biochem*. 2021;47(2):547-563. doi: 10.1007/s10695-021-00930-z
25. Peng K, Chen B, Wang Y, Zhao H, et al. Condensed tannins protect against aflatoxin B1-induced toxicity in *Lateolabrax maculatus* by restoring intestinal integrity and regulating bacterial microbiota. *Aquaculture*. 2022;555(1):738255. doi: 10.1016/j.aquaculture.2022.738255
26. Prabakusuma AS, Wardono B, Fahlevi M, Zulham A, Sunarno MTD, Syukur M, Aljuaid M, Saniuk S, Apriliani T, Pramoda R. A bibliometric approach to understanding the recent development of self-sufficient fish feed production utilizing agri-food wastes and by-products towards sustainable aquaculture. *Heliyon*. 2023;9(7):e17573.

27. Quagliardi M, Frapiccini E, Marini M, Panfili M, Santanatoglia A, Kouamo Nguefang ML, Roncarati A, Vittori S, Borsetta G. Use of grape by-products in aquaculture: New frontiers for a circular economy application. *Heliyon*. 2024;10(5):e27443. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e27443
28. Rauf A, Imran M, Abu-Izneid T, Ihtisham-Ul-Haq Patel S, Pan X, Naz S, Sanches Silva A, Saeed F, Rasul Suleria HA. Proanthocyanidins: A comprehensive review. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2019;116:108999. doi: 10.1016/j.biopha.2019.108999
29. Rodríguez-Pérez C, García-Villanova B, Guerra-Hernández E, Verardo V. Grape seeds proanthocyanidins: an overview of in vivo bioactivity in animal models. *Nutrients*. 2019;11(10):2435. doi: 10.3390/nu11102435
30. Schreck CB, Tort L, Farrell AP, Brauner CJ. The concept of stress in fish. *Fish Physiology*. 2016;35:1-34. doi: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00001-1
31. Sergaliev NK, Andronov EE, Pinaev AG, Tumenov AN, Kakishev MG. Genetic and morphometric assessment of sturgeon species bred in closed water supply. *J Pharm Sci & Res*. 2017;9(11):2296-2300.
32. Silvan JM, Mingo E, Hidalgo M, de Pascual-Teresa S, Carrascosa AV, Martinez-Rodriguez AJ. Antibacterial activity of a grape seed extract and its fractions against *Campylobacter* spp. *Food Control*. 2013;29(1):25-31. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.05.063
33. Viveros A, Chamorro S, Pizarro M, Arija I, Centeno C, Brenes A. Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. *Poultry Science*. 2011;90(3):566-578. doi: 10.3382/ps.2010-00889
34. Walling S, Graceli Y, Laishram H, Animesh S, Chandan M. Prospects of converting waste of fruits, vegetable and spices for commercial industrial use. In: *Food security in global challenges. Mahima research foundation and social welfare*; 2024: 237-245.
35. Wendelaar Bonga SE. The stress response in fish. *Physiol Rev*. 1997;77(3):591-625. doi: 10.1152/physrev.1997.77.3.591
36. Xu G, Xing W, Li T, Yu H, Wei S, Jiang N, Ma Z, Luo L. Dietary grape seed proanthocyanidins improved growth, immunity, antioxidant, digestive enzymes activities, and intestinal microbiota of juvenile hybrid sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt ♀ × *A. schrenckii* Brandt ♂). *Aquaculture Nutrition*. 2021;27(6):1-13.
37. Yang JY, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Yue HY, Jiang XR, Qi GH. Effects of dietary grape proanthocyanidins on the growth performance, jejunum morphology and plasma biochemical indices of broiler chicks. *Animal*. 2017;11(5):762-770. doi: 10.1017/S1751731116002056
38. Yang LN, Wu KW, Zhu LJ, Zhang DF, Wang SN, Wang B, Ma T. Effect of prebiotics, phytochemicals, protein and polyunsaturated fatty acids on intestinal health. *Science and Technology of Food Industry* 2017;22:266-340. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.22.065
39. Zhang Q, Yu H, Tong T, Tong W, Dong L, Xu M, Wang Z. Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide enhance the growth, non-specific immunity of juvenile ovate pompano, *Trachinotus ovatus* and its disease resistance against *Vibrio vulnificus*. *Fish and Shellfish Immunology*. 2014;38(1):7-14. doi: 10.1016/j.fsi.2014.02.008

References

1. Inshin OV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Miroshnikov SA. Effect of activated carbon on the elemental status of muscle tissue in rainbow trout. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):27-37. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-27
2. Vyuchnaya PS, Zelenchenkova AA, Kolesnik NS, Lahonin PD, Nikipelov VI. The effect of proanthocyanidins on the physiological state of sterlet *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) and the antioxidant activity of compound feed. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*. 2024;4:68-78. doi: 10.24143/2073-5529-2024-4-68-78

