

Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 136-151.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. Vol. 106, no 2. P. 136-151.

Научная статья
УДК 639.3.043:663.31
doi:10.33284/2658-3135-106-2-136

Сухой яблочный жом в производственных кормах для рыб

Сергей Владимирович Пономарев^{1,2}, Елена Петровна Мирошникова³, Ольга Александровна Левина⁴,
Юлия Викторовна Федоровых⁵, Алия Баймуратовна Ахмеджанова⁶

^{1,3,4,5,6}Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

²Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Москва, Россия

³Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

^{1,2}ya.panama2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2899-8672>

³elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

⁴levina90@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5543-491X>

⁵jaqua@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0789-1566>

⁶aliyaakhmed14@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9283-8916>

Аннотация. В настоящий момент наиболее популярными кормовыми добавками являются антиоксиданты природного происхождения. Известно о противомикробных свойствах экстрактов растений, содержащих полифенолы. Одним из способов повышения эффективности выращивания является использование растительных кормовых добавок – сухих яблочных выжимок (яблочного жома) с высоким содержанием антиоксидантов, что позволит снизить химическую нагрузку на организм при сохранении экологической безопасности продукции. Таким образом, целью нашей работы явилась оценка эффективности использования яблочного жома в производственных кормах для ценных видов рыб – осетровых и тиляпии. Опыты проводились в условиях Инновационного центра «Биоаквапарк – НТЦ аквакультуры» Астраханского государственного технического университета. Учитывая биологические особенности питания теплолюбивых рыб, были разработаны рецепты корма с различным содержанием сырья растительного происхождения (яблочный жом): 6,0 % (вариант 1), 12,0 % (вариант 2), 24,0 % (вариант 3). Рыбы контрольной группы получали рацион без добавления растительного компонента. Проведённые испытания позволили установить, что использование в составе кормов растительного компонента – сухого яблочного жома как источника антиоксидантов выявило соответствие кормов требованиям ГОСТ-2014. По показателям прироста, выживаемости, а также физиологическому состоянию рыб в конце выращивания было установлено, что 12,0 % является оптимальной заменой рыбной муки на яблочный жом в кормах для осетровых рыб, а 6 % – в производственных кормах для тиляпии. Кроме того, это способствует удешевлению стоимости комбикорма на 10-15 %.

Ключевые слова: яблочный жом, корма, кормление, осетровые, тиляпия, антиоксиданты, прирост, гематологические показатели

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-26-00008.

Для цитирования: Сухой яблочный жом в производственных кормах для рыб / С.В. Пономарев, Е.П. Мирошникова, О.А. Левина, Ю.В. Федоровых, А.Б. Ахмеджанова // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 136-151. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-136>

Original article

Apple pomace in fish grower food

Sergey V Ponomarev^{1,2}, Elena P Miroshnikova³, Olga A Levina⁴, Yulia V Fedorovykh⁵,
Aliya B Akhmedzhanova⁶

^{1,3,4,5,6}Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

²Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky, Moscow, Russia

³Orenburg State University, Orenburg, Russia

^{1,2}ya.panama2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2899-8672>

³elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

⁴levina90@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5543-491X>

⁵jaqua@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0789-1566>

⁶aliyaakhmed14@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9283-8916>

Abstract. At present antioxidants of natural origin are the most popular. Antimicrobial properties of plant extracts containing polyphenols are known. One of the ways to increase the efficiency of cultivation is the use of plant feed additives - apple pomace with a high content of antioxidants, which will reduce the chemical load on the body while maintaining the environmental safety of products. Thus, the purpose of our work was to evaluate the effectiveness of the use of apple pulp in production feeds for valuable species of fish – sturgeon and tilapia. Experimental work was carried out on the basis of the Innovation Center "Bioaquapark – STC of Aquaculture" of the Astrakhan State Technical University. Taking into account the biological features of the nutrition of thermophilic fish, feed recipes with different contents of raw materials of vegetable origin (apple pulp) were developed: 6,0% (test 1), 12,0% (test 2), 24,0% (test 3). The fish of the control group received a diet without the addition of a plant component. The tests carried out made it possible to establish that the use of a vegetable component in the feed - apple pomace as a source of antioxidants, revealed the compliance of the feed with the requirements of GOST – 2014. According to the indicators of growth, survival, as well as the physiological state of fish at the end of cultivation, it was found that 12.0% is the optimal replacement of fishmeal for apple pulp in feeds for sturgeon fish, and 6% - in production feeds for tilapia. In addition, it helps to reduce the cost of compound feed by 10-15%.

Keywords: apple pulp, feed, feeding, sturgeon, tilapia, antioxidants, growth, hematological parameters

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project № 22-26-00008.

For citation: Ponomarev SV, Miroshnikova EP, Levina OA, Fedorovykh YuV, Akhmedzhanova AB. Apple pomace in fish grower food. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):136-151. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-136>

Введение.

Обеспечение населения аквапродукцией возможно только за счёт планомерного развития сектора аквакультуры в Российской Федерации. Однако методы выращивания рыб в искусственных условиях акваферм не всегда дают положительные результаты получения физиологически полноценной молоди и взрослых рыб за счёт многих факторов: низкая двигательная активность, ограничение жизненного пространства, отсутствие необходимости в поиске пищи, её однообразие. Всё это приводит к снижению иммунофизиологического статуса особей и, как следствие, устойчивости к негативным условиям среды у рыб. Кроме того, технологические особенности выращивания рыбы в условиях индустриальной аквакультуры требуют многочисленных манипуляций с выращиваемыми объектами: сортировкой, пересадкой, обработкой рыбы, что приводит к возникновению стресса. Он в свою очередь отражается на способности рыб к адаптации, провоцируя процес-

сы свободно радикального окисления, нарушение обмена веществ (Paloucci M, 2023; Kamalam BS and Pandey KP, 2022; Browning H, 2023).

Известно, что при нормальном физиологическом статусе поддерживается определённый баланс окислительных биохимических процессов в тканях. При этом активно работает антиоксидантная защита организма, которая выражается в нивелировании токсичного действия активного кислорода как клеточного метаболита процессов жизнедеятельности. Усиление окислительных процессов свидетельствует о стрессовой ситуации и развитии патогенетических микроэлементозов (Atasoy N and Mercan YU, 2021; Iegorov B et al., 2022; Klahan R et al., 2023).

Совершенствование современных технологий индустриального выращивания рыб, в частности в условиях замкнутого водообеспечения, предполагает детальное изучение обмена веществ, особенно работу антиоксидантной защиты в условиях искусственно созданных экосистем. Это позволит выявить наиболее уязвимые этапы и контролировать, а при необходимости корректировать физиологическое состояние рыб.

Признаком ослабления антиоксидантной защиты организма служат потеря аппетита, снижение темпа роста, активности и повышение смертности. Кроме того, отмечается мышечная дистрофия, жировая дегенерация печени, накопление жидкости в брюшной полости, гемолиз эритроцитов, снижение гематокрита и т. д. (Atasoy N and Mercan YU, 2021; Ozherelyeva ON et al., 2020; Chen H and Luo D, 2023).

