

УДК: 577.1:612.1:639.211.3.043
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.301

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЫВОРОТКИ КРОВИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ

Карпенко Л.Ю.¹ – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии;
Сидорова Н.А.² – канд. биол. наук, доц., доп. каф. зоологии и экологии;
Полистовская П.А.¹ – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии;
Бахта А.А.¹ – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии;
Савушкин А.И.² – науч. сотр.; Никонов И.Н.¹ – канд. биол. наук, ст. науч. сотр.

*l.u.karpenko@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

² ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

Ключевые слова: аквакультура, биохимический состав сыворотки крови, продукционные комбикорма, радужная форель.

Keywords: aquaculture, biochemical composition of blood serum, food additives, rainbow trout.

Финансирование: исследование выполнено при поддержке гранта российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

Поступила: 03.06.2024

Принята к публикации: 20.09.2024

Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Рациональное и эффективное кормление объектов аквакультуры относится к одной из основ производства

продукции при высокопродуктивном рыбоводстве. Целью выполненного исследования стало сравнение состава продукционных комбикормов для объектов аквакультуры и изучение влияния комбикормов на биохимические показатели сыворотки крови радужной форели. Для выполнения цели исследования отобрано 10 групп радужной форели (*Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) породы «Рофор»), выращенной в производственных условиях садковых хозяйств Карелии. В сыворотке крови исследуемых особей определяли аланинтрансферазу, аспаргатаминотрансферазу, щелочную фосфатазу, общий белок, альбумины, креатинин, мочевины, глюкозу, общий билирубин и общий холестерин. Полученный результат имеет важное практическое значение поскольку при избыточном поступлении углеводов у этих рыб развивается синдром перегрузки печени гликогеном из-

за недостаточного продуцирования инсулина. Поэтому оптимальное содержание углеводов для них составляет 20–30 %, в том числе клетчатки 5–6 %. При этом лучше используются моносахара – глюкоза, фруктоза, манноза, несколько хуже – дисахариды и крахмал, а целлюлоза расщепляется только на 10–20 % от потребленной. Кроме того, необходимо учитывать, что форель как холоднолюбивая рыба не может использовать углеводы в том объеме, как теплолюбивые объекты аквакультуры поэтому в целях сбережения белка, который может использоваться на энергетические цели в их рационах необходимо дополнительно вводить жиры. Однако, в исследуемых комбикормах данный компонент не соответствовал нормативам ГОСТа. Результаты выполненных исследований могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели и регистрации фоновых ихтиогематологических критериев качества содержания высокопродуктивных аквакультурных видов.

ВВЕДЕНИЕ/INTRODUCTION

В настоящее время, во избежания ограничений по реализации продуктивного потенциала аквакультурных видов, все большее внимание акцентируется на разработке научно-технических решений для коррекции лимитирующих факторов пищевых потребностей рыб [1,2,3,4]. Создаются комбикорма, состав которых направлен на соответствие биологическим особенностям объекта выращивания и задачам культивирования [5,6,7]. При разработке и оптимизации рецептур учитывается востребованность в белках [8], поведенческие особенности, этап развития и характер роста рыбы, условия содержания, особенности метаболизма и обмена веществ [9,10]. Также принимаются во внимание интенсивность и специфичность действия пищеварительных ферментов, особенность моторики желудка, кишечника [11], результаты молекулярного анализа генов, ответственных за всасывание в кишечнике α -аминокислот, ди- и трипептидов [12]. С учетом того, что пищевая ценность кормов может оцениваться как с биологических, так и физиологических позиций учитывается, что корм должен быть доступным по размерам и находиться в необходимой концентрации, рыба могла его потреблять без значительных затрат энергии; находиться в местах, доступных для рыбы и в то время, когда она испытывает в нем потребность. С физиологической позиции, корм должен быть приемлемым по вкусу и цвету, иметь химически полноценную структуру, легко перевариваться и усваиваться в максимальных количествах и обеспечи-

вать все энергетические и пластические потребности организма, его максимальную скорость роста при нормальном развитии.

