

На правах рукописи



КЛИМОВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ПРИЖИЗНЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ОБОГАЩЕННОЙ
МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ
АКВАКУЛЬТУРЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность: 4.3.3 Пищевые системы

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»

Научный руководитель: **Никифоров-Никишин Алексей Львович**
доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Антипова Людмила Васильевна** - доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения).

Гусева Юлия Анатольевна,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент (ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И. Скрябина», профессор кафедры кормления и кормопроизводства)

Ведущая организация: Акционерное общество Научно-производственный центр «ВНИИ комбикормовой промышленности», г. Воронеж

Защита состоится «21» сентября 2023 г. в 11.00 ч. на заседании диссертационного совета 24.2.355.01 при ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» по адресу: 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73, ауд.309.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>).

Автореферат размещен в сети Интернет на сайтах ВАК Минобрнауки России по адресу: (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>).

Автореферат разослан «__» июля 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.н., доц.



Бычкова Т.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Продовольственная безопасность населения – важная задача любого государства. Обеспечение населения Российской Федерации качественными продуктами питания, в том числе рыбной продукцией, является приоритетным направлением, которое нашло свое отражение во многих нормативных документах правительства (Доктрина продовольственной безопасности, Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, Федеральный закон "О качестве и безопасности пищевых продуктов" от 02.01.2000 № 29-ФЗ).

Рациональное питание составляет основу здорового образа жизни человека, является одним из важных факторов, которые обеспечивают снижение риска развития заболеваний, связанных с питанием, повышение физической активности и адаптации организма к возрастающей инфекционной нагрузке. Это обуславливает необходимость проведения корректировки рациона питания населения, в первую очередь, для поддержания работы сердечно-сосудистой системы, ликвидации микроэлементного дефицита, улучшения функционирования желудочно-кишечного тракта и других жизненно важных органов и систем организма человека (МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ»). Например, по данным социально-гигиенического мониторинга состояния здоровья и пищевого статуса различных социально-демографических групп населения, жители города Белгорода, как и в целом Белгородской области, испытывают дефицит важнейших микроэлементов, а за период с 2017 года по 2021 год, по данным Управления Роспотребнадзора Белгородской области, ежегодный средний темп прироста уровня первичной заболеваемости, связанной с микронутриентной недостаточностью среди населения составил 0,3% («О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области» 2019, 2023).

На современном этапе потребность населения в микроэлементах, антиоксидантах и в других биологически активных веществах компенсируют за счет потребления обогащенных продуктов питания. Это позволяет повысить их качество и пищевую ценность, а также способствует реализации государственной политики в области здорового питания населения.

Белгородская область занимает первое место в ЦФО по количеству выращиваемой рыбы. Наиболее значимым объектом аквакультуры является радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*). Естественно, что рыба, выращенная в этих условиях, должна стать важной составляющей здорового питания. Поэтому прижизненное формирование обогащенной микроэлементами рыбной продукции рассматривается правительством области как приоритетное.

В условиях технологического суверенитета наблюдается ускоренное наращивание объемов производства отечественных кормов для рыб, а также ведутся разработки новых рецептур и их апробация. Включение в рацион питания рыб пробиотиков, хелатных соединений микроэлементов и других биологически активных добавок не только способствует более активному росту и повышению иммунитета, но и улучшает качество мышечной ткани рыб, а, следовательно, и увеличивает пищевую ценность продукции аквакультуры и при дальнейших исследованиях создаст возможность отнести выращенную рыбу к пищевым продуктам, дополнительно обогащенным функциональными ингредиентами.

Следовательно, изучение возможностей прижизненного улучшения потребительских характеристик мышечной ткани рыб и формирование микроэлементного состава рыбного сырья при использовании кормов направленного действия, актуально, так как это позволит при минимальных дополнительных затратах получать обогащенную микроэлементами рыбную продукцию. В качестве модельного региона рассмотрена Белгородская область т.к. предыдущие исследования позволяют оценить состояние рыбохозяйственного комплекса, гидрохимические параметры водной среды и, учитывая региональную микронутриентную недостаточность среди населения, данный регион является репрезентативным. Такая задача соответствует современному подходу к контролю качества продуктов питания на всех этапах производства, начиная от выращивания до потребления готовой продукции, и соответствует актуальному направлению развития пищевых систем.

Степень разработанности. В настоящее время в России и мире уделяется большое внимание разработке кормов и кормовых добавок с заданными свойствами (Никифоров-Никишин А.Л., Пономарев С.В., Agheyisi R., Apines-Amar M., Bhagwat V., Falcinelli S., Lin S.). Продукция аквакультуры может использоваться для создания обогащенных продуктов питания за счет полноценного аминокислотного состава, высокого содержания полиненасыщенных жирных кислот или увеличенного микроэлементного состава. Кормление рыб является важным технологическим процессом, позволяющим создавать продукцию с повышенным содержанием необходимых компонентов. Так, в диссертации доктора сельскохозяйственных наук Ирины Владимировны Поддубной, «Научно-практическое обоснование использования йодосодержащих кормовых добавок в товарном рыбоводстве» досконально изучены факторы аккумуляции йода в организме рыб. Также известно, что бактерии *Bacillus subtilis*, входящие в состав пробиотических препаратов для сельскохозяйственных животных и рыб, проявляли антибактериальную активность, нормализовали микрофлору кишечника и могли быть использованы в составе комплексных кормовых добавок (Бычкова Л.И., Грязнева Т.Н., Склярков В.Я., Юхименко Л.Н., Wuertz S.)

Следовательно, существует возможность корректировки прижизненного макро- и микроэлементного состава рыбной продукции за счет разработки рыбных кормов с добавлением нужных элементов и пробиотических препаратов.

Цель диссертационной работы – разработать технологические рекомендации прижизненного получения обогащенной микроэлементами рыбной продукции в аквакультуре Белгородской области за счет использования в составе кормов комплексной кормовой добавки, включающей пробиотики и хелатные соединения микроэлементов.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- провести анализ и обосновать возможность прижизненного формирования обогащенной микроэлементами рыбной продукции для населения Белгородской области за счет применения комплексных кормовых добавок направленного действия;

- выявить наиболее эффективные и безопасные концентрации пробиотиков и хелатных соединений микроэлементов в составе кормов по рыбоводно-биологическим и физиологическим показателям радужной форели по результатам лабораторных исследований;

- установить эффективность применения кормовой добавки по рыбоводно-

биологическим и физиологическим показателям радужной форели при интенсивном выращивании в условиях аквакультуры Белгородской области;

- оценить экономическую эффективность выращивания радужной форели при включении в состав основного корма разработанной кормовой добавки;

- сравнить органолептические и физико-химические показатели обогащенной микроэлементами опытной группы рыбной продукции;

- выполнить оценку потребительских свойств и минеральной ценности обогащенной микроэлементами рыбной продукции.

Научная новизна работы. Научно обоснована и экспериментально подтверждена возможность прижизненного формирования микроэлементного состава рыбного сырья радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в условиях пресноводной аквакультуры, за счет использования кормов направленного действия;

Экспериментально обосновано, что применение комплексной кормовой добавки с включением хелатных соединений микроэлементов и пробиотиков улучшает продукционные и физиологические показатели радужной форели;

Установлены органолептические и физико-химические показатели обогащенной микроэлементами рыбной продукции;

Дана оценка потребительских свойств и минеральной ценности обогащенной микроэлементами рыбной продукции форелеводства.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в обосновании оптимального состава разработанной добавки и разработке методических подходов прижизненного формирования микроэлементного состава рыбного сырья радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в условиях пресноводной аквакультуры.