3. Zelenchenkova AA, Savina AA, Avilov DV. The effect of dry grape seed extract on the antioxidant properties of mixed feeds for fish. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2023;7:10-12. doi: 10.36871/vet.zoo.bio.202307010
4. 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. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146
5. Lepilina IN, Romanov AA, Fedorova NN. Some hematologic indices of sterlet during the river and sea periods of life. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2006;3(32):145-150.
6. Panasenko VV. Application of the PROVIMI Company probiotics in the fodders of fishes. (Conference proceedings) State and development perspectives of the arid zone farm fish breeding: abstracts of the International Scientific Conference presentations (Azov, 6-8 June 2006). Rostov-on-Don: SSC RAS Publishing-house; 2006:70-71.
7. Zueva MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Modern research on the study of the intestinal microbiome in fish (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):198-213. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-198
8. Sprygin VG, Kushnerova NF. Oligomeric proanthocyanidin complexes as perspective regulators of metabolic disturbances at alcohol abuse. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2006;2(126):81-89.
9. Alves-Santos AM, Araújo Sugizaki CS, Carielo LG, Veloso Naves MM. Prebiotic effect of dietary polyphenols: A systematic review. *Journal of Functional Foods*. 2020;74:104169. doi:10.1016/j.jff.2020.104169
10. Arciuli M, Fiocco D, Fontana S, Arena MP, Frassanito MA, Gallone A. Administration of a polyphenol-enriched feed to farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): Kidney melanomacrophages response. *Fish and Shellfish Immunology*. 2017;68:404-410. doi: 10.1016/j.fsi.2017.07.043
11. Banavreh A, Soltani M, Kamali A, Yazdani-Sadati MA, Shamsaie M. Immunophysiological and antioxidant responses of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fed with different levels of olive pomace. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2019;45:1419-1429. doi: 10.1007/s10695-019-00649-y
12. Brenes A, Viveros A, Chamorroa S, Arija I. Use of polyphenol-rich grape by-products in monogastric nutrition. A review. *Anim Feed Sci Technol*. 2016;211:1-17. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.016
13. Calvez J, Fromentin G, Nadkarni N, Darcel N, Even P, Tomé D, Ballet N, Chaumontet C. Inhibition of food intake induced by acute stress in rats is due to satiation effects. *Physiology and Behavior*. 2011;104(5):675-683. doi: 10.1016/j.physbeh.2011.07.012
14. Câmara JS, Lourenço S, Silva C, Lopes A, Andrade C, Perestrelo R. Exploring the potential of wine industry by-products as source of additives to improve the quality of aquafeed. *Microchem J*. 2020;155:104758. doi: 10.1016/j.microc.2020.104758
15. Cos P, Bruyne TDe, Hermans N, Apers S, Vanden Berghe D, Vlietinck AJ. Proanthocyanidins in health care current and new trends. *Curr. Med. Chem*. 2004;11(10):1345-1359. doi: 10.2174/0929867043365288
16. Fu XF, Yan MH, You CP. Physiological functions and interactions with gut microbiota of proanthocyanidins. *Science and Technology of Food Industry*. 2020;41(10):350-357. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.10.059
17. Gajardo K, Jaramillo-Torres A, Kortner TM, Merrifield DL, Tinsley J, Bakke AM, Krogdahl Å. Alternative protein sources in the diet modulate microbiota and functionality in the distal intestine of atlantic salmon (*Salmo salar*). *Appl Environ Microbiol*. 2017;83(5):e02615-e02616. doi: 10.1128/AEM.02615-16
18. Gómez GD, Balcázar JL. A review on the interactions between gut microbiota and innate immunity of fish. *FEMS Immunol Med Microbiol*. 2008;52(2):145-154. doi: 10.1111/j.1574-695X.2007.00343.x