При изменении состава комбикормов и возникновении дефицита питательных веществ в рационе рыб применяют диагностические маркеры отклонений от физиологической нормы и прогнозирования здоровья культивируемых видов, к которым относят и показатели крови [13]. Данные по морфологии клеток крови и биохимическому составу сыворотки применяют для изучения реакций рыб на стресс [14,15], соматические и инфекционные заболевания [16], токсины, паразитарные инвазии [17,18]. Показатели сыворотки крови используют также при изучении влияния на рыб добавок к комбикормам в виде витаминов, хелатированных микроэлементов и пробиотических бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* [19]. Установлено, что витамины, микроэлементы и пробиотики в составе комбикормов могут вызывать повышение в сыворотке общего белка, альбуминов и иммуноглобулинов. Включение в рацион молоди радужной форели люпина белого, приводит к изменению содержания в сыворотке аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), щелочной фосфатазы (АЛР), амилазы, креатинина, мочевины, билирубина, глюкозы и общего белка. Динамику исследованных биохимических параметров крови авторы объясняют не только действием биодобавки, но и возрастом форели [20]. Показатели сыворотки крови годовиков радужной форели проанализированы в зависимости

от поступления в организм йода, ковалентно связанного с молекулами белка кормовых дрожжей [21]. Йод в составе кормовой добавки «ОМЭК-Ј» (ООО «Биоамид», Саратов) добавляли к экструдированному корму в дозах 300 мг и 350 мг на 1 кг массы рыбы в течение 147 суток. По истечении эксперимента в сыворотке крови контрольной и опытных групп оценивали содержание билирубина, общего белка, АЛТ, АСТ, глюкозы, мочевины, кальция, фосфора, уровень тиреоидных гормонов. Благодаря выполненному биохимическому исследованию сыворотки крови доказано, что органический йод, как добавка к комбикормам, не вызывает негативного влияния на гематологические показатели, а уровень тиреоидных гормонов находится в прямой зависимости от количества введенной в корм добавки «ОМЭК-Ј». Изучено влияние на некоторые биохимические показатели крови радужной форели двух вариантов комбикормов с разным содержанием протеина – CRYSTAL, производства Alltech Correns (протеина 42.65 %) и Basic PL 45/20 A50 производства БНБК (Белорусская национальная биотехнологическая корпорация) (протеина 45.81 %). В условиях выращивания форели в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) обнаружена прямая зависимость между содержанием протеина в корме и общего белка в сыворотке исследуемых особей. При уровне протеина в корме 42.65% содержание общего белка в сыворотке крови составило 32.70%, а при 45.81% - увеличилось до 43.73%. При использовании комбикорма с более высоким содержанием протеина, кроме изменений в биохимическом составе крови радужной форели, было отмечено и отклонение в гидрохимическом режиме УЗВ [22].

Таким образом, можно заключить, что реакция рыбы на различные компоненты комбикормов, как правило, оценивается комплексно с привлечением разнообразных гематологических показателей [23]. Доказано, что химические и физические параметры крови являются чувствительными маркерами здоровья рыбы поскольку

ку быстро реагируют на изменения окружающей среды и могут служить ранними индикаторами стресса [24, 25, 26]. В сыворотке крови рыб, как правило, определяют содержание общего белка, глюкозы, мочевины, креатинина и холестерина. Общий уровень белка даёт представление об эффективности кормления рыбы и ее общем метаболическом статусе. Уровень глюкозы в крови считается наглядным индикатором состояния здоровья и эффективности усвоения углеводов, содержащихся в комбикормах. Функцию почек и активность метаболизма отражают значения мочевины и креатинина, а изменение уровня холестерина позволяет оценить не только здоровье рыбы и активность метаболизма, но и эффективность кормления.

Основная цель представленного исследования связана с выполнением сравнительного анализа состава продукционных комбикормов для радужной форели и изучением их влияния на биохимический состав сыворотки крови.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для выполнения цели исследования было отобрано по 10 групп внешне здоровых особей радужной форели (*Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) породы «Рофор»), выращенных в производственных условиях садковых хозяйств Карелии и получающих в качестве основного рациона один из исследуемых вариантов комбикорма (табл. 2). Отобранные особи радужной форели были в возрасте 1+, средней массой 292.5 ± 25.5 г. На момент исследования (июль-август 2023 года) гидрологические и гидрохимические показатели в районе функционирования садковых модулей в основном соответствовали технологическим нормам и рыбохозяйственным ПДК, рекомендованным для выращивания форели (табл. 1).

Выбранные комбикорма оценивали на соответствие ГОСТу 10385-2014 Комбикорма для рыб. Общие технические условия [27].

Биохимический состав сыворотки

крови анализировали по 10 показателям: аланинтрансфераза (АЛТ), аспаргатаминотрансфераза (АСТ), щелочная фосфатаза, общий белок, альбумины, креатинин, мочевины, глюкоза, общий билирубин, общий холестерин [28]. Все исследования выполняли согласно международным этическим стандартам, изложенным в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в других научных целях, а также согласно требованиям, изложенным в Приказе Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 № 755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» и других нормативных документах, включая заключение Комитета по этике в области исследований на животных Петрозаводского государственного университета № 274 от 7 мая 2020 года.

