

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО / FISHERIES,
AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.8>

ОБЩИЙ БИОХИМИЧЕСКИЙ И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВЫ ТКАНЕЙ ЛИЧИНОК И МАЛЬКОВ
МУКСУНА *COREGONUS MUKSUN PALLAS, 1814* И ЧИРА *COREGONUS NASUS PALLAS, 1776* ПРИ
ПОДРАЩИВАНИИ НА СТАРТОВЫХ ИСКУССТВЕННЫХ КОРМАХ, ОБОГАЩЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНОЙ
БИОМАССОЙ

Научная статья

Зенкович П.А.^{1,*}, Литвиненко А.И.², Литвиненко Л.И.³, Зенкович Р.В.⁴, Корентович М.А.⁵

¹ ORCID : 0000-0002-6678-1351;

² ORCID : 0000-0002-1322-6899;

³ ORCID : 0000-0002-8189-5226;

⁴ ORCID : 0009-0009-4595-7619;

⁵ ORCID : 0000-0003-4368-3019;

^{1, 2, 3, 4, 5} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (zenkovich.pa[at]edu.gausz.ru)

Аннотация

Сухая инактивированная биомасса метанотрофных бактерий характеризуется высоким содержанием протеина, пептидов, свободных аминокислот, микроэлементов, которые необходимы для полноценного кормления личинок и мальков сиговых рыб. Проведенные экспериментальные работы по выращиванию молоди чира и муксуна в установке замкнутого водоснабжения в условиях Собского рыбоводного завода (п. Харп, ЯНАО) позволили изучить общий биохимический и аминокислотный составы тканей молоди муксуна и чира. Установлено, что накопление жира у молоди сиговых рыб начиналось при достижении массы более 1 г. Добавление 10% микробного белка вызвало увеличение у опытной молоди содержания сырого протеина. При этом также повысилось общее содержание аминокислот в тканях личинок и мальков чира и муксуна на 5,4% и 17,3% соответственно. В тканях молоди муксуна наибольшее содержание отмечено для глутаминовой кислоты с глутамином, аспарагиновой кислоты с аспарагином, глицина, лизина и аргинина. У молоди чира ведущую роль в аминокислотном составе играли глутаминовая кислота с глутамином, лизин, глицин, аспарагиновая кислота с аспарагином и аланин.

Ключевые слова: микробный белок, стартовые искусственные корма, общий биохимический состав, аминокислоты, молодь муксуна и чира.

GENERAL BIOCHEMICAL AND AMINO ACID COMPOSITION OF TISSUES OF *COREGONUS MUKSUN PALLAS, 1814* AND *COREGONUS NASUS PALLAS, 1776* LARVAE AND YOUNG FISH DURING ONGROWING ON STARTER ARTIFICIAL FODDER ENRICHED WITH BACTERIAL BIOMASS

Research article

Zenkovich P.A.^{1,*}, Litvinenko A.I.², Litvinenko L.I.³, Zenkovich R.V.⁴, Korentovich M.A.⁵

¹ ORCID : 0000-0002-6678-1351;

² ORCID : 0000-0002-1322-6899;

³ ORCID : 0000-0002-8189-5226;

⁴ ORCID : 0009-0009-4595-7619;

⁵ ORCID : 0000-0003-4368-3019;

^{1, 2, 3, 4, 5} Northern Trans-Ural State Agrarian University, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (zenkovich.pa[at]edu.gausz.ru)

Abstract

Dry inactivated biomass of methanotrophic bacteria is characterized by high content of protein, peptides, free amino acids, microelements, which are necessary for complete feeding of whitefish larvae and young fish. Experimental work on cultivation of young broad whitefish and mucksun in the closed water supply unit in conditions of Sobskiy fish breeding plant (Kharp settlement, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug) allowed to study general biochemical and amino acid composition of tissues of young mucksun and broad whitefish. It was found that fat accumulation in young whitefish began when they reached a weight of more than 1 g. Addition of 10% microbial protein caused an increase in crude protein content in experimental young fish. The total amino acid content in tissues of larvae and young broad whitefish and mucksun fry also increased by 5.4% and 17.3%, respectively. In tissues of young broad whitefish the highest content was observed for glutamic acid with glutamine, asparagic acid with asparagine, glycine, lysine and arginine. In young broad whitefish, the leading role in the amino acid composition was played by glutamic acid with glutamine, lysine, glycine, asparagic acid with asparagine and alanine.