19. Huang GZ, Luo SM, Zeng XW. Effects of plant extract from grape seed on growth and composition of muscles of hybrid Crucian carp. *Chinese Journal of Fisheries Sciences*. 2012;31:433-436.
20. Liu X, Robinson A, Jarratt G, Haritos V. Analysis of the fate of valuable bioactive polyphenols during commercial winemaking and their partitioning into wastes for valorization. *Cleaner Waste Systems*. 2023;5:100104. doi:10.1016/j.clwas.2023.100104
21. Ma ZF, Zhang H. Phytochemical constituents, health benefits, and industrial applications of grape seeds: a mini-review. *Antioxidants*. 2017;6(3):71.
22. Mehrinakhi Z, Ahmadifar E, Sheikhzadeh N, Moghadam MS, Dawood MAO. Extract of grape seed enhances the growth performance, humoral and mucosal immunity, and resistance of common carp (*Cyprinus carpio*) against *Aeromonas hydrophila*. *Annals of Animal Science*. 2020;21(1):217-232. doi: 10.2478/aoas-2020-0049
23. Morante VHP, Copatti CE, Souza ARL, da Costa MM, Braga LGT, Souza AM, de Melo FVST, Camargo AC da S, Melo JFB. Assessment the crude grape extract as feed additive for tambaqui (*Colossoma macropomum*), an omnivorous fish. *Aquaculture*. 2021;544:737068. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737068
24. Mousavi S, Sheikhzadeh N, Hamidian G, Mardani K, Oushani AK, Firouzmandi M, Esteban MA, Shohreh P. Changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and mucosal immune parameters after dietary administration of grape (*Vitis vinifera*) seed extract. *Fish Physiol Biochem*. 2021;47(2):547-563. doi: 10.1007/s10695-021-00930-z
25. Peng K, Chen B, Wang Y, Zhao H, et al. Condensed tannins protect against aflatoxin B1-induced toxicity in *Lateolabrax maculatus* by restoring intestinal integrity and regulating bacterial microbiota. *Aquaculture*. 2022;555(1):738255. doi: 10.1016/j.aquaculture.2022.738255
26. Prabakusuma AS, Wardono B, Fahlevi M, Zulham A, Sunarno MTD, Syukur M, Aljuaid M, Saniuk S, Apriliani T, Pramoda R. A bibliometric approach to understanding the recent development of self-sufficient fish feed production utilizing agri-food wastes and by-products towards sustainable aquaculture. *Heliyon*. 2023;9(7):e17573.
27. Quagliardi M, Frapiccini E, Marini M, Panfili M, Santanatoglia A, Kouamo Nguefang ML, Roncarati A, Vittori S, Borsetta G. Use of grape by-products in aquaculture: New frontiers for a circular economy application. *Heliyon*. 2024;10(5):e27443. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e27443
28. Rauf A, Imran M, Abu-Izneid T, Iqbal H, Al-Haq Patel S, Pan X, Naz S, Sanches Silva A, Saeed F, Rasul Suleria HA. Proanthocyanidins: A comprehensive review. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2019;116:108999. doi: 10.1016/j.biopha.2019.108999
29. Rodríguez-Pérez C, García-Villanova B, Guerra-Hernández E, Verardo V. Grape seeds proanthocyanidins: an overview of in vivo bioactivity in animal models. *Nutrients*. 2019;11(10):2435. doi: 10.3390/nu11102435
30. Schreck CB, Tort L, Farrell AP, Brauner CJ. The concept of stress in fish. *Fish Physiology*. 2016;35:1-34. doi: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00001-1
31. Sergaliev NK, Andronov EE, Pinaev AG, Tumenov AN, Kakishev MG. Genetic and morphometric assessment of sturgeon species bred in closed water supply. *J Pharm Sci & Res*. 2017;9(11):2296-2300.
32. Silvan JM, Mingo E, Hidalgo M, de Pascual-Teresa S, Carrascosa AV, Martinez-Rodriguez AJ. Antibacterial activity of a grape seed extract and its fractions against *Campylobacter* spp. *Food Control*. 2013;29(1):25-31. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.05.063
33. Viveros A, Chamorro S, Pizarro M, Arija I, Centeno C, Brenes A. Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. *Poultry Science*. 2011;90(3):566-578. doi: 10.3382/ps.2010-00889
34. Walling S, Graceli Y, Laishram H, Animesh S, Chandan M. Prospects of converting waste of fruits, vegetable and spices for commercial industrial use. In: *Food security in global challenges*. Mahima research foundation and social welfare; 2024: 237-245.

35. Wendelaar Bonga SE. The stress response in fish. *Physiol Rev.* 1997;77(3):591-625. doi: 10.1152/physrev.1997.77.3.591
36. Xu G, Xing W, Li T, Yu H, Wei S, Jiang N, Ma Z, Luo L. Dietary grape seed proanthocyanidins improved growth, immunity, antioxidant, digestive enzymes activities, and intestinal microbiota of juvenile hybrid sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt ♀ × *A. schrenckii* Brandt ♂). *Aquaculture Nutrition.* 2021;27(6):1-13.
37. Yang JY, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Yue HY, Jiang XR, Qi GH. Effects of dietary grape proanthocyanidins on the growth performance, jejunum morphology and plasma biochemical indices of broiler chicks. *Animal.* 2017;11(5):762-770. doi: 10.1017/S1751731116002056
38. Yang LN, Wu KW, Zhu LJ, Zhang DF, Wang SN, Wang B, Ma T. Effect of prebiotics, phytochemicals, protein and polyunsaturated fatty acids on intestinal health. *Science and Technology of Food Industry* 2017;22:266-340. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.22.065
39. Zhang Q, Yu H, Tong T, Tong W, Dong L, Xu M, Wang Z. Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide enhance the growth, non-specific immunity of juvenile ovate pompano, *Trachinotus ovatus* and its disease resistance against *Vibrio vulnificus*. *Fish and Shellfish Immunology.* 2014;38(1):7-14. doi: 10.1016/j.fsi.2014.02.008

Информация об авторах:

Алёна Анатольевна Зеленченкова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60, тел.: 8(9160)96-37-83.

Information about the authors:

Alena A Zelenchenkova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Head of the Laboratory of the fundamental fundamentals of Nutrition of Agricultural Animals and Fish, Federal Research Center for Animal Husbandry – VIJ named after Academician L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy, Moscow Region, 142132, Russia, tel.: 8(9160)96-37-83.

Статья поступила в редакцию 14.03.2025; одобрена после рецензирования 27.03.2025; принята к публикации 16.06.2025.

The article was submitted 14.03.2025; approved after reviewing 27.03.2025; accepted for publication 16.06.2025.