В ходе работы разработана комплексная хелатно-минеральная пробиотическая кормовая добавка для радужной форели, формирующая заданные свойства получаемой рыбной продукции. Установлено, что ее применение в условиях индустриальной аквакультуры способствует стимуляции физиологического состояния рыбы и дает значительный экономический эффект. Показано улучшение микронутриентного состава мяса радужной форели при использовании кормов направленного действия. Полученная с применением предложенных нами технологических приемов обогащенная микроэлементами рыбная продукция, позволяет предприятиям пищевой промышленности формировать широкий спектр обогащенных продуктов питания.

Результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре ихтиологии и рыбоводства ФГБОУ ВО «МГУТУ им К.Г. Разумовского (ПКУ)» при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Водные биоресурсы и аквакультура» в рамках дисциплин: индустриальная аквакультура, корма и кормление.

Методология и методы исследований. В работе применялись стандартные и специальные методы исследования рыбоводно-биологических, физиологических, биологических, органолептических, физико-химических показателей.

Положения, выносимые на защиту:

- эффективность и безопасность применения комплексной разработанной добавки в кормах для радужной форели, оказывающей положительное влияние на физиологические и продукционные показатели;

- технологические приемы внесения и дозировки комплексной кормовой

добавки в кормах для выращивания форели.

- данные по органолептическим и физико-химическим показателям обогащенной микроэлементами рыбной продукции при применении разработанной кормовой добавки;

- результаты оценки потребительских свойств, пищевой ценности и обогащенной микроэлементами рыбной продукции при применении разработанной кормовой добавки.

Личное участие автора. Диссертация является результатом исследований автора за период 2019-2023 гг. Автором самостоятельно поставлена цель и определены задачи исследований, план проводимых исследований по изучению влияния хелатных соединений микроэлементов и пробиотика на рыбоводно-биологические показатели радужной форели, статистически достоверно доказано положительное влияние кормовой добавки на продукционные показатели выращиваемой рыбы и потребительские качества рыбопродукции. Проведен анализ и обобщение полученных результатов.

Степень достоверности и апробация результатов. Трехкратная повторность экспериментальных исследований подтверждает достоверность полученных данных и их репрезентативность. Обработка результатов проводилась по общепринятым и специальным методам с применением статистических методов анализа.

Основные положения диссертационной работы представлены на следующих конференциях (мероприятиях): Заседания научно-производственной платформы «Здоровьесберегающие технологии: производство продовольствия и ветпрепаратов» научно-образовательного центра мирового уровня «Инновационные решения в АПК» (Белгород 2020, 2021, 2022, 2023); Ежегодная национальная выставка «ВУЗПРОМЭКСПО»-2021 (экспозиция Научно – образовательного центра мирового уровня «Инновационные решения в АПК») (Москва, 2021); участие в качестве докладчика на выставке АГРОС 2023 (Москва, 2023).

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию в 2020-2023 годах в ходе реализации проекта «Увеличение продукционного потенциала индустриальной аквакультуры Белгородской области за счет внедрения комбикормов направленного действия» в рамках научно-образовательного центра мирового уровня «Инновационные решения в АПК» (Белгородская область) (проект рег. № 10 090 706).

Разработанная добавка прошла апробацию в рыбоводных хозяйствах: ООО «Форелевый рай», СССПОК «Белфорель» с различным производственным циклом.

Теоретические положения внедрены в учебный процесс факультета биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» в рамках дисциплин: кормовая база, корма и кормление рыб; кормопроизводство в аквакультуре.

Специальность, которой соответствует диссертация. Отраженные в диссертации научные положения соответствуют направлениям научной специальности 4.3.3. «Пищевые системы»: прижизненное формирование заданного состава, структуры и функционально-технологических характеристик сельскохозяйственного сырья и технология, и товароведение пищевых продуктов, продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания (пункты 9, 11, 13, 17 паспорта специальности).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 8

научных работ, из них 2 в журналах, рекомендованных перечнем ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 5 статей в журналах, индексируемых в МБЦ Scopus, 1 монография.

Объем работы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук представлена на 158 страницах компьютерного текста, проиллюстрирована 25 таблицами и 37 рисунками. В список литературы входит 133 источника, в том числе 68 на иностранном языке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и степень ее разработанности, определены цель и задачи. Доказана научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость.

В первой главе представлен анализ состояния аквакультуры Белгородской области и выявлена потребность населения в рыбной продукции. Рассмотрена возможность прижизненного улучшения качества рыбной продукции, обогащенной микроэлементами с улучшенными потребительскими свойствами и опыт использования комплексных кормовых добавок для формирования пищевой продукции с заданными свойствами.

В результате проведенного анализа научно-технической литературы был составлен план проведения эксперимента, представленный на рисунке 1.

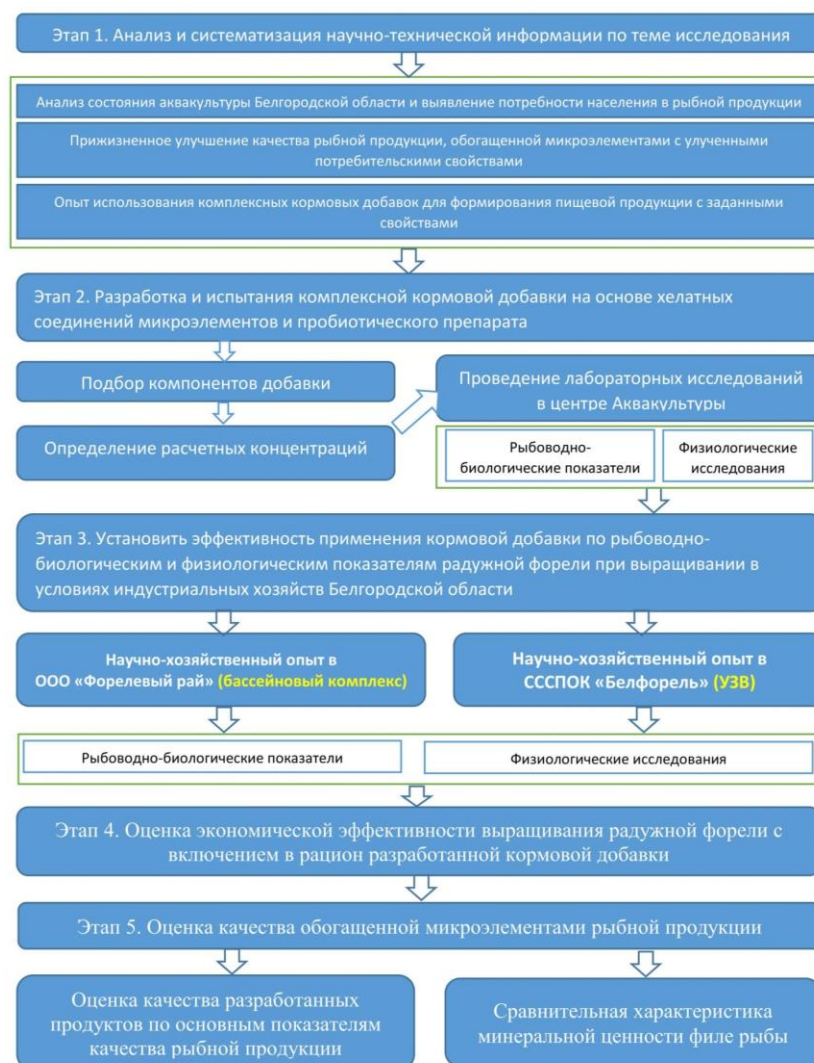


Рисунок 1 – План проведения эксперимента

Во второй главе приводится описание объектов и методов исследования.

Основная часть теоретических и экспериментальных исследований проводилась в рамках научно-образовательного центра мирового уровня «Инновационные решения в АПК» (Белгородская область) в ходе реализации проекта «Увеличение продукционного потенциала индустриальной аквакультуры Белгородской области за счет внедрения комбикормов направленного действия» (проект рег. № 10 090 706) в период с 2019 по 2023 гг.