Keywords: microbial protein, starter artificial fodder, total biochemical composition, amino acids, young mucksun and broad whitefish.

Введение

Для получения качественного посадочного материала рыб в аквакультуре необходимы полноценные стартовые искусственные корма. Их создание является ключевой проблемой в мировой аквакультуре, особенно для рыб с мелкой

икрой, включая и сиговых рыб, личинки которых начинают питаться при незаконченном развитии пищеварительной системы [10, С. 82].

На первых этапах развития у личинок сиговых рыб отсутствует полноценное переваривание в полости кишечника, что обуславливает специфические требования личинок к составу корма, и прежде всего, к белковым компонентам. Как отмечает И.Н. Остроумова [8, С. 246], в составе стартового корма для личинок сиговых рыб должно присутствовать большое количество растворимого белка и низкомолекулярных соединений белковой природы, которые легко усваиваются личинками и являются источником для синтеза собственных белков, а также получения энергии в этот период. Такие соединения присутствуют в белковых продуктах микробиосинтеза, например, в сухой инактивированной биомассе метанотрофных бактерий (МБ), которая характеризуется высоким содержанием белка, пептидов, свободных аминокислот [9, С. 92], а также микроэлементов [5, С. 2].

Целью исследований являлось изучение общего биохимического и аминокислотного составов тканей личинок и мальков муксуна и чира при их кормлении стартовыми искусственными кормами, обогащенными бактериальной биомассой метанотрофных бактерий (*Methylococcus capsulatus*).

Методы и принципы исследования

Объектами исследования являлись личинки и молодь муксуна *Coregonus muksun* Pallas, 1814 и чира *Coregonus nasus* Pallas, 1776. Экспериментальные работы проводили в установке замкнутого водоснабжения на ООО «НПО «Собский рыбоводный завод» (п. Харп, Ямало-Ненецкий автономный округ, Российская Федерация).

Выращивание молоди муксуна осуществляли в 6 бассейнах (3 опытных и 3 контрольных). Площадь одного бассейна – 7,98 м², полезный объем – 9,58 м³. Начальная плотность посадки составляла 13500 экз./м³.

Выращивание молоди чира осуществляли в 6 бассейнах (3 опытных и 3 контрольных). Площадь одного бассейна – 2,78 м², полезный объем – 0,7 м³. Начальная плотность посадки составляла 11000 экз./м³.

В первые дни эксперимента опытную и контрольную молодь муксуна кормили науплиусами артемии. Инкубации артемии проводили по стандартной методике [6], [7].

Контрольных особей кормили стартовыми искусственными кормами фирмы Sorrens, а опытных – кормами фирмы Sorrens, обогащенными 10 % МБ (*Methylococcus capsulatus*, штамм ГБС-15) и комплексом жирных кислот (льняным маслом, препаратом-премиксом «Арфит»).

МБ представляет собой порошкообразный тонкодисперсный продукт серокоричневого цвета без примесей и запаха, полученный на основе *Methylococcus capsulatus* штамм ГБС-15. МБ поставляла компания ООО «ГИПРОБИОСИНТЕЗ» (г. Москва) под маркой «ДРИМФИД™» (см. табл. 1).

Таблица 1 - Физико-химические свойства микробного белка, полученного на основе *Methylococcus capsulatus* штамм ГБС-15

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.8.1>

Показатель	Значение, %
Влажность	не более 10
Зольность	не более 10
Содержание сырого протеина	не менее 70
Содержание белка по Барнштейну	не менее 65
Содержание нуклеиновых компонентов	не более 12
Содержание липидов	не более 14
Общее содержание аминокислот	не менее 54
Цистеин, цистин	0,3-0,6
Аспарагиновая кислота	5,32-5,81
Метионин	1,36-1,73
Треонин	2,43-3,08
Серин	1,20-2,33
Глутаминовая кислота	6,88-7,80
Пролин	2,36-3,10
Глицин	3,08-3,80
Аланин	4,29-4,80
Валин	4,11-4,25
Изолейцин	2,67-3,08
Лейцин	4,56-4,90
Тирозин	1,69-2,15
Фенилаланин	2,36-2,90
Гистидин	1,77-2,59
Лизин	4,14-5,40

Аргинин	2,33-3,71
Триптофан	1,40-1,65

Примечание: по данным ООО «ГИПРОБИОСИНТЕЗ»

Содержание аминокислот в микробном белке имеет близкие значения с рыбной мукой, которая является основным компонентом в кормах для рыб [9, С. 94].