Перед отбором крови для уменьшения стресса, рыбу в контейнерах анестезиро-

вали гвоздичным маслом (*Caryophylli floris aetheroleum*) в течение 2-3 мин до признаков потери координации. Кровь у рыбы отбирали при помощи вакуумных пробирок Improvacuter (Guangzhou Improve Medical Instruments, Китай) согласно установленной методике [29]. Для проведения биохимических анализов использовали пробирки эппендорф без антикоагулянта, куда вносили 1.5 мл крови и готовили сыворотку. Для получения сыворотки цельную кровь центрифугировали 10 мин при 350–400 g (1500 об/мин) на центрифуге-миксер «Elmi» (Латвия). Определение биохимических показателей полученных образцов сыворотки крови проводили согласно рекомендованным в рыбоводстве методам исследования [30,31,32,33].

Анализ полученных данных выполняли с использованием методов описательной статистики [34] и обработки экспериментальных данных в MS Excel [35].

Таблица 1 – Гидрологические и гидрохимические показатели среды выращивания форели

Параметр	Диапазон	Среднее значение	Технологическая норма*
Температура воды, °С	17.2 – 21.3	17.9 ± 1.1	до 20
Прозрачность, м	6.9 – 11.2	9.3 ± 0.5	не < 1.5
pH	6.4 – 7.2	6.7 ± 0.1	7.0 – 8.0
O ₂ , г/м ³	8.3 – 11.7	9.4 ± 0.3	не ниже 9.0
NH ₃ , г/м ³	0.01 – 0.05	0.03 ± 0.004	0.05
			Рыбохозяйственная ПДК*
БПК ₅ , гO ₂ /м ³	1.2 – 3.4	2.2 ± 0.2	2
БПК ₂₀ , гO ₂ /м ³	2.1 – 4.5	3.2 ± 0.2	3

* Требования форели к химическому составу воды и ПДК вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов (ОСТ 15.372-87)

Таблица 2 – Состав исследуемых вариантов комбикорма

№	Наименование	Состав комбикорма										витамины
		сырой протеин, %	сырой жир, %	сырая зола, %	сырая клетчатка, %	углеводы, %	P, %	Ca, %	Na, %	астаксантин, мг/кг		
1	ALLER AQUA / Vancom Trout AM размер гранул 6.5 мм (Сербия, эксклюзивный дистрибьютор ООО «А-Соль», Санкт- Петербург)	40.0	28.0	5.6	2.1	18.4	1.0	н/ д*	н/д	40.0	н/д	н/д
2	ФОРЕЛЬ Р 45/24 ПИГМЕНТ размер гранул 6.5 мм ООО «РусМолусФид» (Россия, Рес- публика Северная Осетия – Алла- ния)	45.0	24.0	6.0	1.5	17.5	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	А - 10000 МЕ D3 - 3000 МЕ Е - 200 мг С - 280 мг
3	Полнорационный корм для фо- рели GUMUSDOGA размер гранул 6 мм (Турция)	40.0	25.0	7.0	2.0	18.2	0.9	1.6	0.3	70.0	н/д	А - 12000 МЕ D3 - 2500 МЕ Е - 250 мг С - 200 мг
4	Полнорационный корм для фо- рели MOYFEED размер гранул 6 мм (Турция)	41.0	24.0	3.5	2.5	16.4	1.3	2.0	0.2	70.0	н/д	А - 8000 МЕ D3 - 3000 МЕ Е - 250 мг С - 500 мг
5	Полнорационный корм для фо- рели AQUANORM размер гранул 6 мм (Турция)	41.0	24.0	3.0	2.0	17.2	1.3	2.0	0.2	50.0	н/д	А - 12000 МЕ D3 - 2500 МЕ Е - 250 мг

6	DiVaQ Solution Energy R 560 7 ООО «Велес» (Россия, Всево- ложск)	42.0	28.0	7.0	1.8	11.5	1.2	1.6	Cu - 1.5ppm Zn - 50ppm Mg - 57 ppm Fe - 2 ppm Mn - 15 ppm I - 5 ppm Se - 0.2 ppm	A - 7500 ME D3 - 1000 ME E - 150 мг C - 160 мг	
7	Correps Supreme Astax Размер гранул 6 мм (Германия)	44.0	23.0	9.0	2.0	17.8	0.9 6	н/д	н/д	60.0	A - 9067 ME
8	Noreg 6	45.0	25.0	7.0	2.8	18.0	0.9	н/д	н/д	н/д	н/д
9	Экструдированный корм для форели: аквакультура, рецепт Форель 42/27 А 50 размер гранул 6 мм (Россия, Белгородская обл., Шебекино ООО «Лимкорм»)	42.0	27.0	7.0	2.0	11.5	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
10	Manana Fish 6.5 (Армения, «Modus Granum»)	41.0	23.0	6.5	1.2	17.0	1.3	н/д	н/д	н/д	A - 10000 ME D3 - 3000 ME E - 200 мг C - 280 мг
	Норма, %	42.0	12.0	10.0	3.0	25	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