Достоверность экспериментальных исследований подтверждается трехкратной повторностью результатов, полученных на базе факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», а также на рыбоводных хозяйствах ООО «Форелевый рай» и СССПОК «Белфорель» (Белгородская область). Обработка результатов проводилась по общепринятым и специальным методам с применением статистических методов анализа.

Сравнение числовых данных между разными группами производилось с использованием непараметрического метода Крускал-Уоллиса, где переменные не соответствовали нормальному распределению. Для сравнения параметров, подходящих под нормальное распределение, были использованы t-критерий Стьюдента с коррекцией Уэлча.

Уровень достоверности был выбран $p < 0,05$, результаты представлены в виде среднее \pm стандартное отклонение. Обработка статистических данных производилась с использованием программного обеспечения GraphPad Prism версии 8.4 (GraphPad, San Diego, CA, USA).

Объекты исследования: сеголетки и двухлетки радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*); хелатные соединения микроэлементов на основе этилендиаминдиантарной кислоты (ЭДДЯ); пробиотические препараты (*Bacillus subtilis* (ВКМП В-2335) 12×10^7 КОЕ/г (ООО «ВекторЕвро»); *Bacillus subtilis* (OZ-2 ВКМП -11966) + *Bacillus amyloliquefaciens* (OZ-3 ВКМП-11967) $12 \times 10^7 + 10 \times 10^9$ КОЕ/г (ООО «Арлен»); *Lactobacillus acidophilus* (ВКМП В-3235) 20×10^7 КОЕ/г.); мясо радужной форели.

В опытных кормах использовались хелатные соединения (агент ЭДДЯ) микроэлементов (Fe – 10; Mn – 30; Cu – 1; Zn – 10; Co – 0,1; Se – 0,2; I – 0,9 мг/кг). Хелатные соединения микроэлементов изготавливали на технологической базе ООО «Юпитер» на основе этилендиаминдиантарной кислоты (ЭДДЯ). Состав минеральной добавки определялся исходя из литературных данных о потребности объектов выращивания в микроэлементах и предыдущих исследований (Хрусталев и др., 2017; Simakov et al., 2022; Nikiforov-Nikishin et al., 2022).

Опытные корма готовились на базе лаборатории анализа и производства кормов факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского» методом холодного гранулирования на двухвалковом грануляторе «ZLSP-120».

Рецептуры кормов для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), используемые в исследовании представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Рецептуры кормов для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), используемые в исследовании

Компоненты корма	Соответствие	Контрольная рецептура, %	Опытная рецептура, ОП5 (1 г/кг), %
Рыбная мука	ГОСТ 2116-2000	46	46
Мука мясокостная	ГОСТ 17536-82	10	10
Кровяная мука	ГОСТ 17536-82	6,4	6,4
Мука пшеничная	ГОСТ Р 26574-2017	10,6	11,0
Шрот соевый	ГОСТ Р 53799-2010	10	10
Растительный жир	ГОСТ 31754-2012	15	14,5
Астаксантин	-	2	2
Хелатные соединения микроэлементов	-	0	0,1
Нутриентный состав (%)			
Сырой протеин	ГОСТ 10385-2014	47	47
Сырой жир	ГОСТ 10385-2014	8	8
БЭВ	ГОСТ 10385-2014	25	25
Клетчатка	ГОСТ 10385-2014	5	5
Минеральные вещества	ГОСТ 10385-2014	10	11

Результаты экспериментального кормления оценивались по качеству мяса рыбного сырья органолептическим методом с дополнительным проведением микроэлементного анализа. Органолептические показатели образцов после термической обработки оценивали по стандартной методике (Сафронова Т.М., 1998). Для определения элементного состава мышечной ткани использовался метод атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрофотометр атомно-абсорбционный, зеемановский с поляризацией Hitachi 180-80).

В третьей главе приведены результаты разработки и испытаний комплексной кормовой добавки на основе хелатных соединений микроэлементов и пробиотического препарата.

Первичные лабораторные испытания включали исследование влияния трех пробиотических препаратов на молоди радужной форели по рыбопродуктивно-биологическим и физиологическим показателям.

На следующем этапе проведены лабораторные испытания хелатных соединений микроэлементов.

Что позволило сформировать комплексный состав экспериментальной кормовой добавки для дальнейшего производственного кормления.

Пробиотические препараты. В результате экспериментов отмечалось увеличение прироста биомассы и уменьшение значения кормового коэффициента в опытных группах. В группе, получавшей пробиотический препарат в составе *Bacillus subtilis* (OZ-2 ВКМП -11966) и *Bacillus amyloliquefaciens* (OZ-3 ВКМП-11967) прирост биомассы составил 410,5 г (на 12,19%) по отношению к контрольной группе (табл. 2). Дозировка внесения пробиотиков составляла 1г/кг.

Таблица 2 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания радужной форели, получавшей в составе корма пробиотические препараты (60 суток)

Показатели	Контроль ОР	Опытные группы		
		ОР ₁ = ОР + <i>B. subtilis</i> (ВКМП В-2335)	ОР ₂ = ОР + <i>B. subtilis</i> (OZ-2 ВКМП -11966) + <i>B. amyloliquefacien</i> <i>s</i> (OZ-3ВКМП- 11967)	ОР ₃ = ОР + <i>L. acidophilu</i> <i>s</i> (ВКМП В-3235)
Средняя начальная масса, г	30±1,5	30±2,1	30±1,3	30±1,1
Средняя конечная масса, г	97,9± 8,8	99,1± 8,6	106,2± 9,1	97,7± 9,3
Абсолютный прирост, г	67,9	69,1	76,2	67,7
Среднесуточный прирост, г	1,13	1,15	1,27	1,13
Кормовой коэффициент	1,14	1,12	1,09	1,17
Выживаемость, %	100	98	100	98
Начальная биомасса, г	1524,5	1495	1529	1565
Конечная биомасса, г	4895	4955	5310	4885
Прирост биомассы, г	3370,5	3460	3781	3320
Количество корма, г	3851,7	3870	4103,4	3870

Примечание: ОР-опытный рацион

Применение пробиотической добавки *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens*, привело к улучшению морфологических показателей тканей среднего отдела кишечника и пилорических придатков (рис. 2).

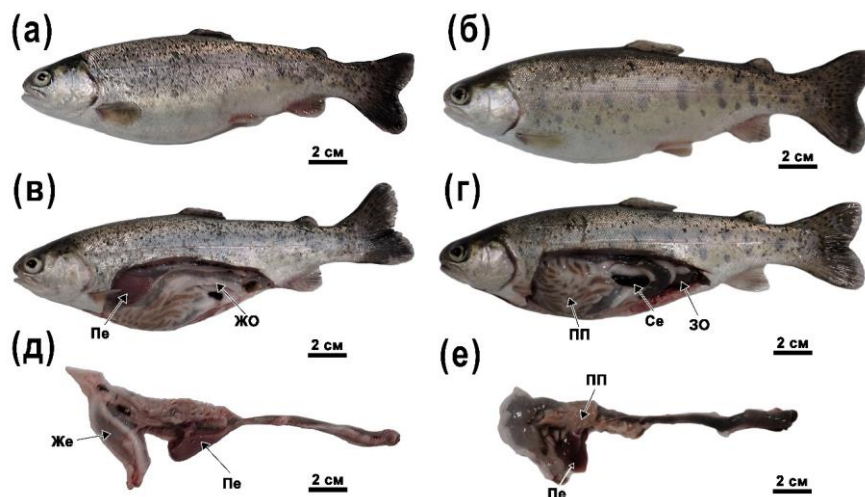


Рисунок 2 – Показатели и результаты вскрытия радужной форели двух групп по окончании эксперимента: (а) – группа ОР; (б) – группа ОР2: Пе – печень; ПП – пилорические придатки; ЖО – жировые отложения; ЗО – задний отдел кишечника; Же – желудок; Се – селезенка

Полученные в результате исследования физиологических показателей радужной форели данные дают возможность утверждать, что пробиотические

составы достоверно оказывают влияние на некоторые гистоморфологические показатели среднего отдела кишечника и пилорических придатков. Пробиотические препараты не оказывают влияния на морфологическую картину периферической крови.