«Арфит» представляет собой иммуномодулирующий, лечебно-профилактический препарат-премикс. Применяется в качестве обогатительной добавки для кормления личинок, молоди рыб и ракообразных. В его состав входит фитокомплекс и концентрат из цист артемии, содержит незаменимые высоконенасыщенные жирные кислоты (ВНЖК) – омега-3 и омега-6. В совокупности со льняным маслом позволит восполнить недостающие в МБ ВНЖК. Количество кормлений составляло 18 раз в сутки. Нормы внесения корма рассчитывали по таблицам производителя кормов в соответствии со средней массой молоди и температурой воды.

Пробы на биохимический анализ были отобраны у личинок муксуна средней массой 20-22 мг и 52-85 мг, у молоди чира – средней массой 369-374 мг и 1,28-1,50 г.

Биохимические анализы были проведены в специализированной лаборатории. Массовую долю белка определяли методом минерализации по Кьельдалю. Содержание жира определяли путем его отгонки на аппарате Сокслета, далее применяли гравиметрический метод. Сырую клетчатку определяли методом экстракции [2]. Определение свободных аминокислот было проведено согласно методике [3] с использованием капиллярного электрофореза «Капель» – 105М».

Для статистического анализа использовались программы Statistica 13.3 и Microsoft Excel 2019 для Windows. Данные представлены в виде средних значений (М); стандартная ошибка среднего (m) коэффициент вариации (Cv, %). Уровень значимости и различия между вариантами оценивали по критерию Стьюдента (tst) при $p < 0,05$.

Основные результаты

Содержание сырого жира в тканях личинок муксуна средней массой 20-22 мг в начале опытов составляло $3,45 \pm 0,12\%$ и $3,47 \pm 0,01\%$ (см. табл. 2). В тканях личинок муксуна средней массой 85 мг в опытных бассейнах оно снизилось до $2,50 \pm 0,31\%$ и было значительно ниже в контрольных бассейнах при средней массе 52 мг – $1,62 \pm 0,18\%$.

Таблица 2 - Содержание сырого жира и сырого протеина в тканях личинок и молоди муксуна и чира в период исследований в опыте и контроле

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.8.2>

Период	Вариант эксперимента	Масса, г	Сырой жир, % от сырой массы	Сырой протеин, % от сырой массы
Муксун				
Начало экспериментальных работ	Опыт	$0,022 \pm 0,005$	$3,45 \pm 0,12$	$11,51 \pm 0,87$
	Контроль	$0,020 \pm 0,005$	$3,47 \pm 0,01$	$10,81 \pm 0,91$
Конец экспериментальных работ	Опыт	$0,085 \pm 0,031$	$2,50 \pm 0,31$	$12,22 \pm 0,80^*$
	Контроль	$0,052 \pm 0,019$	$1,62 \pm 0,18$	$10,90 \pm 0,53$
Чир				
Начало экспериментальных работ	Опыт	$0,369 \pm 0,020$	$3,30 \pm 0,13$	$12,55 \pm 0,41$
	Контроль	$0,374 \pm 0,022$	$3,30 \pm 0,10$	$11,77 \pm 0,23$
Конец экспериментальных работ	Опыт	$1,50 \pm 0,06$	$5,63 \pm 0,67^*$	$13,09 \pm 0,36$
	Контроль	$1,28 \pm 0,06$	$5,01 \pm 0,53^*$	$12,71 \pm 0,08$

Примечание: * статистически достоверные различия при $p \leq 0,05$

Содержание сырого жира у молоди чира средней массой 369-374 мг в начале опытов составляло 3,30% в опыте и контроле. В конце экспериментальных работ у мальков чира содержание сырого жира повысилось до $5,63 \pm 0,67\%$ в опыте и до $5,01 \pm 0,53\%$ в контроле. Таким образом, накопление жира отмечено только у молоди чира средней массой 1,28-1,50 г, причем это увеличение было достоверно значимым по критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$ как в опыте, так и в контроле.