н\д – нет данных

РЕЗУЛЬТАТЫ /RESULTS

Благодаря сравнительному анализу состава продукционных кормов для радужной форели установлено, что основными компонентами комбикорма являются рыбная мука, рыбий жир, минерально-витаминный комплекс, астаксантин. Содержание сырого протеина, сырой клетчатки, фосфора и углеводов не соответствовало ГОСТу 10385-2014 Комбикорма для рыб [27]. В среднем, относительное содержание сырого протеина оказалось ниже нормы в 1.2-1.3 раза, а количество сырого жира превышало норму в 1.6 – 2 раза. Наиболее приближенными к норме по содержанию сырого жира оказались образцы комбикорма ALLER AQUA / Vancor Trout AM (производства Сербии), ФОРЕЛЬ Р 45/24 ПИГМЕНТ (производства России), полнорационный корм для форели GUMUSDOGA, AQUANORM и MOYFEED (производства Турции). По сырой клетчатке показатели оказались самыми отрицательными, т.к.

оказались ниже нормы в 2-4.6 раз. Наибольшее отклонение от нормы установлено для комбикорма Manana Fish 6.5 (производства Армении). При анализе содержания фосфора показатели оказались ниже нормы в 1.2-1.7 раз, а при анализе содержания углеводов в 0.5-1.4 раза, что позволяет констатировать ситуацию по содержанию углеводов наиболее благоприятную для имеющегося рациона радужной форели. Среди микроэлементов в исследуемых образцах корма обнаружены железо, марганец, селен, йод (содержание в пределах 90–0.01 мг/кг). Такие элементы, как медь, цинк и кобальт, необходимые для поддержания коллоидного состояния белков, повышения активности биологических веществ, в составе исследуемых образцов корма - отсутствовали.

Результаты исследования биохимического состава сыворотки крови радужной форели при использовании проанализированных рационов кормления представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Биохимические показатели сыворотки крови радужной форели ($M \pm m$)

Показатель	Варианты корма				
	1	2	3	4	5
АЛТ, МЕл	8,15±0,5	9,10±0,4	9,35±0,35	7,46±0,5	8,16±0,2
АСТ, МЕл	215,8±52,8	326,5±61,7	225,8±51,4	401,3±69,4	213,5±49,6
ЩФ, МЕл	39,65±1,25	41,56±1,3	43,48±1,35	32,15±1,25	40,21±1,1
Общий белок, г/л	39,6 ±0,56	38,5 ±0,79	35,36 ±0,67	31,2 ±0,44	32,1 ±0,69
Альбумины, г/л	10,89±0,43	12,01 ±0,41	11,86 ±0,29	10,05±0,25	11,04 ±0,25
Креатинин, мкмоль/л	66,05 ±0,84	66,34 ±0,83	70,05 ±0,2	61,05 ±0,74	50,48 ±0,77
Мочевина, ммоль/л	1,82 ±0,13	1,7 ±0,08	1,78 ±0,04	1,02 ±0,90	1,1 ±0,04
Глюкоза, ммоль/л	5,61 ±0,31	5,43 ±0,06	5,68 ±0,43	4,18 ±0,26	4,17 ±0,04
Билирубин, мкмоль	0,68±0,001	0,79±0,001	0,68±0,001	0,32±0,001	0,39±0,001
Холестерин, ммоль/л	0,073±0,003	0,07±0,002	0,06±0,003	0,05±0,002	0,04±0,001
Показатель	6	7	8	9	10
АЛТ, МЕл	7,22±0,4	5,12±0,2	6,35±0,22	4,59±0,2	5,43±0,2
АСТ, МЕл	411,8±62,7	314,5±61,3	321,4±65,3	221,8±52,6	247,4±59,3
ЩФ, МЕл	31,00±1,10	32,18±1,1	32,19±1,0	23,12±0,6	32,42±0,68
Общий белок, г/л	32,4 ±0,42	27,2 ±0,48	23,17 ±0,32	22,7 ±0,29	21,8 ±0,23
Альбумины, г/л	7,48±0,25	9,24 ±0,15	9,12 ±0,80	9,12±0,10	10,89 ±0,16
Креатинин, мкмоль/л	34,12 ±0,56	45,23 ±0,26	56,12 ±0,4	34,12 ±0,29	43,11 ±0,69
Мочевина, ммоль/л	1,10 ±0,90	1,1 ±0,03	1,23±0,02	1,01 ±0,45	0,8 ±0,01
Глюкоза, ммоль/л	3,12 ±0,22	4,15 ±0,03	4,12 ±0,09	2,17 ±0,14	1,11 ±0,02
Билирубин, мкмоль/л	0,34±0,001	0,42±0,001	0,34±0,001	0,17±0,001	0,29±0,001
Холестерин, ммоль/л	0,03±0,001	0,05±0,001	0,07±0,005	0,03±0,001	0,03±0,001