Значительных вариаций по количеству нейтрофилов и моноцитов зафиксировано не было. Количество также существенно не отличалось между всеми опытными группами (рис. 3). Максимальное число тромбоцитов было отмечено в группе ОР3 и составило $1,98 \pm 0,22\%$.

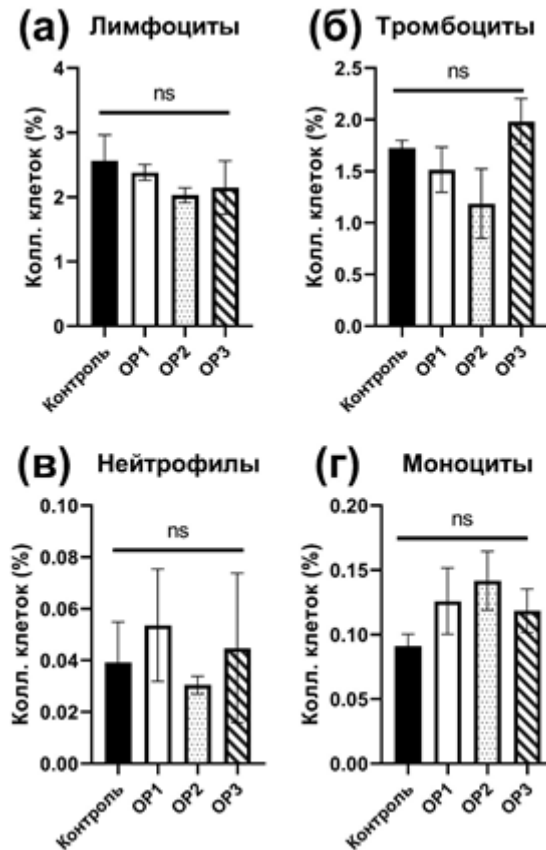


Рисунок 3 – Сравнение элементного состава периферической крови радужной форели при кормлении пробиотическим препаратом по окончании эксперимента

Таким образом, пробиотический препарат ОР₂, включающий *B. subtilis* (OZ-2 ВКМП -11966) + *B. amyloliquefaciens* (OZ-3 ВКМП-11967) оказал наибольшее положительное влияние на рыбоводно-биологические показатели и гистоморфологические показатели органов пищеварения и может быть использован в составе комплексной кормовой добавки для радужной форели.

Хелатные соединения микроэлементов. Было сформировано три опытные группы молоди рыб, для которых использовали корма с различным количеством хелатных соединений микроэлементов: 0,5, 1 и 2 г на один кг корма. Данные концентрации определены исходя из литературных данных о физиологических потребностях радужной форели в микроэлементах и предыдущих исследований (Бородин и др., 2019, Хрусталева и др., 2017; Скляр, 2008).

Согласно данным табл. 3, внесение хелатных соединений микроэлементов в состав кормов для радужной форели показало достоверное увеличение скорости роста в экспериментальных группах. Минимальное значение кормового коэффициента было зафиксировано в группе с добавлением 1 г/кг хелатов и

составило 1,15 ед., при этом конечная биомасса в данной группе превосходила контрольную на 9,85%. Увеличение концентрации хелатных соединений до 2 г/кг в группе ОР + хелаты 2 г/кг привело к снижению скорости роста рыб в сравнении с группой ОР + хелаты 1 г/кг. Существенных различий по показателю выживаемости выявлено не было.

Таблица 3 - Рыбоводно-биологические показатели выращивания радужной форели при включении в корма хелатных соединений микроэлементов. (60 суток)

Показатели	Контроль	Опытные группы		
	ОР	ОР0,5 = ОР + хелаты 0,5 г/кг	ОР1 = ОР + хелаты 1 г/кг	ОР2 = ОР + хелаты 2 г/кг
Средняя начальная масса, г	845±75	815±80	830±85	825±75
Средняя конечная масса, г	1320±131	1290±127	1353±129*	1321±133
Абсолютный прирост, г	475	475	523	496
Относительный прирост, %	56,21	58,28	63,01	60,12
Среднесуточный прирост, г	7,92	7,92	8,72	8,27
Среднесуточная скорость роста, %	0,94	0,97	1,05	1,00
Кормовой коэффициент	1,32	1,20	1,15	1,19
Выживаемость, %	97	100	99	99
Начальная биомасса, кг	84,5	81,5	83	82,5
Конечная биомасса, кг	128,04	129,00	133,95	130,78
Прирост биомассы, кг	43,54	47,50	50,95	48,28
Прирост биомассы, %	51,53	58,28	61,38	58,52
Количество корма, кг	57,39	56,84	58,58	57,59

* $P > 0,95$; сокращения см. в табл. 2.

Физиологические показатели опытных образцов рыбы.

Для производства обогащенной пищевой продукции необходим контроль за физиологическими показателями рыбы на всех этапах выращивания. Удалось установить достоверные различия по относительному количеству лимфоцитов в группе ОР1. При этом достоверных различий по другим клеточным элементам периферической крови установлено не было. Общее число клеток лейкоцитарного ряда также достоверно отличалось в группе (табл. 4; $p < 0,05$), получавшей в составе корма хелатные соединения микроэлементов в концентрации 1 г/кг корма (рис. 4).

Таблица 4 – Элементный состав периферической крови радужной форели трех опытных и контрольной группы при кормлении хелатными соединениями микроэлементов по окончании эксперимента.

Показатель (%)	Контроль	OP0,5	OP1	OP2
Красные клетки крови	94,73±0,69	95,14±0,45	94,44±0,54	95,07±0,22
Лимфоциты	1,475±0,16	1,452±0,23	2,005±0,28	1,539±0,07
Нейтрофилы	0,119±0	0,081±0,04	0,079±0,04	0,097±0,01
Моноциты	0,106±0,02	0,085±0,06	0,103±0,02	0,124±0,04
Тромбоциты	1,858±0,34	1,618±0,48	1,181±0,2	1,401±0,08
Общее число лейкоцитов	1,7±0,19	1,61±0,24	2,18±0,27	1,76±0,1

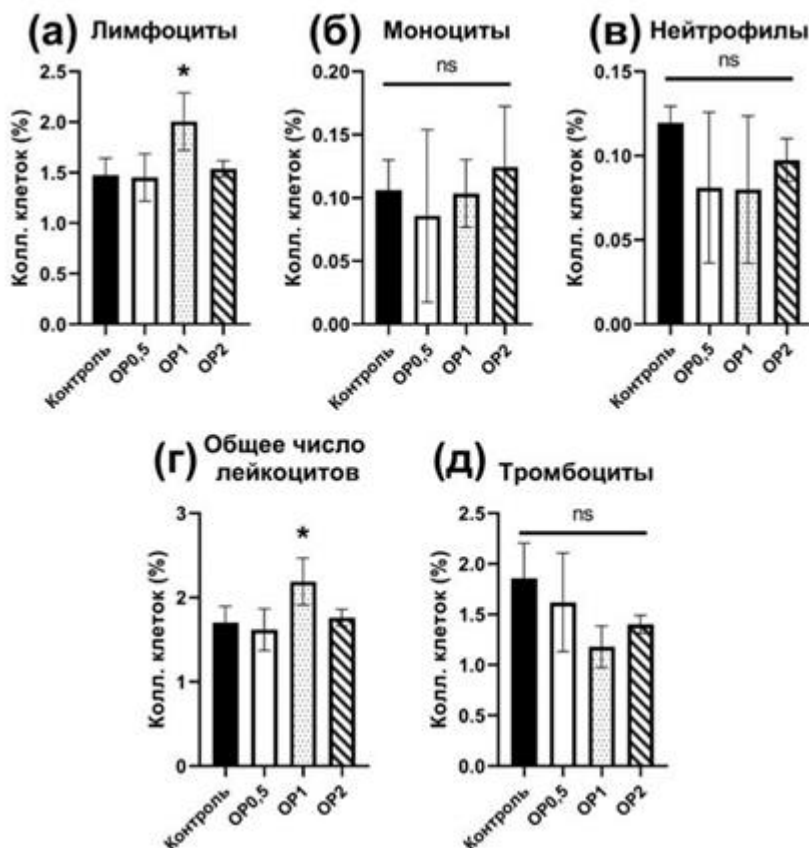


Рисунок 4 – Сравнение элементного состава периферической крови радужной форели трех опытных и контрольной группы при кормлении хелатными соединениями микроэлементов по окончании эксперимента, %