Содержание сырого протеина увеличивалось при проведении экспериментальных работ в тканях молоди муксуна в опыте с $11,51 \pm 0,87\%$ до $12,22 \pm 0,80\%$, в контроле этот показатель имел близкие значения – $10,81 \pm 0,91\%$ и $10,90 \pm 0,53\%$.

В тканях молоди чира содержание сырого протеина повысилось с $12,55 \pm 0,41\%$ до $13,09 \pm 0,36\%$ в опыте и с $11,77 \pm 0,23\%$ до $12,71 \pm 0,08\%$ в контроле.

Статистический анализ достоверности различий по критерию Стьюдента по сырому протеину показал, что в опыте содержание белков в тканях молоди муксуна было достоверно выше, чем в контроле при уровне значимости $p \leq 0,05$. Такой результат вполне объясним наличием в МБ легкоусвояемых для личинок сиговых рыб низкомолекулярных соединений – мелких пептидов и свободных аминокислот [10, С. 85].

Содержание сырой клетчатки в тканях личинок и мальков муксуна и чира было невысоким и составляло менее 2%.

Как в опыте, так и в контроле наблюдалось увеличение сырого жира и протеина к концу опыта, причем у чира для жира увеличение было достоверно значимым по критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$ как в опыте, так и в контроле.

Из анализа содержания аминокислот в тканях личинок и молоди муксуна исключены показатели по гистидину и триптофану, содержание которых имело низкое значение (см. табл. 3).

Таблица 3 - Средние показатели аминокислот в исследованных пробах муксуна

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.8.3>

Аминокислота	Начало экспериментальных работ, % от сырой массы	Конец экспериментальных работ, % от сырой массы		CV, %
		опыт	контроль	
Аланин	$0,59 \pm 0,036$	$0,57 \pm 0,025$	$0,50 \pm 0,029$	8,5
Аргинин	$0,62 \pm 0,065$	$0,60 \pm 0,074$	$0,51 \pm 0,020$	10,2
Валин	$0,50 \pm 0,008$	$0,49 \pm 0,018$	$0,48 \pm 0,006$	2,1
Глицин	$0,68 \pm 0,033$	$0,71 \pm 0,050$	$0,61 \pm 0,027$	7,4
Лейцин и изолейцин	$0,61 \pm 0,028$	$0,56 \pm 0,029$	$0,52 \pm 0,015$	8,3
Лизин	$0,52 \pm 0,025$	$0,64 \pm 0,045$	$0,54 \pm 0,038$	11,5
Цистин	$0,16 \pm 0,095$	$0,15 \pm 0,003$	$0,13 \pm 0,012$	12,0
Метионин	$0,24 \pm 0,004$	$0,25 \pm 0,003$	$0,24 \pm 0,006$	1,6
Пролин	$0,48 \pm 0,015$	$0,48 \pm 0,019$	$0,44 \pm 0,042$	5,2
Серин	$0,52 \pm 0,059$	$0,44 \pm 0,018$	$0,39 \pm 0,023$	15,0
Треонин	$0,53 \pm 0,029$	$0,52 \pm 0,027$	$0,49 \pm 0,008$	4,3
Фенилаланин	$0,43 \pm 0,017$	$0,41 \pm 0,021$	$0,36 \pm 0,019$	9,5
Аспарагин и аспарагиновая кислота	$0,90 \pm 0,049$	$0,78 \pm 0,053$	$0,63 \pm 0,038$	17,8
Глутамин и глутаминовая кислота	$1,30 \pm 0,032$	$1,22 \pm 0,066$	$0,83 \pm 0,006$	22,5

Наибольшая концентрация аминокислот в тканях опытных рыб в конце экспериментальных работ отмечена для глутаминовой кислоты и глутамина (1,22%) и аспарагиновой кислоты и аспарагина (0,78%); на третьем месте по содержанию в пробах рыб – глицин (0,71%). Содержание остальных аминокислот расположилось в следующей последовательности: лизин (0,64%) > аргинин (0,60%) > лейцин и изолейцин (0,56%) > треонин (0,52%) > аланин (0,50%) > валин (0,49%) > пролин (0,48%) > серин (0,44%) > фенилаланин (0,41%) > метионин (0,25%) > цистин (0,15%).