Показатели, характеризующих состояние печени (билирубин, активность АЛТ, АСТ, ЩФ) у исследуемых групп радужной форели не отличались от референсных значений (АЛТ – 8-21 МЕ/л, АСТ – 235-713 МЕ/л), что указывает на отсутствие гепатотоксического эффекта при использовании указанных рационов.

Содержание общего белка в сыворотке крови исследуемых групп радужной форели изменялись от 21,8 г/л (рацион 10 на основе комбикорма Manana Fish 6.5) до 39 г/л (рацион 1, комбикорм ALLER AQUA). В вариантах использования комбикормов под номерами с 7 по 10 содержание общего белка в сыворотке крови радужной форели оказалось меньше 30 г/л, что позволяет констатировать нарушение белкового обмена [36]. Фракция альбуминов изменялась в диапазоне от 7.48 г/л (применение комбикорма под маркой DiBaQ Solution Energy) до 12,01 г/л (в варианте применения комбикорма ФОРЕЛЬ Р 45/24 ПИГМЕНТ).

Однако, рассматривая показатели азотного обмена, стоит также отметить, что при тенденции к некоторому снижению показателей концентрации мочевины в сыворотке крови рыб опытных групп (в среднем на 2,2% соответственно) наблюдается незначительное повышение общего белка и альбуминов (рассмотрено выше). Все вышеуказанное может свидетельствовать о включении альбуминов в анаболические процессы и снижение потерь азота с мочевиной.

Рыбы усваивают углеводы только в виде моносахаридов, поэтому олигосахариды и полисахариды в пищеварительном тракте подвергаются ферментативному гидролизу до моносахаридов. Усвоение углеводов рыбами происходит примерно на 50-60% и зависит от сложности их структуры. Например, у форели углеводы усваиваются на 40%, в том числе глюкоза - на 100%, мальтоза - на 90%, сахароза - на 70%, лактоза - на 60%, сырой крахмал - на 40%, вареный - на 60%. Достоверных отличий показателей концентрации глюкозы в сыворотке крови рыб подопытных групп от референсных значений – не вы-

явлено.

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Полученный результат имеет важное практическое значение поскольку при избыточном поступлении углеводов у этих рыб развивается синдром перегрузки печени гликогеном из-за недостаточного продуцирования инсулина. Поэтому оптимальное содержание углеводов для них составляет 20–30 %, в том числе клетчатки 5–6 %. При этом лучше используются моносахара – глюкоза, фруктоза, манноза, несколько хуже – дисахариды и крахмал, а целлюлоза расщепляется только на 10–20 % от потребленной. Кроме того, необходимо учитывать, что форель как холоднолюбивая рыба не может использовать углеводы в том объеме, как теплолюбивые объекты аквакультуры поэтому в целях сбережения белка, который может использоваться на энергетические цели в их рационы необходимо дополнительно вводить жиры. Однако, в исследуемых комбикормах данный компонент не соответствовал нормативам ГОСТа.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели и регистрации фоновых ихтиогематологических критериев качества содержания высокопродуктивных аквакультурных видов.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF RAINBOW TROUT BLOOD SERUM UNDER DIFFERENT FEEDING DIETS

Karpenko L.Yu – D.Biol.sc. Professor; **Sidorova N.A.** – Cand.biol.sc.; **Polistovskaya P.A.** – Cand.biol.sc.; **Bakhta A.A.** – Cand.biol.sc., Assoc.; **Savushkin A.I.**; **Nikonov I.N.** – Cand.biol.sc.

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

² Petrozavodsk State University

*l.u.karpenko@mail.ru

Financing: the research was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 322-23 (Agreement No. 23-16-

20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with financing from the Venture Investment Fund of the Republic of Karelia (FVIRK).