Патологоанатомическое вскрытие позволило отметить высокую упитанность и равномерность жировых отложений в брюшной полости, отсутствие видимых патологий печени, кишечника и других отделов ЖКТ.

Таким образом, проведенная оценка физиологических показателей опытных особей радужной форели, получавших в составе корма хелатные формы микроэлементов, позволила установить: отсутствие патологических отклонений ЖКТ и печени у всех опытных групп на гистологическом и органном уровне, положительное влияние концентрации 1 г/кг на площадь адсорбирующего эпителия

кишечника, увеличение относительного количества лимфоцитов при концентрации 1 и 2 г/кг, а также положительное влияние на гемоцитопоз по показателям количества лимфоцитов и эритробластов в селезенке.

В третьей главе представлены результаты исследования разработанной кормовой добавки на предприятиях Белгородской области.

Проведенные в лабораториях исследования по опытному кормлению радужной форели позволили установить оптимальные концентрации компонентов кормовой добавки и предполагали дальнейшие научно-хозяйственные испытания в рыбоводных хозяйствах в 2020-2022 годах.

Лабораторные исследования кормовой добавки проводились на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки НТИ РФ (Рег. № 3662433) «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)». На установке был смоделирован гидрохимический состав воды промышленных хозяйств Белгородской области с целью максимального приближения лабораторных условий к научно-производственному опыту.

Состав разработанной комплексной кормовой добавки для радужной форели представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Компонентный состав разработанной комплексной кормовой добавки для радужной форели

Компонент	Концентрация
Пробиотический препарат	
<i>Bacillus subtilis</i> , КОЕ/кг	12×10^7
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , КОЕ/кг	10×10^9
Хелатные соединения микроэлементов	
Fe ЭДДЯ мг/кг	10
Mn ЭДДЯ мг/кг	30
Cu ЭДДЯ мг/кг	1
Zn ЭДДЯ мг/кг	10
Co ЭДДЯ мг/кг	0,1
Se мг/кг	0,2
I мг/кг	0,9

Апробация кормовой добавки в бассейновом хозяйстве позволила установить существенное увеличение скорости роста радужной форели при применении опытного корма (табл. 6).

Анализ полученных данных позволяет утверждать, что использование в рационе радужной форели комплексной кормовой добавки оказывает положительное влияние на рыбоводно-биологические показатели. Была зафиксирована большая выживаемость в опытной группе, которая составила 97% (в контроле 95%). Вероятно, большая выживаемость может быть объяснена стимуляцией иммунитета рыбы, за счет получения более полноценного рациона по составу микроэлементов. Так же, как было показано в ходе лабораторных испытаний, добавка приводит к стимуляции неспецифического иммунного ответа. Достоверные отличия также выявлены при апробации на ООО «Форелевый рай» на

основании трех повторностей и общей выборки (3 опытные и 3 контрольные группы по 30 рыб).

Таблица 6 – Рыбоводно-биологические показатели выращиваемой форели при апробации комплексной кормовой добавки на форелевом хозяйстве ООО «Форелевый рай» (Белгородская область, 2020 г) (60 суток)

Показатель	Группа		Изменение	
	Контрольная группа	Опытная группа	абс.	отн.
Средняя начальная масса одной рыбы, г	44,54±7,71	43,16±7,85	-1,38	96,90
Средняя конечная масса одной рыбы, г	119,86±29,19	147,04±27,37*	27,18	122,68
Начальная биомасса, г	13363,33±2300,93	12950±2341,9	-413,33	96,91
Конечная биомасса, г	34042,13±8244,28	42936,97±7948,25	8894,84	126,13
Выживаемость, %	0,95	0,97	0,03	-
Кормовой коэффициент, ед	1,35	0,90	-0,45	-
Коэффициент упитанности, ед	1,23	1,46	0,23	-
Абсолютный прирост, г	20678,80	29986,97	9308,17	-
Относительный прирост, %	87,24	107,31	20,07	-
Среднесуточный прирост (удельная скорость роста), %	1,45	1,78	0,33	-

* при $\alpha=0,95$; $f=178$; $t\text{-кр.} - 1,9739 \leq t\text{-рас.} - 6,4429$

Достоверные отличия рассчитаны по общей массе выборки в пересчете на одну рыбу. Был зафиксирован прирост по средней конечной массе одной рыбы на 27,18 г (22,68%) в сравнении с контролем.

Также отмечен прирост конечной биомассы, которая в опытной группе составила 42,9±7,95 кг, превышая контрольные показатели на 26,13%. Среднесуточный прирост в группе, получавшей в составе корма комплексную кормовую добавку, составил 1,78%, при этом в контроле данное значение было на уровне 1,45%.

После окончания опыта анализировалось состояние внутренних органов и качество мяса рыбного сырья экспериментальных особей радужной форели. Качества товарной рыбы было высоким, рыба не имела внешних повреждений (разрывов плавников, изменений в окраске, помутнений рогицы), что свидетельствует о хороших условиях содержания и качестве водной среды и кормов. В результате исследований структуры мяса рыбного сырья было установлено, что плотность мышечной ткани у контрольной и опытной рыбы была достаточно высокой, плотно прилежала к костям и имела розовую окраску, характерную для

радужной форели. При этом, выявлено, что в опытной группе, визуальное окрашивание было более ярким.

Проведенные в 2020-2021 году исследования на форелевом хозяйстве ООО «Форелевый рай» и лабораторные исследования выявили положительное влияние разработанной комплексной кормовой добавки. Зафиксировано достоверное увеличение рыбоводно-биологических показателей, а также показано улучшение качественных характеристик мяса рыбного сырья.

В 2022 году потребовалось проведение второго научно-хозяйственного опыта в условиях индустриального выращивания на установках замкнутого водоснабжения, за счет возможного негативного эффекта от микроэлементов при рециркуляции воды.

Рыбоводно-биологические показатели апробации комплексной кормовой добавки на форелевом хозяйстве СССПОК «Белфорель» (Белгородская область) представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Рыбоводно-биологические показатели выращиваемой форели при апробации комплексной кормовой добавки на форелевом хозяйстве СССПОК «Белфорель» (Белгородская область)

Показатель	Группа		Изменение	
	Контрольная группа	Опытная группа	абс.	отн.
Средняя начальная масса одной рыбы, г	120,75±29,04	117,43±21,71	-3,32	97,25
Средняя конечная масса одной рыбы, г	282,85±63,37	300,04±45,12*	17,19	106,08
Начальная биомасса, г	54339±12999,32	52845±9718,34	-1494,00	97,25
Конечная биомасса, г	121345,03±27034,68	132019,55±19746,35	10674,52	108,80
Выживаемость, %	95,33	97,78	2,44	-
Кормовой коэффициент, ед	1,45	1,20	-0,25	-
Коэффициент упитанности, ед	1,49	1,51	0,02	-
Абсолютный прирост, г	67006,03	79174,55	12168,52	-
Относительный прирост, %	76,28	85,65	9,37	-
Среднесуточный прирост (удельная скорость роста), %	1,27	1,42	0,15	-

* при $\alpha=0,95$, $f=178$, t -кр. - 1,9739 $\leq t$ -рас. - 2,096

Внесение разработанной добавки в производственные корма позволило получить усредненный прирост одной рыбы на 17,19 г (6,08%), повысить

выживаемость на 2,45% и относительный прирост биомассы на 9,37% по отношению к контрольной группе.