Анализ вариабельности полученных данных по аминокислотам, находящихся в пределах 2,1-22,5%, свидетельствует о низком и среднем уровне изменчивости.

Сравнение показателей аминокислот в опыте и контроле в целом за весь период исследования показывает существенное преобладание в опытных образцах рыб таких аминокислот, как глицин, пролин, глутамин и глутаминовая кислота, которые в значительном количестве имеются в МБ (см. рис. 1). Несколько более низкие показатели цистина в пробах муксуна в опытных образцах, вероятно, объясняются низким содержанием этой аминокислоты в МБ. Этим же объясняются и низкие показатели таких аминокислот, как метионин, триптофан, гистидин [10, С. 87].

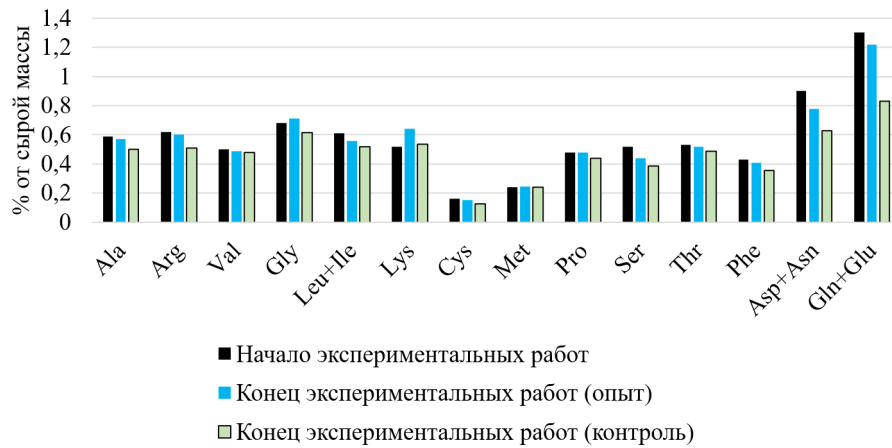


Рисунок 1 - Средние показатели содержания аминокислот в тканях личинок и молоди мускуна в опытных и контрольных бассейнах

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.8.4>

В конце экспериментальных работ в опытных образцах на все анализируемые аминокислоты в среднем приходится $7,80 \pm 0,07\%$ от сырой массы, в контрольных образцах – $6,65 \pm 0,05\%$. Превышение общего содержания аминокислот в опыте по сравнению с контролем составило 17,3%.

Из анализа содержания аминокислот в тканях личинок и молоди чира исключены показатели по гистидину и триптофану, содержание которых было низким (см. табл. 4).

Таблица 4 - Средние показатели аминокислот в исследованных пробах чира

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.8.5>

Аминокислота	Начало экспериментальных работ, % от сырой массы	Конец экспериментальных работ, % от сырой массы		CV, %
		опыт	контроль	
Аланин	$0,64 \pm 0,052$	$0,76 \pm 0,031$	$0,73 \pm 0,042$	8,6
Аргинин	$0,61 \pm 0,034$	$0,69 \pm 0,100$	$0,65 \pm 0,045$	11,0
Валин	$0,53 \pm 0,025$	$0,58 \pm 0,009$	$0,56 \pm 0,025$	5,4
Глицин	$0,75 \pm 0,039$	$0,84 \pm 0,009$	$0,78 \pm 0,039$	8,3
Лейцин и изолейцин	$0,63 \pm 0,064$	$0,76 \pm 0,009$	$0,74 \pm 0,047$	10,5
Лизин	$0,69 \pm 0,064$	$0,87 \pm 0,022$	$0,91 \pm 0,062$	17,1
Цистин	$0,15 \pm 0,022$	$0,14 \pm 0,006$	$0,14 \pm 0,008$	15,5
Метионин	$0,24 \pm 0,002$	$0,29 \pm 0,010$	$0,26 \pm 0,012$	8,9
Пролин	$0,55 \pm 0,029$	$0,62 \pm 0,017$	$0,56 \pm 0,026$	6,2
Серин	$0,57 \pm 0,044$	$0,57 \pm 0,062$	$0,55 \pm 0,030$	15,5
Треонин	$0,56 \pm 0,025$	$0,63 \pm 0,030$	$0,62 \pm 0,030$	7,0
Фенилаланин	$0,45 \pm 0,046$	$0,48 \pm 0,029$	$0,50 \pm 0,070$	7,5
Аспарагин и аспарагиновая кислота	$0,80 \pm 0,089$	$0,70 \pm 0,046$	$0,88 \pm 0,135$	13,4
Глутамин и глутаминовая кислота	$1,15 \pm 0,098$	$1,81 \pm 0,205$	$1,36 \pm 0,095$	25,3