ABSTRACT

Rational and efficient feeding of aquaculture objects is one of the foundations of production in highly productive fish farming. The aim of the study was to compare the composition of production compound feeds for aquaculture objects and to study the effect of compound feeds on the biochemical parameters of the blood serum of rainbow trout. To achieve the aim of the study, 10 groups of rainbow trout (*Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) of the "Rofor" breed) grown in production conditions of cage farms in Karelia were selected. Alanine transferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, total protein, albumins, creatinine, urea, glucose, total bilirubin and total cholesterol were determined in the blood serum of the studied individuals. The obtained result has an important practical significance since with excessive intake of carbohydrates these fish develop liver glycogen overload syndrome due to insufficient insulin production. Therefore, the optimal carbohydrate content for them is 20-30%, including 5-6% fiber. In this case, monosaccharides are used better - glucose, fructose, mannose, somewhat worse - disaccharides and starch, and cellulose is broken down only by 10-20% of the consumed. In addition, it is necessary to take into account that trout, as a cold-loving fish, cannot use carbohydrates in the same volume as heat-loving objects of aquaculture, therefore, in order to save protein, which can be used for energy purposes, it is necessary to additionally introduce fats into their diets. However, in the studied compound feeds this component did not meet the GOST standards. The results of the conducted research can be used to optimize the composition of production feed for rainbow trout and to register background ichthyohematological criteria for the quality of keeping highly productive aquaculture species.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Aquaculture Europe, 2004. «Biotechnology for quality». October 20-23. European aquaculture society. Special publication N 34. Barcelona, Spain. 885p.
2. Aquaculture Europe, 2005. August 5-9. European aquaculture society. Special publication N 35. Trondheim, Norway. 836 p.
3. World Aquaculture, 2005. Bali-Indonesia. 796 p.
4. World Aquaculture, 2006. Highest quality for the consumer. May 9-13. Florence, Italy. 1068 p.
5. Гамыгин Е. А., Пономарев С. В., Канидьева А. Н., Щербина М. А. Методические указания по кормлению рыб новыми комбикормами, выпускаемыми предприятиями Минрыбхоза СССР. М.: ВНИИПРХ, 1990. 45 с.
6. Гамыгин Е. А., Щербина М. А., Передня А. А. Итоги работ по созданию новых кормов для ценных объектов аквакультуры // Вестник АГТУ, 2004. № 2(21). Астрахань: АГТУ. С. 55-60.
7. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. 364 с.
8. Гамыгин Е. А., Лысенко В. Я., Скляр В. Я., Турецкий В. И. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления. М.: Агропромиздат, 1989. 168 с.
9. Сидоров В. С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука, 1983. С. 18-37.
10. Сорвачев К. Ф. Основы биохимии питания. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 246 с.
11. Пегель В. А. Физиология пищеварения рыб. Томск: ТГУ, 1950. 200 с.
12. Pizzagalli M. D., Bensimon A., Superti-Furga G. A guide to plasma membrane solute carrier proteins // FEBS J. 2021. № 288. P. 2784-2835. doi: 10.1111/febs.15531.
13. Khan Y. M., Khan M. A. Optimization of dietary pyridoxine improved growth performance, hematological indices, antioxidant capacity, intestinal enzyme activity, non-specific immune response and liver pyridoxine concentration of fingerling major carp, *Catla catla* (Hamilton) // Aquaculture. 2021. № 541. P. 736815. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736815.