Одними из главных этапов метаболизма в организме являются переваримость и усвояемость питательных веществ корма, эффективность которых в определённой степени зависит от использования в рационах биологически активных соединений, обладающих антиоксидантными свойствами и оказывающих стимулирующее воздействие на жизненно важные функции организма.

Важным критерием выбора кормовых добавок является безопасность в экологическом отношении. Идеальный антиоксидант должен легко усваиваться организмом и предотвращать образование свободных радикалов на физиологически значимых уровнях (Iegorov B et al., 2022). Поэтому особый интерес представляет использование природных антиоксидантов.

В настоящий момент наиболее популярными являются антиоксиданты природного происхождения. Известно о противомикробных свойствах экстрактов растений, содержащих полифенолы (Atasoy N and Mercan YU, 2021). Одним из способов повышения эффективности выращивания является использование растительных кормовых добавок – сухих яблочных выжимок (яблочного жома) с высоким содержанием антиоксидантов, что позволит снизить химическую нагрузку на организм при сохранении экологической безопасности продукции.

Цель исследования.

Оценить эффективность использования яблочного жома в производственных кормах для ценных видов рыб.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Гибрид стерлядь×белуга (*Acipenser ruthenus Linnaeus, 1758*×*Huso huso Linnaeus, 1758*). Гибрид мозамбикской тиляпии×нильской тиляпии (*Oreochromis mossambicus*×*Oreochromis niloticus*).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов, количество рыб соответствовало минимально статистически допустимым значениям. Работы проводились также в соответствии с рекомендациями Местной эти-

ческой комиссии Научно-технического совета ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (Выписка из протокола НТС №2 от 18.03.2022 г.).

Схема эксперимента. Экспериментальные работы проводили на базе Инновационного центра «Биоаквапарк – НТЦ аквакультуры» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» в период с марта по ноябрь 2022 года.

Выращивание старших возрастных групп осетровых проводили в квадратных бассейнах (2×2 м) при нормативных плотностях посадки. Теляпию содержали в стеклянных аквариумах объёмом 400 л. Длительность каждого эксперимента составила 30 суток, количество рыб в каждом варианте – 25 шт, двукратная повторность.

Выращивание проводили при постоянном температурном режиме в соответствии с биологическими особенностями видов. На протяжении исследований контролировали гидрохимический режим, водообмен, рост и развитие рыб. Ежедневно измеряли кислород, температуру и водородный показатель (рН). В системе замкнутого водообеспечения ежедневно проводилась замена воды не более 5,0 %.

Для оценки возможности использования и эффективности применения компонентов растительного происхождения как источника антиоксидантов (флавоноидов), с учётом биологических особенностей питания культивируемых рыб был разработан корм, включающий сухие яблочные выжимки (яблочный жом). В таблице 1 представлен состав сухой яблочной выжимки.

Таблица 1. Биохимический состав сухой яблочной выжимки (Waldbauer K et al., 2017)

Table 1. Biochemical composition of apple pomace (Waldbauer K et al., 2017)

Показатель/ <i>Indicator</i>	Значение, г/100 г/ <i>Value, g/100 g</i>	Показатель/ <i>Indicator</i>	Значение, г/100 г <i>/Value, g/100 g</i>
Влажность/ <i>moisture</i>	3,97-9,75	Натрий/ <i>Sodium</i>	2-200
Жир/ <i>fat</i>	0,26-849	Калий / <i>Potassium</i>	449
Белок / <i>protein</i>	1,2-691	Кальций / <i>Calcium</i>	50-150
Фруктоза / <i>fructose</i>	11,5-49,8	Фосфор / <i>phosphorus</i>	50-950
Глюкоза / <i>glucose</i>	2,5-22,7	Магний / <i>Magnesium</i>	20-45
Общее количество пищевых волокон / <i>Total amount of dietary fiber</i>	26,8-82,0	Железо / <i>ferrum</i>	2,4-23
Пектин / <i>Pectin</i>	3,5-14,32	Цинк / <i>Zinc</i>	0,22-1,5
Общее количество полифенольных соединений / <i>Total number of polyphenolic compounds</i>	0,17-0,99	Медь / <i>copper</i>	0,11-0,22
Яблочная кислота / <i>Malic acid</i>	0,05-3,28	Марганец / <i>manganese</i>	0,61-0,9
Зола / <i>Ash</i>	0,5-4,29		

В процессе переработки яблок происходит незначительная потеря биологически активных веществ и в яблочной выжимке количество полифенолов достигает 82,0-99,0 % от первоначального сырья. В таблице 2 представлено содержание некоторых наиболее важных фенольных соединений.

Опытные партии сухих комбикормов, представленных в таблице 3, изготавливали в условиях производства на заводе ООО «БИФФ» (Астраханская область, Россия). Норма введения сухого яблочного жома была подобрана на основании физиологических потребностей рыб, составления белковой матрицы комбикорма, а также полученных ранее данных.

При приготовлении партий комбикорма учитывалось соответствие размера гранул возрасту рыб и её массе путём использования соответствующих матриц и сит (Paloucci M, 2023). Общую смесь дробили и гранулировали, затем подвергали ожириванию (вакуумному эмульгированию жировых компонентов на поверхности экструдированных гранул комбикорма).

Таблица 2. Основные полифенольные соединения, содержащиеся в яблочных выжимках (мг/кг сухих яблочных выжимок) (Waldbauer K et al., 2017)

Table 2. The main polyphenolic compounds contained in apple pomace (mg/kg of dried apple pomace) (Waldbauer K et al., 2017)

Показатель/ <i>Indicator</i>	Содержание / <i>Content</i>
Хлоризин/ <i>Chlorizine</i>	8,0-1435,4
Катехин / <i>Catechin</i>	1,0-127
Эпикатехин / <i>Epicatechin</i>	4,2-640
Хлорогеновая кислота / <i>Chlorogenic acid</i>	26,0-298
Кофейная кислота / <i>Caffeic acid</i>	3,0-280
Процианидин В2 / <i>Procyanidin B2</i>	48,8-590,2
Кверцетин / <i>Quercetin</i>	69,0-373,8

Таблица 3. Состав рецепта гранулированного корма с различным содержанием сухого яблочного жома (%)

Table 3. Composition of the recipe for granulated feed with different content of dry apple pomace (%)

Компоненты/ <i>Components</i>	Контроль/ <i>Control</i>	Вариант 1 / <i>Test 1</i>	Вариант 2/ <i>Test 2</i>	Вариант 3 / <i>Test 3</i>
Яблочный жом / <i>Apple pomace</i>	-	6,0	12,0	24,0
Экструдат пшеницы и соевого шрота / <i>Wheat and soybean meal extrudate</i>	20,0	20,0	20,0	20,0
Премикс / <i>Premix</i>	1,0	1,0	1,0	1,0
Рыбий жир / <i>fish oil</i>	4,0	4,0	4,0	4,0
Мясная мука / <i>Meat meal</i>	10,0	10,0	10,0	10,0
Рыбная мука / <i>Fish meal</i>	65,0	59,0	53,0	41,0

Изготовленные комбикорма подвергались анализу по ряду технологических показателей, таких как крошимость, водостойкость и набухаемость по абсолютной сухой массе в лабораторных условиях аквапарка в соответствии действующему ГОСТ 10385- 2014 «Комбикорма для рыб».