В опыте наибольшая концентрация отмечена для глутаминовой кислоты и глутамина ($1,81 \pm 0,205\%$), лизина ($0,87 \pm 0,022\%$); на третьем месте по содержанию в тканях чира был глицин ($0,84 \pm 0,009\%$). Содержание остальных аминокислот расположилось в следующей последовательности: аланин ($0,76\%$) и лейцин и изолейцин ($0,76\%$) > аспарагин и аспарагиновая кислота ($0,70\%$) > аргинин ($0,69\%$) > треонин ($0,63\%$) > пролин ($0,62\%$) > валин ($0,58\%$) > серин ($0,57\%$) > фенилаланин ($0,48\%$) > метионин ($0,29\%$) > цистин ($0,14\%$).

В контроле наибольшая концентрация отмечена для глутаминовой кислоты и глутамина ($1,36 \pm 0,095\%$), лизина ($0,91 \pm 0,062\%$), а также аспарагина и аспарагиновой кислоты ($0,88 \pm 0,135\%$). Содержание остальных аминокислот

расположилось в следующей последовательности: глицин (0,78%) > лейцин и изолейцин (0,74%) > аланин (0,73%) > аргинин (0,65%) > треонин (0,62%) > пролин (0,56%) и валин (0,56%) > серин (0,55%) > фенилаланин (0,50%) > метионин (0,26%) > цистин (0,14%).

Коэффициент вариации (Сv, %) полученных данных по содержанию аминокислот в тканях личинок и молоди чира, находящийся в пределах 5,4-25,3%, свидетельствует о низком уровне изменчивости таких аминокислот, как валин, пролин, треонин и фенилаланин, а также о высоком уровне изменчивости у глутаминовой кислоты с глутамином и лизина. Остальные аминокислоты имеют средний уровень изменчивости.

Сравнение содержания аминокислот в тканях личинок и молоди чира в опыте и контроле в целом за весь период исследования свидетельствует о том, что к концу экспериментальных работ лизин, фенилаланин, аспарагин и аспарагиновая кислота в опытных образцах рыб имели значения ниже, чем в контроле (см. рис. 2). Содержание остальных аминокислот в тканях личинок и молоди чира было выше, чем в контрольных. Максимальные отличия отмечены по глутамину и глутаминовой кислоте.

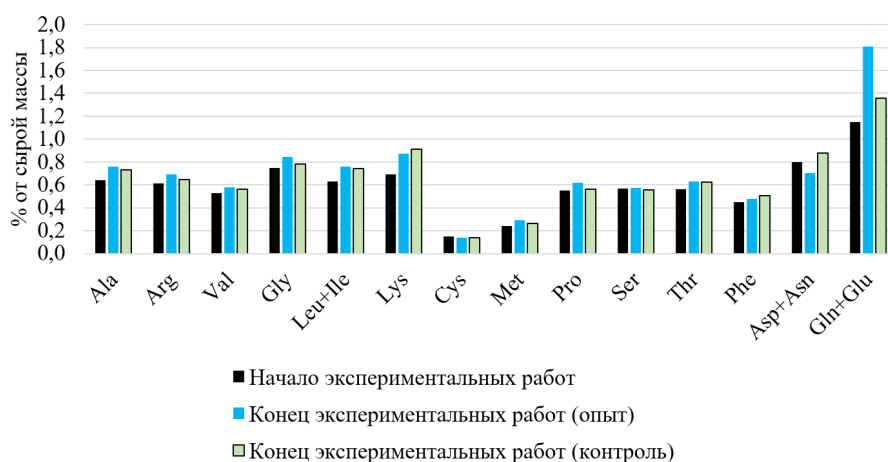


Рисунок 2 - Средние показатели содержания аминокислот в тканях личинок и молоди чира в опытных и контрольных бассейнах