14. Fazio F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review // *Aquaculture*. 2019. № 500. P. 237-242.
15. Seibel H., Bawmann B., Rebl A. Blood will tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare // *Front. Vet. Sci.* 2021. №8. DOI: 10.3389/fvets.2021.616955.
16. Clauss T.M., Dove A.D., Arnold J.E. Hematologic disorders of fish // *Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Pract.* 2008. № 11. P. 445-462.
17. Davies A. J., Johnston M.R.L. The biology of some intraerythrocytic parasites of fishes, amphibia and reptiles // *Adv. Parasitol.* 2000. № 45. P. 101-107.
18. Woo P.T.K. Cryptobia (*Trypanoplasma*) *salmositica* and salmonid cryptobiosis // *J. Fish Dis.* 2003. № 26. P. 627-646.
19. Улитко В. Е., Ульянова М. В. Физиолого-биохимический статус крови карповых рыб при кормлении комбикормом с пре- и пробиотической добавкой «Биокоретрон форте» // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 3 (31). С. 100-103.
20. Гапонов Н. В. Влияние люпина белого на биохимические показатели крови радужной форели // *Ветеринария*. 2023. № 2. С. 46-52.
21. Поддубная И.В. Влияние органического йода на биохимические показатели крови товарной радужной форели в условиях индустриального рыбоводства // *Основы и перспективы органических биотехнологий*. 2019. № 2. С. 24-27.
22. Селиванова И. Р., Хайрулина Т. П., Глебова И. А., Головачева Н. А., Шиллерова А. Н. Сравнительная характеристика кормов по биохимическим показателям сыворотки крови *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2023. Т. 6., № 2. С. 51–59.
23. Ахметова, В.В. Физиология рыб: учебно-методическое пособие. Часть 2 /В.В. Ахметова, Н.А. Любин, С.В. Дежаткина. - Ульяновск: УГСХА, 2015. 224 с.
24. De Pedro N., Guijarro A. E., Lopez-Patino M. A., Martinez-Alvarez R. and Delgado M. Daily and seasonal variation in hematological and blood biochemical parameters in trench *Tinca tinca* // *Aquaculture Research*, 2005. 36, 85– 96.
25. Hughes G. M., Nemcsok J. Effects of low pH alone and combined with copper sulphate on blood parameters of rainbow trout // *Environmental Pollution*, 1988. № 55. P. 89-95.
26. Yanik T., Atamanalp M. Introduction to water pollution in fish farming // *The Publications of Agricultural College*, 1st ed., Erzurum, 2001. P. 322, Turkey, (in Turkish).
27. ГОСТ 10385-2014. Комбикорма для рыб. Общие технические условия.
28. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб, утверждённые Минсельхозпродом России 02.02.1999 № 13-4-2/1487.
29. Пищенко Е. В. Гематология пресноводных рыб: Учеб. пособие. Новосибирск: Новосиб. Гос. аграр. ун-т. 2003. 48 с.
30. Зубрихина Г. Н., Блиндарь В. Н., Тимофеев Ю. С. Теория и практика лабораторных гематологических исследований: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 288 с.
31. Меньшиков, В. В. Клинический диагноз — лабораторные основы. / В.В. Меньшиков – М.: Изд-во "Лабинформ", 1997.- 320 с.
32. Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры. - М.: Изд-во ВНИРО, 2004. -123 с.
33. Шеховцева Н. В. Экология водных микроорганизмов: методические указания. - Ярославль: Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, 2011. - 84 с.
34. Ивантер Э. В. Основы вариационной статистики. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена, 1970. – 19 с.
35. Мхитарян В.С., Ильенкова С.Д., Агапова Т.Н. Статистика. – М.: Юрайт, 2013. – 590 с.
36. Шелухин Г.К. Физиолого-биохимические параметры осетровых в морской и речной периоды жизни. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского

Государственного Университета, 1974. - 19 с.