Норма дачи корма в сутки коррелировала с массой рыб и температурой воды в аквариумах и бассейнах согласно кормовым таблицам. Состояние и развитие рыб определяли по комплексу показателей, анализируя скорость увеличения размеров тела и наращивания мышечной массы.

Для измерения ряда гематологических показателей кровь у рыб отбиралась прижизненно из хвостовой вены, помещая её затем в пробирки Эппендорф до начала исследования и по окончании кормления.

Для гематологического анализа в качестве антикоагулянта использовали гепарин. Концентрацию гемоглобина в крови определяли фотометрически с помощью набора реактивов фирмы «Агат-Мед» (Россия), скорость оседания эритроцитов (СОЭ) определяли методом Панченкова (Максим Е.А. и Юрин Д.А., 2019; Ansari U, 2022).

Определение лейкоцитарной формулы крови проводили на хорошо окрашенных гематологических препаратах под иммерсионным маслом (ув.100/1,25) согласно принятым методикам (Пронина Г.И. и Саная О.В., 2020).

Для биохимического анализа крови образцы крови отбирали в пробирки без гепарина, оставляли коагулировать для получения сыворотки. Уровень сывороточного белка в лабораторных условиях определяли биуретовым методом с помощью наборов реагентов фирмы «Агат-мед» (Биялов Е.Е. и др., 2020; Гулиев Р.А. и др., 2021). Холестерин определяли энзиматическим методом с помощью набора реактивов фирмы «Ольвекс диагностикум» (Россия) (Olanrewaju AN et al., 2023).

Определение общих липидов проводили в сыворотке крови, используя набор реактивов фирмы PLIVA-Lachema (Чехия). Уровень бета-липопротеидов определяли по методу Бурштейна (Пронина Г.И. и Саная О.В., 2020).

Оборудование и технические средства. Исследования выполняли на базе ИЦ «Биоаквапарк – НТЦ Аквакультуры» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Взвешивание и измерение рыбы проводили согласно рекомендациям, принятым в рыбоводстве, с использованием лабораторных весов Масса-К ВК-3000 (АО "Масса-К", Россия). Спектрофотометр Unicо 2100 («UNICO», США), колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК - 2 с поверкой («АООТ "Загорский оптико-механический завод" (ЗОМЗ)», Россия), рефрактометр ИРФ-454 Б2М с подсветкой и дополнительной шкалой (АО «Казанский оптико-механический завод" (КОМЗ)», Россия). Термооксиметр Cyber Scan DO 300 («Spectrolab», США). pH-метр HANNA («Hanna Instruments», Германия). Концентрацию биогенных элементов в воде измеряли с помощью тестов фирмы Tetra («Tetra Holding GmbH», Германия).

Статистическая обработка. Результаты исследований обработаны с применением общепринятых методов биологической статистики (Parthasarathy J and Premalatha T, 2022; Yu C et al., 2023) и программы «Microsoft Excel» («Microsoft», США). Статистический анализ проводили с определением среднего арифметического значения (M), статистической ошибки (m), стандартного отклонения (σ), коэффициента вариации (cv). Уровень различий оценивали с помощью t- критерия достоверности Стьюдента. Кроме этого рассчитывали коэффициент достоверности аппроксимации данных (R^2) при составлении уравнения линейной регрессии, который показывает степень соответствия трендовой модели исходным данным и является более точным при R^2 , стремящимся к 1. Достоверными считали результаты при $P \leq 0,05$; 0,01 и 0,001.

Результаты исследования.

Оценка питательной ценности полученных опытных экструдированных комбикормов показала высокий процент содержания протеина и жира, что соответствовало физиологическим потребностям осетровых рыб и требованиям стандартов по питательности и другим технологическим показателям, представленным в таблице 4.

Таблица 4. Питательная ценность экструдированных кормов
Table 4. Nutritional value of extruded feeds

Показатели / Indicators	Содержание / Content		
	Вариант 1 / Test 1	Вариант 2 / Test 2	Вариант 3 / Test 3
Массовая доля влаги, % / Mass fraction of moisture, %	12,0±0,67	11,9±0,93	11,8±0,72
Сырой протеин, % / Crude protein, %	47,6±1,2	47,0±1,41	46,4±1,09
Сырой жир, % / Crude fat, %	15,2±0,88	15,1±0,96	15,0±0,43
Сырая клетчатка, % / Crude fiber, %	1,2±0,09*	2,4±0,11*	3,6±0,04*
БЭВ, % / Nitrogen-free extractive substances (NFES), %	18,0±1,03	18,2±1,24	18,4±0,98
Зола, % / Ash, %	11,0±0,56	11,2±0,62	11,4±0,81
Общая энергия, МДж/кг / Total energy, MJ/kg	19,6±1,01	19,6±1,12	19,5±1,03

Примечание: * – $P \leq 0,001$

Note: * – $P \leq 0.001$

Отмечено, что опытные комбикорма хорошо поедались рыбой. Однако выявлена несколько более высокая крошимость в образцах, содержащих 12,0 % и 24,0 % яблочного жома, в сравнении с требованиями ГОСТ 10385- 2014 и образцом, содержащем 6,0 % яблочного жома, согласно таблице 5.

Тем не менее, в результате проведенных исследований по органолептическим показателям установлено, что исследуемые корма соответствуют требованиям ГОСТ 10385-2014.

Испытания гранулировано-экструдированного комбикорма при выращивании годовиков гибрида стерлядь×белуга проводили при оптимальных гидрохимических условиях: температурный режим поддерживался на уровне +20...+22 °С, содержание кислорода не опускалось ниже 8,0 мг/л.

Таблица 5. Органолептические и физико-механические свойства экструдированного корма
Table 5. Organoleptic and physic-mechanical properties of extruded feeds

Показатель/ <i>Indicator</i>	ГОСТ 10385-2014 / <i>GOST 10385-2014</i>	Вариант 1 / <i>Test 1</i>	Вариант 2 / <i>Test 2</i>	Вариант 3 / <i>Test 3</i>
Цвет / <i>Color</i>	От серого до коричневого в соответствии с цветом входящих в рецепт комбикорма компонентов или темнее / <i>From gray to brown in accordance with the color of the components included in the feed recipe or darker</i>	Тёмно-коричневый / <i>Dark brown</i>	Тёмно-коричневый / <i>Dark brown</i>	Коричневый / <i>Brown</i>
Запах / <i>Scent</i>	Свойственный набору входящих в рецепт комбикорма компонентов, без затхлого, плесенного и других посторонних запахов / <i>Characteristic of the set of components included in the formula of compound feed, without musty, moldy and other foreign scents</i>	Приятный рыбный / <i>Nice fishy</i>		
Водостойкость, мин / <i>Water resistance, min</i>	30,0	32,0±1,2	30,0±1,23	30,0±1,19
Скорость набухания, мин / <i>Swelling rate, min</i>	-	5,0±0,49*	4,0±0,62	3,5±0,37*
Крошимость, % / <i>Crumbability, %</i>	2,0	2,2±0,09	2,4±0,04	2,4±0,12

Примечание: * – P≤0,01

Note: * – P≤0.01

В результате проведённых исследований было выявлено высокое продуктивное действие тестируемого корма согласно таблице 6.