Согласно полученным данным, конечная биомасса в опытной группе достоверно превышала контрольные значения. Абсолютный прирост биомассы в группе с внесением в корма разработанной добавки составил 79,17 кг, превосходя контрольные показатели на 12,16 кг. Итоговое значение среднесуточного прироста в опытной группе составило 1,42%, при этом в контроле оно составило 1,27%.

Для оценки экономической эффективности использования разработанной кормовой добавки в составе продукционных кормов для форели был произведен дополнительный анализ на стадии научно-хозяйственных опытов.

В связи с тем, что рыба опытной группы более интенсивно росла в сравнении с рыбой контрольной группы, то результаты первого научно-хозяйственного опыта (на базе ООО «Форелевый рай») показали абсолютный прирост живой массы в 29,99 кг в сравнении с контрольной группой – 20,68 кг. Расчет экономической эффективности представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Экономическая эффективность выращивания радужной форели в ООО «Форелевый рай»

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Масса в начале опыта, кг	13,36	12,95
Масса в конце опыта, кг	34,04	42,94
Прирост, кг	20,68	29,99
Стоимость посадочного материала, тыс. руб.	17,37	16,84
Затраты кормов на 1 кг прироста, кг	1,36	0,91
Количество корма, кг.	28,06	27,20
Стоимость комбикорма, тыс. руб.	5,05	4,90
Стоимость добавки, тыс. руб.		1,31
Выручка от реализации рыбы, тыс. руб.	30,64	38,64
Себестоимость рыбы, тыс. руб.	22,42	23,04
Прибыль от реализации рыбы, тыс. руб.	8,21	15,60
Дополнительно полученная прибыль от реализации, тыс. руб.		7,39
Рентабельность, %	26,81	40,38

Использование добавки не оказало существенного влияния на затраты по кормлению и позволило повысить рентабельность хозяйства на 13,57%, без учета фонда оплаты труда.

Результаты экономической эффективности второго научно-хозяйственного опыта на базе СССПОК «Белфорель» представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Экономическая эффективность выращивания радужной форели в СССПОК «Белфорель»

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Масса в начале опыта, кг	54,34	52,85
Масса в конце опыта, кг	121,35	132,02
Прирост, кг	67,01	79,17
Стоимость посадочного материала, тыс. руб.	70,64	68,70
Затраты кормов на 1 кг прироста, кг	1,46	1,20
Количество корма, кг.	97,81	95,12
Стоимость комбикорма, тыс. руб.	17,61	17,12
Стоимость добавки, тыс. руб.		4,57
Выручка от реализации рыбы, тыс. руб.	109,21	118,82
Себестоимость рыбы, тыс. руб.	88,25	90,39
Прибыль от реализации рыбы, тыс. руб.	20,96	28,43
Дополнительно полученная прибыль от реализации, тыс. руб.		7,47
Рентабельность, %	19,20	23,93

Использование добавки во втором опыте не оказало существенного влияния на затраты по кормлению и позволило повысить рентабельность хозяйства на 4,73%, без учета фонда оплаты труда.

В главе 4 дана оценка качества разработанных продуктов по основным показателям качества рыбной продукции. По органолептическим показателям живые особи опытных образцов радужной форели соответствовали требованиям, указанным в ГОСТ 24896-2013 «Рыба живая. Технические условия». В ходе опроса испытателей было установлено, что особи радужной форели из всех исследуемых групп обладали нормальным внешним видом, без признаков повреждений (трещин, надрывов), мясо имело равномерную окраску и в нем не встречались включения.

Установлено, что органолептические показатели живой рыбы и всех образцов мяса рыбного сырья находятся в пределах нормы и соответствуют требованиям ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей».

Результаты органолептической оценки мяса и бульона опытных и контрольных рыб представлены на профилограмме органолептических показателей качества (рис. 5). Испытатели отмечали улучшение вкуса, запах и консистенции мяса рыбного сырья после термической обработки их опытных групп. Также было установлено незначительное улучшение органолептических показателей бульона их опытных особей радужной форели. Органолептическая оценка бульона рыб производилась параллельно с оценкой качества мяса рыбного сырья. В опытной группе бульон имел характерный рыбный вкус без привкусов комбикормов, высокую прозрачность с минимальными жировыми включениями.

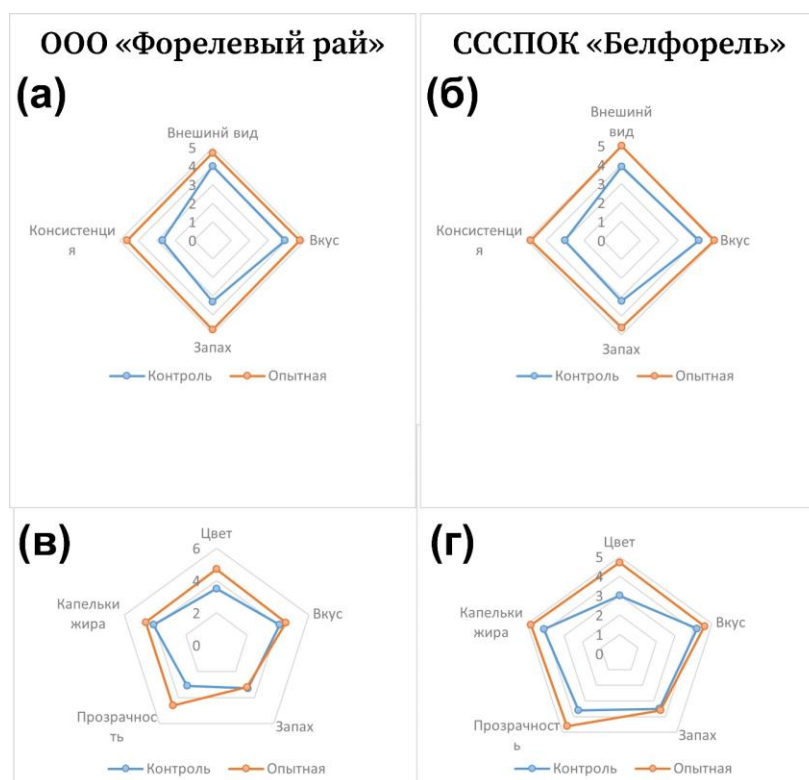


Рисунок 5 – Результаты оценки органолептических показателей мяса рыбного сырья и бульона радужной форели при использовании исследуемой кормовой добавки

Таким образом, проведенные органолептические исследования свежей рыбной продукции, а также мяса рыбного сырья после термической обработки (мясо, бульон), показали улучшение ряда показателей у продукции, полученной от опытной рыбы.

При изучении пищевой ценности состава радужной форели существенных отличий от контрольных образцов установлено не было. Среднее относительное содержание белков в опытных образцах рыбы в 100 г продукции составляло 18,6% (табл. 10).