REFERENCES

1. Aquaculture Europe, 2004. «Biotechnology for quality». October 20-23. European aquaculture society. Special publication N 34. Barcelona, Spain. 885p.
2. Aquaculture Europe, 2005. August 5-9. European aquaculture society. Special publication N 35. Trondheim, Norway. 836 p.
3. World Aquaculture, 2005. Bali-Indonesia. 796 p.
4. World Aquaculture, 2006. Highest quality for the consumer. May 9-13. Florence, Italy. 1068 p.
5. Gamygin E. A., Ponomarev S. V., Kanid'yev A. N., Shcherbina M. A. Methodological guidelines for feeding fish with new compound feeds produced by enterprises of the Ministry of Fisheries of the USSR. M.: VNIIPRH, 1990. 45 p.
6. Gamygin E. A., Shcherbina M. A., Perednya A. A. The results of work on the creation of new feeds for valuable aquaculture objects // Bulletin of AGTU, 2004. No. 2(21). Astrakhan: AGTU. pp. 55-60.
7. Shcherbina M. A., Gamygin E. A. Feeding fish in freshwater aquaculture. M.: VNIRO Publishing House, 2006. 364 p.
8. Gamygin E.A., Lysenko V.Ya., Sklyarov V.Ya., Turk V.I. Compound feed for fish: production and feeding methods. M.: Agropromizdat, 1989. 168 p.
9. Sidorov V.S. Ecological biochemistry of fish. Lipids. L.: Nauka, 1983. pp. 18-37.
10. Sorvachev K.F. Fundamentals of nutrition biochemistry. M.: Light and food industry, 1982. 246 p.
11. Pegel V.A. Physiology of fish digestion. Tomsk: TSU, 1950. 200 s
12. Pizzagalli M. D., Bensimon A., Superti-Furga G. A guide to plasma membrane solute carrier proteins // FEBS J. 2021. No. 288. pp. 2784-2835. doi: 10.1111/febs.15531.
13. Khan Y. M., Khan M. A. Optimization of dietary pyridoxine improved growth performance, hematological indices, antioxidant capacity, intestinal enzyme activity, non-specific immune response and liver pyridoxine concentration of fingerling major carp, *Catla catla* (Hamilton) // Aq-uaculture. 2021. No. 541. p. 736815. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736815.
14. Fazio F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review // Aquaculture. 2019. No. 500. pp. 237-242.
15. Seibel H., Vavmapp B., Rebl A. Blood will tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare // Front. Vet. Sci. 2021. No.8. DOI: 10.3389/fvets.2021.616955.
16. Clauss T.M., Dove A.D., Arnold J.E. Hematological disorders of fish // Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Practice. 2008. No. 11. pp. 445-462.
17. Davies A. J., Johnston M.R.L. The biology of some intraerythrocytic parasites of fishes, amphibia and reptiles // Adv. Parasitol. 2000. No. 45. pp. 101-107.
18. Woo P.T.K. Cryptobia (Trypanoplasma) salmositica and salmonid cryptobiosis // J. Fish Dis. 2003. No. 26. pp. 627-646.
19. Ulitko V. E., Ulyanova M. V. Physiological and biochemical status of blood of cyprinid fish when feeding with compound feed with pre- and probiotic additive "Biocoretron forte" // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 3 (31). pp. 100-103.
20. Gaponov N. V. The effect of white lupin on biochemical blood parameters of rainbow trout // Veterinary medicine. 2023. No. 2. pp. 46-52.
21. Poddubnaya I.V. The effect of organic iodine on biochemical blood parameters of commercial rainbow trout in industrial fish farming // Fundamentals and prospects of organic biotechnologies. 2019. No. 2. pp. 24-27.
22. Selivanova I. R., Khairulina T. P., Glebova I. A., Golovacheva N. A., Shil'erova A. N. Comparative characteristics of feed by biochemical parameters of blood serum *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) // Aquatic bioresources and habitat. 2023. Vol. 6., No. 2. pp. 51-59.
23. Akhmetova, V.V. Physiology of fish: an educational and methodological guide. Part 2 / V.V. Akhmetova, N.A. Lyubin, S.V. Dezhatkina. Ulyanovsk: UGSHA, 2015. 224 p.

24. De Pedro N., Guijarro A. E., Lopez-Patino M. A., Marinez-Alvarez R. and Delgado M. Daily and seasonal variation in hematological and blood biochemical parameters in trench Tinca tinca // *Aquaculture Research*, 2005. 36, 85–96.
25. Hughes G. M., Nemcsok J. Effects of low pH alone and combined with copper sulfate on blood parameters of rainbow trout // *Environmental Pollution*, 1988. No. 55. pp. 89-95.
26. Yanik T., Atamanalp M. Introduction to water pollution in fish farming // *The Publications of Agricultural College*, 1st ed., Erzurum, 2001. p. 322, Turkey, (in Turkish).
27. GOST 10385-2014. Compound feed for fish. General technical conditions.
28. Methodological guidelines for conducting a hematological examination of fish, approved by the Ministry of Agriculture and Food of Russia 02.02.1999 No. 13-4-2/1487.
29. Pishchenko E. V. Hematology of freshwater fish: Textbook. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University. univ. 2003. 48 p.
30. Zubrikhina G. N., Blindar V. N., Timofeev Y. S. Theory and practice of laboratory hematology research: textbook. M.: GEOTAR-Media, 2020. - 288 p.
31. Menshikov, V. V. Clinical diagnosis — laboratory fundamentals. / V.V. Menshikov – M.: Publishing house "Labinform", 1997. - 320 p.
32. A guide to modern biochemical methods for the study of aquatic ecosystems promising for fishing and mariculture. - M.: VNIRO Publishing House, 2004. -123 p.
33. Shekhovtseva N. V. Ecology of aquatic microorganisms: methodological guidelines. - Yaroslavl: Yaroslavl State University named after P. G. Demidov, 2011. - 84 p.
34. Ivanter E. V. Fundamentals of variational statistics. Petrozavodsk : Publishing House of Petrozavodsk State University named after O. V. Kuusinen, 1970. – 19 p.
35. Mkhitarian V.S., Ilyenkova S.D., Agapova T.N. Statistics. – M.: Yurait, 2013. – 590 p.
36. Shelukhin G.K. Physiological and biochemical parameters of sturgeon in marine and river periods of life. The author's abstract. diss. ... cand. Biol. sciences. Petrozavodsk: Publishing House of Petrozavodsk State University, 1974. - 19 p.