Таблица 6. Показатели выращивания гибрида стерлядь×белуга (n=25)
Table 6. Indicators of cultivation of the sterlet×beluga hybrid (n=25)

Показатель / <i>Indicator</i>	Вариант 1 / <i>Test 1</i>	Вариант 2 / <i>Test 2</i>	Вариант 3 / <i>Test 3</i>	Контроль / <i>Control</i>
Масса, г: / <i>Weight, g</i> начальная / <i>initial</i> конечная / <i>final</i>	84,42±4,83 105,20±5,57	83,71±4,39 117,28±4,23*	82,77±5,53 108,3±4,90	82,99±5,53 104,3±3,89*
Длина, см: / <i>Length, sm</i> начальная / <i>initial</i> конечная / <i>final</i>	29,28±0,40 30,21±0,49	29,54±0,43 31,02±0,43	28,88±0,50 30,17±0,53	29,27±0,50 30,37±0,50
Прирост, г: / <i>Growth, g</i> абсолютный / <i>absolute</i> среднесуточный / <i>average daily</i>	20,78±1,03** 0,74±0,01**	33,57±1,43** 1,20±0,01**	25,53±0,98** 0,91±0,03**	21,31±1,12 0,76±0,01
Среднесуточная скорость роста, % / <i>Average daily growth rate, %</i>	0,79	1,21	0,96	0,82
Коэффициент массонакопления, ед. / <i>Weight accumulation coefficient, units</i>	0,04	0,06	0,04	0,04
Коэффициент упитанности по Фультону, ед. / <i>Fulton fatness coefficient, units</i> начальный / <i>initial</i> конечный / <i>final</i>	0,32±0,01 0,38±0,01	0,32±0,01 0,39±0,01	0,31±0,01 0,39±0,01	0,34±0,01 0,39±0,01
Выживаемость, % / <i>Survival rate, %</i>	100	100	100	100
Продолжительность выращивания, сут / <i>Duration of cultivation, days</i>	28			

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,001

Note: * – P≤0.05; ** – P≤0.001

Прирост в опытных и контрольной группах составил от 24,6 % до 40,1 % соответственно. Абсолютный прирост массы тела рыб в контрольной группе был на 57,53 % ниже, чем у рыб, в рацион которых добавляли 12,0 % яблочного жома.

Аналогичная тенденция отмечается и по другим рыбоводно-биологическим показателям. Выживаемость во всех вариантах исследования составила 100 %. Лучшие рыбоводно-биологические показатели ($P \leq 0,05$) по результатам выращивания показала экспериментальная группа рыб, потреблявшая основной рацион с добавлением 12,0 % яблочного жома.

Аналогичная работа по использованию данного растительного компонента в кормах в тех же концентрациях проводилась на сеголетках гибрида тилапии. Исследование показало положительные результаты, согласно рисунку 1, таблице 7, а темп роста превосходил данные показатели у рыб контрольной групп.

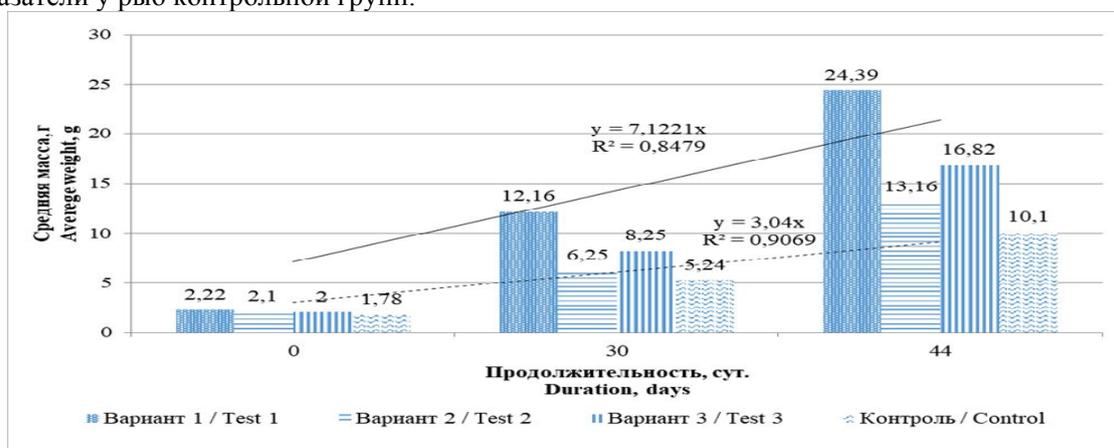


Рис. 1 – Динамика роста гибрида тилапии при использовании яблочного жома в составе корма (n=25)

Figure 1 – Growth dynamics of tilapia hybrid when using apple pomace as part of feed (n=25)

Таблица 7. Динамика показателей роста гибрида тилапии при обогащении рациона антиоксидантами (n=25)

Table 7. Dynamics of growth indicators of tilapia hybrid when the diet is enriched with antioxidants (n=25)

Показатель / Indicator	Вариант 1 / Test 1	Вариант 2 / Test 2	Вариант 3 / Test 3	Контроль / Control
Абсолютный прирост, г / Absolute growth, g	22,17±1,96*	11,06±2,01*	14,82±1,17*	8,32±0,87*
Среднесуточный прирост, г / Average daily growth, g	0,50±0,01*	0,25±0,03*	0,34±0,01*	0,19±0,009*
Среднесуточная скорость роста, % / Average daily growth rate, %	5,60	4,26	4,96	4,02
Коэффициент массонакопления, ед. / Weight accumulation coefficient, units.	0,11	0,07	0,09	0,06

Примечание: * – $P \leq 0,001$

Note: * – $P \leq 0.001$

На рисунке 1 видно, что нарастание массы происходит с постоянной скоростью и описывается линейным уравнением. Достоверность аппроксимации (R^2) в пределах 0,85-0,91 свидетельствует о соответствии расчётной линии с полученными экспериментальными данными.

В процессе эксперимента установлено, что во всех группах наблюдалась высокая интенсивность роста. Среднесуточные приросты колебались в интервале 0,19-0,50 г.