Таблица 10 – Пищевая и энергетическая ценность образцов мяса рыбного сырья радужной форели из различных экспериментальных групп

Химический состав, г/100 г	Контрольный образец	Опытная рыба из ООО «Форелевый рай»	Опытная рыба из СССПОК «Белфорель»
Белки	18,9±0,51	18,6±1	18,63±0,55
Жир	4,73±0,32	4,63±0,15	4,96±0,32
Вода	74,94±0,22	75,15±0,96	74,93±0,81
Углеводы	1,42±0,19	1,61±0,1	1,46±0,15
Энергетическая ценность ккал/100 г	123,52±1,69	122,15±4,3	124,73±4,51
Энергетическая ценность кДж/100 г	516,33±7,1	510,58±17,99	521,38±18,88

Количество жиров и углеводов в опытных группах также значительно не

отличалось от контроля. У опытных особей радужной форели из хозяйства ООО «Форелевый рай» процентное содержание жиров было несущественно ниже, чем в контроле и опытной группе из хозяйства СССПОК «Белфорель» и составляло $4,63 \pm 0,15\%$ (рис. 6).

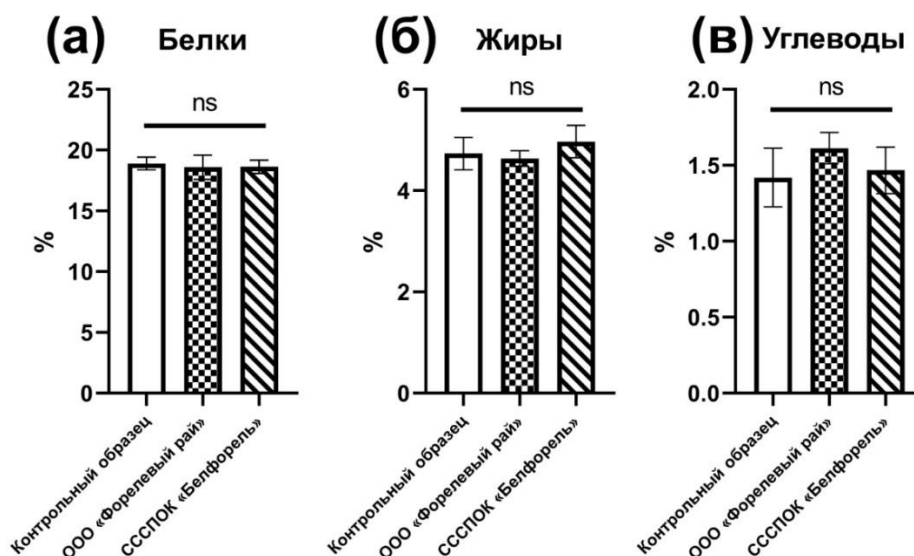


Рисунок 6 – Пищевая ценность образцов мяса рыбного сырья радужной форели из различных экспериментальных групп, %

Это может быть связано с тем, что в данном рыбноводном хозяйстве итоговая средняя масса рыбы составила $147,04 \pm 27,37$ г, при которой характерно использование жиров и углеводов на пластический обмен.

Расчет энергетической ценности подтвердил отсутствие различий между опытными и контрольными особями (рис. 7).

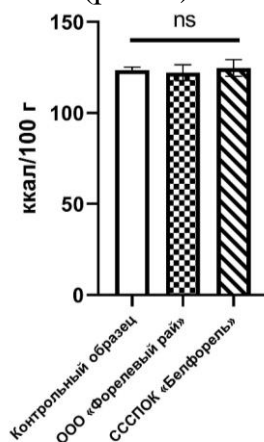


Рисунок 7 – Сравнение энергетической ценности мяса рыбного сырья радужной форели из различных экспериментальных групп, ккал/100г

Таким образом, полученные данные позволяют заключить, что использование в кормлении комплексной кормовой добавки не оказывает влияния на пищевую и энергетическую ценность обогащённого мяса радужной форели.

Изучение содержания отдельных микроэлементов в мясе радужной форели из разных хозяйств позволило установить наличие существенных отличий между опытными и экспериментальными особями. Характеристика минерального состава

образцов мяса рыбного сырья представлена в таблице 11. Среди исследуемых микроэлементов наибольшее содержание было установлено для цинка и железа, количество которых в контроле составило $7,1 \pm 0,88$ и $9,16 \pm 1,25$ мг. Полученные результаты сходятся с данными, представленными в других исследованиях (Степанцова и др., 2018).

Таблица 11 – Содержание минеральных веществ в мясе рыбного сырья радужной форели контрольной и опытных групп из разных хозяйств.

Показатели	Контрольный образец	Опытная рыба из ООО «Форелевый рай»	Опытная рыба из СССПОК «Белфорель»
Железо, мг/кг	$7,1 \pm 0,88$	$11,33 \pm 0,85$	$9,83 \pm 0,45$
Марганец, мг/кг	$1,71 \pm 0,08$	$1,39 \pm 0,14$	$1,29 \pm 0,32$
Медь, мг/кг	$0,37 \pm 0,31$	$0,61 \pm 0,07$	$0,52 \pm 0$
Цинк, мг/кг	$9,16 \pm 1,25$	$14,66 \pm 0,57$	$15 \pm 1,10$
Кобальт, мг/кг	$0,01 \pm 0$	$0,02 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0$

Содержание других исследуемых микроэлементов в мясе рыбного сырья контрольных особей находилось в пределах 0,01 и 1,71 мг/кг, что также сходится с результатами, полученными ранее.

Оценка микроэлементного состава мясе опытных особей радужной форели, получавшей в составе корма комплексную добавку, позволила установить наличие достоверных отличий по содержанию: железа, цинка и меди (рис. 8; $p < 0,05$).

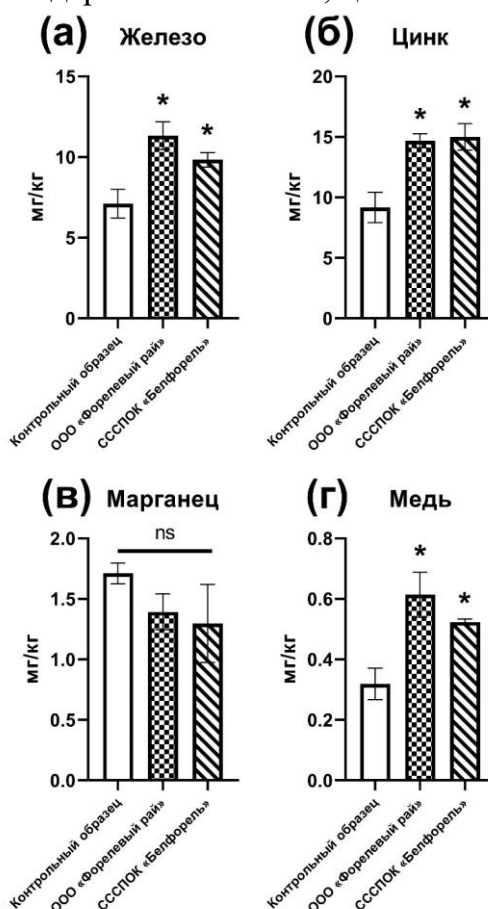


Рисунок 8 – Сравнение содержания минеральных веществ в мясе рыбного сырья радужной форели контрольной и опытных групп из разных хозяйств

Так содержание железа в мясе рыб из опытных групп составляло $11,33 \pm 0,85$ и $9,83 \pm 0,45$ мг/кг, что достоверно превосходит контрольные значения на 59,5 и 38,4%. Содержание цинка также существенно увеличилось в опытных группах, достигая максимума в мясе рыб и хозяйства СССПОК «Белфорель» ($15 \pm 1,1$ мг/кг). Помимо этого, было установлено увеличение относительного содержания данных элементов.

Существенное увеличение содержание меди в обеих опытных группах (ООО «Форелевый рай» и СССПОК «Белфорель») составило 56,7 и 43,2% относительно контрольной группы рыб. Стоит отметить незначительное снижение содержания марганца у опытных групп рыб, которое, вероятно, связано с увеличением метаболизма данного микроэлемента рыбой.