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.8.6>

В конце экспериментальных работ в опытных образцах на все анализируемые аминокислоты в среднем приходилось $9,74 \pm 0,64\%$ от сырой массы, в контрольных образцах – $9,24 \pm 0,46\%$ или на 5,4% меньше, чем в опыте. Это способствовало увеличению скорости роста опытной молоди по сравнению с контролем [4, С. 42].

Сравнение аминокислотного состава тканей муксуна и чира показало их высокий уровень сходства, что, вероятно, характерно для сиговых рыб. Об этом также свидетельствует сравнение наших данных с данными по аминокислотному составу сиговых рыб товарной массы из рек Якутии. В тканях сиговых рыб из рек Якутии содержание пяти наиболее значимых аминокислот по мере их убывания располагается в следующей последовательности для муксуна, нельмы и ряпушки – глутаминовая кислота > аспарагиновая кислота > лейцин > аланин > лизин. Для чира, сига-пыжьяна и пеляди эта последовательность выглядит следующим образом – глутаминовая кислота > аспарагиновая кислота > лейцин > лизин > аланин [1, С. 129-130], что указывает на высокий уровень сходства аминокислотного состава сиговых рыб на разных стадиях онтогенеза, несмотря на различный тип их питания.

Исключение составило более высокое содержание лизина в тканях молоди чира из опытных и контрольных групп.

Заклучение

Изучение общего биохимического состава тканей муксуна и чира показало, что накопление жира у них начинается после достижения молодью массы свыше 1 г, причем оно было выше у опытных рыб. Содержание сырого протеина в конце экспериментальных работ в тканях опытных рыб также имело более высокие значения, чем в контроле.

Обогащение стартовых искусственных кормов МБ позволило повысить общее содержание аминокислот в тканях личинок и мальков муксуна и чира на 17,3% и 5,4% по сравнению с контролем соответственно.