За период выращивания абсолютный прирост массы тела рыб в контрольной группе был на 24,77-62,47 % ниже, чем у рыб экспериментальных групп. Аналогичная тенденция отмечается и по другим рыбоводно-биологическим показателям. Лучшие рыбоводно-биологические показатели по результатам выращивания показала экспериментальная группа рыб, потреблявшая основной рацион с добавлением 6,0 % яблочного жома. Выживаемость во всех вариантах исследования составила 100 %.

С целью выявления изменений в обменных процессах изучалась динамика таких показателей, как СОЭ, концентрация гемоглобина, сывороточного белка и холестерина и уровень бета-липопротеидов в сыворотке крови. Результаты гематологических исследований гибрида стерлядь×белуга представлены в таблице 8.

Таблица 8. Гематологические показатели гибрида стерлядь×белуга (числитель – начало эксперимента, знаменатель – конец эксперимента) (n=25)

Table 8. Hematological parameters of the sterlet×beluga hybrid (numerator – the beginning of the experiment, denominator – the end of the experiment) (n=25)

Показатель / Indicator	Вариант 1 / Test 1	Вариант 2 / Test 2	Вариант 3 / Test 3	Контроль / Control
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	$61,2 \pm 8,23$ $67,19 \pm 1,49$	$72,2 \pm 8,92$ $73,41 \pm 3,67^*$	$59,4 \pm 2,86^*$ $64,82 \pm 5,09$	$65,73 \pm 2,61^*$ $65,32 \pm 2,34^*$
СОЭ, мм/ч / ESR, mm/h	$2,0 \pm 0,57$ $1,7 \pm 0,41$	$2,8 \pm 0,84$ $2,55 \pm 0,22$	$2,0 \pm 0,62$ $1,8 \pm 0,43$	$2,50 \pm 0,22$ $2,35 \pm 0,26$

Примечание: * – $P \leq 0,01$

Note: * – $P \leq 0.01$

Показатели красной крови, характеризующие окислительный обмен и наличие воспалительных процессов, находились в пределах нормы. В процессе выращивания у рыб в 1 и 3 вариантах происходило повышение показателя гемоглобина на 8,0-9,0 %, что, возможно, связано с более интенсивными обменными процессами. Уровень СОЭ находился в пределах 1,5 мм/ч до 3,5 мм/ч ($P \geq 0,01$).

Результаты гематологического анализа ($P \leq 0,01$) свидетельствуют о стабильном физиологическом состоянии культивируемых рыб. Соответствие нормативным значениям исследуемых показателей подтверждает стабилизацию окислительного обмена и отсутствие функциональной напряжённости в системе обеспечения организма кислородом в условиях эксперимента, в том числе на фоне использования кормов с растительным компонентом.

Результаты биохимического исследования крови гибрида стерлядь×белуга представлены в таблице 9.

Таблица 9. Динамика биохимических показателей крови гибрида стерлядь×белуга (числитель – начало эксперимента; знаменатель – конец эксперимента) (n=25)

Table 9. Dynamics of biochemical blood parameters of the sterlet × beluga hybrid (numerator – the beginning of the experiment; denominator – the end of the experiment) (n=25)

Показатель / Indicator	Вариант 1 / Test 1	Вариант 2 / Test 2	Вариант 3 / Test 3	Контроль / Control
Общий белок г/л / Total serum protein, g/l	$28,2 \pm 0,51$ $28,34 \pm 0,47$	$21,1 \pm 1,9^{**}$ $26,3 \pm 2,4$	$21,4 \pm 1,2^{***}$ $23,9 \pm 3,9$	$27,59 \pm 0,97^{**}$ $26,43 \pm 1,26$
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	$3,2 \pm 0,27$ $2,8 \pm 0,37$	$3,3 \pm 0,35$ $2,7 \pm 0,72$	$2,9 \pm 0,64$ $2,5 \pm 0,52$	$2,70 \pm 0,24$ $2,9 \pm 0,21$
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	$1,6 \pm 0,21^{***}$ $1,85 \pm 0,28$	$1,4 \pm 0,56^{**}$ $1,58 \pm 0,21^*$	$2,8 \pm 0,56$ $2,49 \pm 0,38$	$3,1 \pm 0,36^{***}$ $2,8 \pm 0,64^*$
Бета-липопротеиды, г/л / Beta-lipoproteins, g/l	- $2,04 \pm 0,22^{**}$	- $3,54 \pm 0,35^{**}$	- $2,97 \pm 0,41$	- $4,22 \pm 0,23^{***}$

Примечание: * – $P \leq 0,1$; ** – $P \leq 0,05$; *** – $P \leq 0,01$

Note: * – $P \leq 0.1$; ** – $P \leq 0.05$; *** – $P \leq 0.01$

Во всех вариантах исследования уровень общего белка находился в пределах нормативных значения для данного вида рыб и изменялся от 19,6 до 35,40 г/л. Наличие дополнительного источника антиоксидантов – компонента растительного происхождения – позволило лучше справляться со стрессовыми условиями искусственной экосистемы и не тратить ресурсы на энергетические нужды организма, а эффективнее использовать их в пластическом обмене. Это подтверждается незначительным увеличением (от 0,5 до 2,46 %) данного показателя у рыб опытных групп. У рыб контрольной группы данный показатель снизился на 4,2 %.

Уровень холестерина, стимулирующий иммунную систему организма, у рыб контрольной группы снизился на 14,0-22,2 % при незначительном повышении данного показателя у рыб контрольной группы. Так как увеличение холестерина в крови способствует изменению вязкости крови, что приводит к нарушению активного обмена веществ в организме, можно предположить, что динамика липидного обмена у рыб экспериментальных групп также способствовала нормальному процессу накопления энергетических ресурсов. В целом данный показатель находился в пределах референтных значений и существенных изменений за период выращивания не испытал.

Самые богатые холестерином – это бета-липопротеиды (холестерин низкой плотности). В условиях выращивания данный показатель находился на уровне 1,5-6,0 г/л. Наиболее низкое значение в условиях эксперимента отмечено у рыб, выращиваемых на кормах с растительным компонентом: уровень бета-липопротеидов был в 1,2-2,0 раза ниже, чем у рыб контрольной группы.

Анализ показателей красной крови гибрида тилапии в аналогичном эксперименте выявил идентичную динамику, представленную в таблице 10.