Из представленных на рисунке 8 данных видно, что степень накопления микроэлементов в опытной группе из хозяйства ООО «Форелевый рай» несущественно выше, чем в опытной группе из хозяйства СССПОК «Белфорель». Данное явление связано с более интенсивным ростом рыбы и процессом анаболизма, что могло повлиять на степень биоаккумуляции минеральных веществ. Данное явление наиболее четко заметно по содержанию железа и марганца.

Таким образом, можно заключить, что внесение разработанной добавки оказывает влияние на изменение минерального состава мяса опытных образцов рыбы, приводя к достоверному увеличению железа, цинка и меди и не оказывая существенного влияния на накопление других исследуемых микроэлементов.

На основании содержания микронутриентов в образцах мяса и МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ» были определены проценты удовлетворения рекомендуемой суточной потребности в минеральных веществах при употреблении 100 г мяса рыбного сырья (таблица 12).

Таблица 12 – Процент удовлетворения суточной потребности в минеральных веществах при употреблении 100 г продукта (мясо рыбного сырья)

Показатели	Суточная потребность по МР 2.3.1.0253-21	% удовлетворения суточной потребности		
		Контрольный образец	Опытная рыба из ООО «Форелевый рай»	Опытная рыба из СССПОК «Белфорель»
Железо, мг*	10/18	7,1/3,94	11,33/6,29	9,83/5,46
Марганец, мг	2,00	8,55	6,97	6,48
Медь, мг	1,00	3,19	6,14	5,24
Цинк, мг	12,00	7,64	12,22	12,50
Кобальт, мг	0,01	13,33	20,00	16,67

* для мужчин/для женщин

Установлено, что при употреблении 100 г обогащенного мяса рыбного сырья суточная потребность в железе покрывается от 6,29 и 5,46% (для женщин) до 11,33 и 9,83% (для мужчин). Содержание цинка в опытном рыбном мясе позволяет удовлетворить потребность в данном элементе на 12,22 и 12,50%, что превосходит значения контрольного образца (7,64%). Потребность в меди для взрослого человека составляет 1 мг/сутки и при потреблении полученной в исследовании обогащенной рыбной продукции может быть удовлетворена на 6,14%, что существенно превышает контрольные показатели (3,19%). Существенной разницы по

удовлетворению потребности в других минералах между контрольным и опытным мясом не установлено.

Полученные в ходе исследования данные о накоплении некоторых минеральных веществ в мясе радужной форели, получавшей в составе корма разработанную комплексную кормовую добавку, позволяют заключить, что выращенная в хозяйствах опытная группа рыб является обогащенной по содержанию железа, цинка и меди.

Процентные показатели удовлетворения суточной потребности человека, в соответствии с нормативной документацией, показывают, что при потреблении данной продукции может быть компенсирован недостаток микроэлементов у отдельных групп потребителей Белгородской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы сделаны следующие выводы:

1. Анализ научно-технической информации позволил оптимизировать подходы по формированию состава комплексной кормовой добавки, способов контроля безопасности и технологии получения обогащенной микроэлементами рыбной продукции.

2. Установлены наиболее эффективные и безопасные концентрации пробиотиков и хелатных соединений микроэлементов (*Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens* в концентрации $12 \times 10^7 + 10 \times 10^9$ КОЕ/кг; хелатные соединения микроэлементов в концентрации 1 г/кг рыбного корма) в составе производственных кормов для радужной форели

3. Анализ эффективности применения комплексной кормовой добавки по рыбоводно-биологическим показателям радужной форели при интенсивном выращивании в условиях аквакультуры Белгородской области показал увеличение конечной биомассы в хозяйстве ООО «Форелевый рай» на 22,68% в сравнении с контрольной группой; в хозяйстве СССПОК «Белфорель» - на 8,8%

4. Анализ экономической эффективности выращивания радужной форели при включении в состав основного корма разработанной кормовой добавки свидетельствует об экономической рациональности, подтвержденной расчетами основных технико-экономических показателей в условиях научно-хозяйственного опыта. Так использование кормовой добавки позволит увеличить рентабельность рыбоводных предприятий в части выращивания радужной форели на 4,73-13,57%.

5. Сравнение органолептических и физико-химических показателей обогащенной микроэлементами опытной группы рыбной продукции выявило улучшение показателей вкуса и цвета рыбы во всех опытных группах, которые соответствовали ГОСТ 24896-2013 «Рыба живая. Технические условия» и ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей».

6. Оценка потребительских свойств обогащенного мяса рыбного сырья выявила, что использование в кормлении комплексной кормовой добавки не оказывает влияния на пищевую и энергетическую ценность. Анализ минеральной ценности обогащенной микроэлементами рыбной продукции достоверно подтвердил данные о накоплении в мясе рыб из опытных групп, в сравнении с контрольной группой, содержания железа (на 59,5 и 38,4%), цинка (на 60,0 и 63,7%) и меди (на 56,7 и 43,2%).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Формирование качества получаемой рыбопродукции из радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) за счет применения кормов с хелатными соединениями металлов и каротиноидов / **Климов В.А.**, Никифоров-Никишин Д.Л., Кочетков Н.И., Смородинская С.В. // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 2. – С. 76-86 – DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.007.

2. Evaluating possible genotoxicity of three feed additives recommended for aquaculture by using micronucleus test on *Danio rerio* erythrocytes / N. I. Kochetkov, S. V. Smorodinskaya, D. L. Nikiforov-Nikishin, **V.A. Klimov** [et al.] // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. – 2022. – № 3. – P. 48-59. – DOI 10.24143/2073-5529-2022-3-48-59. – EDN BSCKRL.

Публикации в других рецензируемых научных изданиях:

3. Технологии использования кормов и кормовых добавок в аквакультуре / А. Л. Бородин, Л. И. Бычкова, К. В. Гаврилин, **В.А. Климов** [и др.]. Монография – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Торговый Дом «ДеЛи», 2019. – 154 с. – ISBN 978-5-6042712-5-4. – EDN AXPOUF.

Публикации в изданиях, индексируемых в БД «Scopus»:

4. The influence of probiotics of different microbiological composition on histology of the gastrointestinal tract of juvenile *Oncorhynchus mykiss* / Nikiforov-Nikishin, A., Nikiforov-Nikishin, D., Kochetkov, N., Smorodinskaya, S., **Klimov, V.** // Microscopy Research and Technique, 2022, 85(2), pp. 538–547 (SCOPUS)

5. Effects of chelated complexes and probiotics on histological and morphometric parameters of the gastrointestinal tract of juvenile carp (*Cyprinus carpio*) / Nikiforov-Nikishin, D., Kochetkov, N., **Klimov, V.**, Bugaev, O. // New Zealand Journal of Zoology, 2022. – DOI: 10.1080/03014223.2022.2082495. – EDN: QTLGCW (SCOPUS)

6. Histological changes in the liver, intestines and kidneys of *Clarias gariepinus* when using feed with chelated compounds / S. Y. Gramm, S. V. Beketov, **V.A. Klimov** [et al.] // International Journal of Pharmaceutical Research. – 2020. – Vol. 12. – № 3. – P. 2380-2391. – DOI 10.31838/ijpr/2020.12.03.331. – EDN FANJYB. (SCOPUS)

7. Ponomarev S., Levina O., Fedorovykh Y., Akhmedzhanova A., Nikiforov-Nikishin A. & **Klimov V.** Feed additive for fish diet with antioxidant and immunostimulating effect // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2022. – Т. 363. – DOI 10.1051/e3sconf/202236303036.

8. Ponomarev S., Fedorovykh Y., Levina O., Starikova T., Nikiforov-Nikishin A. & **Klimov V.** Bioflavonoids in production of fish feeds // AIP Conference Proceedings, 2023 – V. 2817. – e020015