Таблица 10. Гематологические и физиолого-биохимические показатели крови гибрида тилапии (числитель – начало эксперимента, знаменатель – конец эксперимента) (n=10)

Table 10. Hematological and physiological-biochemical parameters of tilapia hybrid blood (numerator – the beginning of the experiment, denominator – the end of the experiment) (n=10)

Показатель / Indicator	Вариант 1 / Test 1	Вариант 2 / Test 2	Вариант 3 / Test 3	Контроль / Control
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	140,0±33,85*	94,67±4,44***	93,71±3,54	64,00±3,35*
СОЭ, мм/ч / ESR, mm/h	143,04±20,97	108,0±12,44	107,22±7,64	72,7±14,0
Общий сывороточный белок, г/л / Total serum protein, g/l	5,0±0,39**	5,18±0,09***	4,57±0,67	3,33±0,18***
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	3,9±0,13***	4,40±0,28***	4,69±0,49	8,00±0,63***
	14,99±0,73**	18,81±0,82**	19,64±1,36	22,42±2,50**
	28,21±0,93**	32,11±1,35**	24,69±2,36	23,05±0,1**
	3,31±0,18**	3,87±0,01**	4,01±0,17	4,13±0,26**
	3,07±0,28***	3,42±0,30***	3,72±0,45	3,95±0,3***

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$

Однако отмечено, что гемоглобин в крови рыб всех опытных вариантов находился на высоком уровне, а за период исследования наблюдалось повышение показателя у варианта 1 на 2,17 % и на 14 % – у рыб вариантов 2 и 3, что свидетельствует о положительном влиянии изменённой рецептуры на обмен веществ исследуемых рыб (аналогичная тенденция отмечена в исследованиях на бестере). Но при этом в контрольном варианте повышение гемоглобина произошло на 13,9 % ($P \leq 0,001$), что, возможно, было связано с созданием общих положительных условий содержания во время эксперимента и ростом рыб.

Анализ СОЭ выявил тенденцию к снижению, однако показатель оставался в пределах нормативных значений, а полученные данные согласуются с данными других исследователей. Кроме

того, незначительно снижение СОЭ – свидетельство постоянства белкового состава плазмы крови при тестировании новых рационов.

Большинство наиболее тонких биологических функций выполняется белками или при их участии. Важнейшей функцией сывороточных белков является транспорт веществ, обеспечивающий клетки организма животного строительным материалом и энергией. В условиях исследования незначительное ($P \leq 0,01$) увеличение (10,4 %) общего сывороточного белка отмечено у рыб контрольного варианта. Наибольшие изменения произошли в крови рыб, потреблявших тестируемые корма. Уровень общего сывороточного белка увеличился ($P \leq 0,01$) на 46,0 % и 41,0 % в вариантах 1 и 2 соответственно. Подобная динамика отвечает данным по темпу роста.

В условиях исследования отмечена однозначная тенденция к снижению холестерина в крови рыб, потреблявших корма новой рецептуры. При этом наибольшие изменения произошли в варианте 2 (13,1 %), тогда как в варианте 1 показатель снизился на 7,2 %. В контрольном варианте уровень холестерина был достоверно ниже ($P \leq 0,001$) и даже несколько снизился (4,3 %) в сравнении с первоначальными данными.

Обсуждение полученных результатов.

Самой распространённой плодовой культурой стран с умеренным и субтропическим климатом является яблоня, а продукты переработки яблок (яблочный жом) составляют 25,0-30,0 % и являются основным промышленным отходом. Установлено, что яблочный жом содержит ценные питательные вещества, такие как углеводы (крахмал, глюкоза, фруктоза, сахароза), минералы (P, Mg, Ca, Fe), пищевые волокна, богат полезными биологически активными соединениями и обладает противовоспалительной, антибактериальной и противовирусной активностью (Skinner R et al., 2019; Waldbauer K et al., 2017). Кроме того, различные сорта яблок содержат аскорбиновую кислоту и полифенольные вещества, обладающие высокой антиоксидантной активностью, что придаёт яблокам наибольшую полезную ценность (Lu Y and Foo LY, 2020; Sánchez-Rabaneda F et al., 2004). В процессе переработки и сушки яблок происходит незначительная потеря биологически активных веществ, и в яблочном жоме количество полифенолов достигает 82,0-99,0 % от первоначального сырья. В данный момент сухой яблочный жом используется в кормовых целях в сельском хозяйстве.

На основе биологических особенностей питания теплолюбивых рыб, составлены рецепты корма с различным содержанием яблочного жома: 6,0 %, 12,0 %, 24,0 %. При этом замена рыбной муки на данный компонент не снизила питательной ценности опытных кормов: содержание протеина составило 46,4-47,6%, жира – 15,1-15,2 %. Образцы соответствовали параметрам ГОСТ 10385-2014. Комбикорма для рыб.

Введение в рацион тилапии и гибрида осетровых рыб яблочного жома оказало положительный эффект на динамике роста, что доказывает продуктивное действие тестируемых кормов (лучшие рыбоводно-биологические показатели у тилапии продемонстрировал вариант с заменой рыбной муки на 6 % яблочного жома, у гибрида осетровых – на 12 %). Так, максимальное увеличение абсолютного прироста у тилапии составило 62 % по сравнению с контрольной группой, что согласуется с данными других авторов (Vendruscolo F et al., 2009).

Результаты гематологического анализа свидетельствуют о стабильном физиологическом состоянии культивируемых рыб. В ходе исследований установлено, что у всех рыб, получавших корма с яблочным жомом, содержание гемоглобина за время выращивания увеличилось до 10 % в пределах физиологической нормы, что, возможно, связано с интенсификацией обменных процессов. СОЭ у опытных групп гибрида осетровых и тилапии снижался, что может свидетельствовать о стабилизации окислительного обмена и отсутствии функциональной напряжённости в системе обеспечения организма кислородом в условиях эксперимента, в том числе на фоне использования кормов с растительным компонентом.

Биохимический анализ крови, который является одним из важных методов оценки общего состояния рыб и их адаптации к внешним условиям, выявил незначительное увеличение уровня

общего белка у рыб опытных групп осетровых на 2-5 г/л. У опытных групп тиляпии этот показатель повысился за время эксперимента до 40 % от начальных значений. Это может говорить о том, что наличие дополнительного источника антиоксидантов – компонента растительного происхождения – позволило лучше справляться со стрессовыми условиями искусственной экосистемы и не тратить ресурсы на энергетические нужды организма, а эффективнее использовать их в пластическом обмене.

Уровень холестерина имел тенденцию к снижению у всех опытных групп стербела, а также во всех исследуемых группах тиляпии. Незначительное повышение в пределах нормы произошло только у контрольной группы гибрида. Таким образом, можно предположить, что динамика липидного обмена у рыб экспериментальных групп так же способствовала нормальному процессу накопления энергетических ресурсов.

Заключение.

Использование в составе кормов растительного компонента – сухого яблочного жома – как источника антиоксидантов, выявило соответствие кормов требованиям ГОСТ 10385-2014. На основании проведенных исследований установлено, что 12,0 % является оптимальной заменой рыбной муки на яблочный жом в кормах для осетровых рыб, а 6% – в продукционных кормах для тиляпии. Кроме того, это способствует удешевлению стоимости комбикорма на 10-15 %.

Список источников

1. Белки сыворотки крови некоторых рыб дельты Волги, возрастной и половой аспекты / Р.А. Гулиев, И.А. Бурлаков, В.Н. Крючков, И.В. Волкова // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 4-2(106). С 42-46. [Guliev RA, Burlakov IA, Kryuchkov VN, Volkova IV. Serum proteins of selected fish of the volga delta: age and sex aspects. International Research Journal. 2021;4-2(106):42-46. (*In Russ.*)]. doi: 10.23670/IRJ.2021.106.4.032
2. Билялов Е.Е., Тусупов С.Д., Елемесова Б.К. Диагностическое значение гематологических исследований в иктиопатологии // Вестник Инновационного Евразийского университета. 2020. № 2(78). С. 106-113. [Bilyalov EE, Tussupov SD, Yelemessova BK. Diagnostic value of hematological studies in ichthyopathology. Vestnik Innovatsionnogo Evraziiskogo universiteta. 2020;2(78):106-113. (*In Russ.*)]. doi: 10.37788/2020-2/106-113
3. ГОСТ 10385-2014. Комбикорма для рыб. Общие технические условия: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 августа 2014 года № 975-ст. Введен 2016-01-01. М.: Стандартинформ, 2020. 11 с. [GOST 10385-2014. Kombikorma dlia ryb Obshchie tekhnicheskie usloviia mezghosudarstvennyi standart izdanie ofitsialnoe utverzhden i vveden v dei-stvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniu i metrologii ot 27 avgusta 2014 goda 975-st Vveden 2016-01-01. Moscow: Standartinform; 2020:11 p. (*In Russ.*)]
4. Максим Е.А., Юрин Д.А. Биохимические показатели крови осетровых рыб при выращивании в различных бассейнах // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2019. Т. 8. № 2. С. 202-207. [Maksim EA, Yurin DA. Biochemical values of blood of sturgeon fish grown in various tanks. Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii. 2019;8(2):202-207. (*In Russ.*)]. doi: 10.34617/4460-7090
5. Пронина Г.И., Саная О.В. Сравнительная физиолого-иммунологическая характеристика рыб семейства цихловые и карповые // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 6. С. 26-33. [Pronina GI, Sanaya OV. Comparative physiological and immunological characteristics of fish species of cichlidae and cyprinidae families. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2020;6:26-33. (*In Russ.*)]. doi: 10.26897/0021-342X-2020-6-26-33
6. Ansari US. A glimpse of few diagnostic laboratory tests. Pakistan Journal of Medical and Health Sciences. 2022;16(9):1-1. doi: 10.53350/pjmhs221691

7. Atasoy N, Mercan Yücel U. Antioxidants from Plant Sources and Free Radicals. In: Ahmad R, editor. *Reactive Oxygen Species*. IntechOpen; 2021:16. doi: 10.5772/intechopen.100350
8. Browning H. Improving welfare assessment in aquaculture. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023;10:1060720. doi: 10.3389/fvets.2023.1060720
9. Chen H, Luo D. Application of hematology parameters for health management in fish farms. *Reviews in Aquaculture*. 2023;15(2):704-737. doi: 10.1111/raq.12753
10. Holmen IM, Utne IB, Haugen S. Identification of safety indicators in aquaculture operations based on fish escape report data. *Aquaculture*. 2021;544:737143. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737143
11. Iegorov B, Fihurska L, Tsiundyk O, Chernega I, Yakushkina M. Studies of the nutritional value of compound feed for sturgeons. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2022;22(1). doi: 10.15673/gpmf.v22i1.2345
12. Kamalam BS, Pandey KP. Nutrition and environment interactions in aquaculture. In: Sinha A, Kumar S, Kumari K, editors. *Outlook of Climate Change and Fish Nutrition*. Singapore: Springer. 2022;27:407-422. doi: 10.1007/978-981-19-5500-6_27
13. Klahan R, Yuangsoi B, Whangchai N, Ramaraj R, Unpaprom Y, Khoo KS, Deepanraj B, Pimpimol T. Biorefining and biotechnology prospects of low-cost fish feed on Red tilapia production with different feeding regime. *Chemosphere*. 2023;311(2):137098. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137098
14. Lu Y, Foo LY. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chemistry*. 2020;68(1):81-85. doi: 10.1016/S0308-8146(99)00167-3
15. Olanrewaju AN, Kareem OK, Emikpe BO. Hematological and biochemical status of cultured and wild blue Tilapia, *Oreochromis aureus* from Alau Lake, Northeast Nigeria. *Comparative Clinical Pathology*. 2023;32:139-146. doi: 10.1007/s00580-022-03423-4
16. Ozherelyeva ON, Sytolkin AA, Vasilenko LI, Danyliv MM, Vasilenko OA. Compound feed technology in sturgeon fish aquaculture. *KnE Life Sciences*. 2020;5(1):194-202. doi: 10.18502/kls.v5i1.6047
17. Paolucci M. Fish nutrition and feed technology. *Fishes*. 2023;8(3):146. doi: 10.3390/fishes8030146
18. Parthasarathy J, Premalatha T. Content analysis of visual representations in biology textbooks across selected educational boards from Asia. *Cogent Education*. 2022;9(1):2057002. doi: 10.1080/2331186X.2022.2057002
19. Sánchez-Rabanela F, Jauregui O, Lamuela-Raventós RM, Viladomat F, Bastida J. Qualitative analysis of phenolic compounds in apple pomace using liquid chromatography coupled to mass spectrometry in tandem mode. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2004;18(5): 553-563. doi: 10.1002/rcm.1370
20. Skinner RC, Warren DC, Naveed M, Agarwal G, Benedito VA, Tou JC. Apple pomace improves liver and adipose inflammatory and antioxidant status in young female rats consuming a Western diet. *Journal of Functional Foods*. 2019;61:103471. doi: 10.1016/j.jff.2019.103471
21. Vendruscolo F, Ribeiro C, Esposito E, Ninow JL. Protein enrichment of apple pomace and use in feed for Nile tilapia. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2009;152:74-87. doi:10.1007/s12010-008-8259-3
22. Waldbauer K, McKinnon R, Kopp B. Apple pomace as potential source of natural active compounds. *Planta Medica*. 2017; 83(12/13): 994-1010. doi: 10.1055/s-0043-111898
23. Yu C, Zhuhua H, Han B, Dai Y, Zhao Y, Deng Y. An intelligent measurement scheme for basic characters of fish in smart aquaculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023;204:107506. doi: 10.1016/j.compag.2022.107506

References

1. Guliev RA, Burlakov IA, Kryuchkov VN, Volkova IV. Serum proteins of selected fish of the Volga delta: age and gender aspects. *International Research Journal*. 2021;4-2(106):42-46. doi: 10.23670/IRJ.2021.106.4.032
2. Bilyalov EE, Tussupov SD, Yelemessova BK. Diagnostic value of hematological studies in ichthyopathology. *Bulletin of the Innovative Eurasian University*. 2020;2(78):106-113. doi: 10.37788/2020-2/106-113
3. GOST 10385-2014. Compound feed for fish. General technical conditions: interstate standard: official publication: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated August 27, 2014 No. 975-art. Added 2016-01-01. Moscow: Standartinform; 2020:11 p.
4. Maksim EA, Yurin DA. Biochemical values of blood of sturgeon fish grown in various tanks. *Collection of scientific papers of the Krasnodar Research Center for Animal Science and Veterinary Medicine*. 2019;8(2):202-207. doi: 10.34617/4460-7090
5. Pronina GI, Sanaya OV. Comparative physiological and immunological characteristics of fish species of cichlidae and cyprinidae families. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;6:26-33. doi: 10.26897/0021-342X-2020-6-26-33
6. Ansari US. A glimpse of few diagnostic laboratory tests. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*. 2022;16(9):1-1. doi: 10.53350/pjmhs221691
7. Atasoy N, Mercan Yücel U. Antioxidants from Plant Sources and Free Radicals. In: Ahmad R, editor. *Reactive Oxygen Species*. IntechOpen; 2021:16. doi:10.5772/intechopen.100350
8. Browning H. Improving welfare assessment in aquaculture. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023;10:1060720. doi: 10.3389/fvets.2023.1060720
9. Chen H, Luo D. Application of hematology parameters for health management in fish farms. *Reviews in Aquaculture*. 2023;15(2):704-737. doi: 10.1111/raq.12753
10. Holmen IM, Utne IB, Haugen S. Identification of safety indicators in aquaculture operations based on fish escape report data. *Aquaculture*. 2021;544:737143. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737143
11. Iegorov B, Fihurska L, Tsiundyk O, Chernega I, Yakushkina M. Studies of the nutritional value of compound feed for sturgeons. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2022;22(1). doi: 10.15673/gpmf.v22i1.2345
12. Kamalam BS, Pandey KP. Nutrition and environment interactions in aquaculture. In: Sinha A, Kumar S, Kumari K, editors. *Outlook of Climate Change and Fish Nutrition*. Singapore: Springer. 2022;27:407-422. doi: 10.1007/978-981-19-5500-6_27
13. Klahan R, Yuangsoi B, Whangchai N, Ramaraj R, Unpaprom Y, Khoo KS, Deepanraj B, Pimpimol T. Biorefining and biotechnology prospects of low-cost fish feed on Red tilapia production with different feeding regime. *Chemosphere*. 2023;311(2):137098. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137098
14. Lu Y, Foo LY. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chemistry*. 2020;68(1):81-85. doi: 10.1016/S0308-8146(99)00167-3
15. Olanrewaju AN, Kareem OK, Emikpe BO. Hematological and biochemical status of cultured and wild blue Tilapia, *Oreochromis aureus* from Alau Lake, Northeast Nigeria. *Comparative Clinical Pathology*. 2023;32:139-146. doi: 10.1007/s00580-022-03423-4
16. Ozherelyeva ON, Sytolkin AA, Vasilenko LI, Danyliv MM, Vasilenko OA. Compound feed technology in sturgeon fish aquaculture. *KnE Life Sciences*. 2020;5(1):194-202. doi: 10.18502/cls.v5i1.6047
17. Paolucci M. Fish nutrition and feed technology. *Fishes*. 2023;8(3):146. doi: 10.3390/fishes8030146

18. Parthasarathy J, Premalatha T. Content analysis of visual representations in biology textbooks across selected educational boards from Asia. *Cogent Education*. 2022;9(1):2057002. doi: 10.1080/2331186X.2022.2057002
 19. Sánchez-Rabaneda F, Jauregui O, Lamuela-Raventós RM, Viladomat F, Bastida J. Qualitative analysis of phenolic compounds in apple pomace using liquid chromatography coupled to mass spectrometry in tandem mode. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2004;18(5):553-563. doi: 10.1002/rcm.1370
 20. Skinner RC, Warren DC, Naveed M, Agarwal G, Benedito VA, Tou JC. Apple pomace improves liver and adipose inflammatory and antioxidant status in young female rats consuming a Western diet. *Journal of Functional Foods*. 2019;61:103471. doi: 10.1016/j.jff.2019.103471
 21. Vendruscolo F, Ribeiro C, Esposito E, Ninow JL. Protein enrichment of apple pomace and use in feed for Nile tilapia. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2009;152:74-87. doi: 10.1007/s12010-008-8259-3
 22. Waldbauer K, McKinnon R, Kopp B. Apple pomace as potential source of natural active compounds. *Planta Medica*. 2017; 83(12/13): 994-1010. doi: 10.1055/s-0043-111898
- 23 The article was submitted 13.03.2023; approved after reviewing 19.05.2023; accepted for publication 13.06.2023.
- . Yu C, Zhuhua H, Han B, Dai Y, Zhao Y, Deng Y. An intelligent measurement scheme for basic characters of fish in smart aquaculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023;204:107506. doi: 10.1016/j.compag.2022.107506

Информация об авторах:

Сергей Владимирович Пономарев, доктор биологических наук, заведующий лабораторией «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», Астраханский государственный технический университет, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, стр. 16/1, сот.: 8-908-611-95-53; профессор кафедры «Ихтиология и рыбоводство», Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, 119049, Москва, ул. Шаболовка, д. 14, стр. 9, сот.: 8-908-611-95-53.

Елена Петровна Мирошникова, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-987-862-98-86.

Ольга Александровна Левина, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», Астраханский государственный технический университет, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, стр. 16/1, сот.: 8-960-863-15-90.

Юлия Викторовна Федоровых, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», Астраханский государственный технический университет, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, стр. 16/1, сот.: 8-961-815-93-29.

Алия Баймуратовна Ахмеджанова, кандидат биологических наук, ведущий инженер лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», Астраханский государственный технический университет, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, стр. 16/1, сот.: 8-988-062-53-01.

Information about the authors:

Sergey V Ponomarev, Dr. Sci. (Biology), Head of the Laboratory "Sturgeon Breeding and Promising Aquaculture Objects", Astrakhan State Technical University, 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., p. 16/1, cell: 8-908-611-95-53; Professor of the Department "Ichthyology and Fish Farming", Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, building 9 14 Shabolovka str., Moscow, 119049, cell: 8-908-611-95-53.

Elena P Miroshnikova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department "Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture", Orenburg State University, 460018, Orenburg, 13 Pobedy Ave., tel.: 8-987-862-98-86.

Olga A Levina, Cand. Sci. (Agriculture), Junior Researcher of the Laboratory " Sturgeon Breeding and Promising Aquaculture Objects", Astrakhan State Technical University, 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., p. 16/1, cell: 8-960-863-15-90.

Yulia V Fedorovykh, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher at the Laboratory "Sturgeon Breeding and Promising Aquaculture Objects", Astrakhan State Technical University, 16/1 Tatishcheva str., Astrakhan, 414056, cell: 8-961-815-93-29.

Aliya B Akhmedzhanova, Cand. Sci. (Biology), Leading Engineer of the Laboratory " Sturgeon Breeding and Promising Aquaculture Objects", Astrakhan State Technical University, 16/1 Tatishcheva str., Astrakhan, 414056, cell: 8-988-062-53-01.

Статья поступила в редакцию 13.03.2023; одобрена после рецензирования 19.05.2023; принята к публикации 13.06.2023.

The article was submitted 13.03.2023; approved after reviewing 19.05.2023; accepted for publication 13.06.2023.