Установлено наиболее высокое содержание в тканях опытной молоди муксуна следующих аминокислот – глутаминовая кислота и глутамин > аспарагиновая кислота и аспарагин > глицин > лизин > аргинин. Для тканей опытной молоди чира этот ряд выглядит следующим образом – глутаминовая кислота и глутамин > лизин > глицин > аспарагиновая кислота и аспарагин = аланин.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Васильева В.Т. Аминокислотный скор сиговых рыб Якутии / В.Т. Васильева, А.А. Ефимова, Т.В. Слепцова и др. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. — 2019. — 3. — с. 127-132. — DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.022.
2. Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области — Введ. 2012-10-01. — Москва: Стандартинформ, 2013.— 13 с.
3. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза — Введ. 2013-09-06. — Москва: Стандартинформ, 2014.— 18 с.
4. Зенкович П.А.. Темп линейно-весового роста молоди муксуна и чира, выращенных на искусственных кормах, обогащенных микробным белком и жирными кислотами / П.А. Зенкович, Р.В. Зенкович, А.И. Литвиненко // Развитие и современные проблемы аквакультуры (конференция «Аквакультура 2023»): сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. — Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2023. — с. 38-43. — DOI: 10.23947/aquaculture.2023.38-43.
5. Зенкович П.А. Влияние кормления стартовыми искусственными кормами, обогащенными гапгрином, на содержание микроэлементов в ранней молоди сибирского осетра / П.А. Зенкович, М.А. Корентович, А.И. Литвиненко и др. // Journal of Agriculture and Environment. — 2023. — 11(39). — DOI: 10.23649/JAE.2023.39.21.
6. Литвиненко Л.И. Инструкция по использованию артемии в аквакультуре / Л.И. Литвиненко, Ю.П. Мамонтов, О.В. Иванова и др. — Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2000. — 58 с.
7. Литвиненко Л.И. Артемия в гипергалинных водоемах России (география, биоразнообразие, экология, биология и практическое использование): монография / Л.И. Литвиненко, М.А. Корентович, Е.Г. Бойко и др. — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. — 364 с.
8. Остроумова И.Н. Физиологические аспекты кормления ранней молоди сиговых в аквакультуре / И.Н. Остроумова // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб: материалы 7-го Международного научно-производственного совещания. — Тюмень: Госрыбцентр, 2010. — с. 245-250.
9. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова — Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 2012. — 564 с.
10. Остроумова И.Н. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (Coregonidae) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов / И.Н. Остроумова, В.В. Костюничев, А.А. Лютиков и др. // Вопросы рыболовства. — 2018. — 1(19). — с. 82-98.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vasil'eva V.T. Aminokislotnyj skor sigovyh ryb Jakutii [Amino-acid fast of whitefishes of Yakutia] / V.T. Vasil'eva, A.A. Efimova, T.V. Sleptsova et al. // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. — 2019. — 3. — p. 127-132. — DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.022. [in Russian]
2. Ryba, moreprodukty i produktsija iz nih. Metod opredelenija massovoj doli belka, zhira, vody, fosfora, kal'tsija i zoly spektroskopiej v blizhnej infrakrasnoj oblasti [Fish, seafood and products made from them. Method for determining the mass fraction of protein, fat, water, phosphorus, calcium and ash by near-infrared spectroscopy] — Introduced 2012-10-01. — Moskva: Standartinform, 2013.— 13 p. [in Russian]
3. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Opredelenie proteinogennyh aminokislot metodom kapilljarnogo elektroforeza [Feed, compound feed, compound feed raw materials. Determination of proteinogenic amino acids by capillary electrophoresis] — Introduced 2013-09-06. — Moskva: Standartinform, 2014.— 18 p. [in Russian]
4. Zenkovich P.A.. Temp linejno-vesovogo rosta molodi mक्सunа i chirа, vyraschennyh na iskusstvennyh kormah, obogaschennyh mikrobnym belkom i zhirnymi kislotami [Linear-weight growth rate of mक्सun and chir grown on artificial feed enriched with microbial protein and fatty acids] / P.A. Zenkovich, R.V. Zenkovich, A.I. Litvinenko // Development and modern problems of aquaculture ("Aquaculture 2023" conference): collection of scientific papers of the III International Scientific and Practical Conference. — Rostov-on-Don: DGTU-Print, 2023. — p. 38-43. — DOI: 10.23947/aquaculture.2023.38-43. [in Russian]
5. Zenkovich P.A. Vlijanie kormlenija startovymi iskusstvennymi kormami, obogaschennymi gaprinom, na sodержanie mikroelementov v rannej molodi sibirskogo osetra [The influence of feeding artificial starter feeds enriched with gaprin on the content of microelements in early juvenile Siberian sturgeon] / P.A. Zenkovich, M.A. Korentovich, A.I. Litvinenko et al. // Journal of Agriculture and Environment. — 2023. — 11(39). — DOI: 10.23649/JAE.2023.39.21. [in Russian]
6. Litvinenko L.I. Instruksija po ispol'zovaniju artemii v akvakul'ture [Instructions for the use of Artemia in aquaculture] / L.I. Litvinenko, Ju.P. Mamontov, O.V. Ivanova et al. — Tjumen': SibrybNIIproekt, 2000. — 58 p. [in Russian]
7. Litvinenko L.I. Artemija v gipergalinnyh vodoemah Rossii (geografija, bioraznoobrazie, ekologija, biologija i praktičeskoe ispol'zovanie): monografija [Artemia in hyperhaline reservoirs of Russia (geography, biodiversity, ecology, practical use): monography] [Artemia in hyperhaline reservoirs of Russia (geography, biodiversity, ecology,

biology and practical use): monograph] / L.I. Litvinenko, M.A. Korentovich, E.G. Bojko et al. — Tjumen': State Agrarian University of the Northern Urals, 2024. — 364 p. [in Russian]

8. Ostroumova I.N. Fiziologicheskie aspekty kormlenija rannej molodi sigovyh v akvakul'ture [Physiological aspects of feeding early juvenile Coregonidae in aquaculture] / I.N. Ostroumova // *Biology, biotechnology of breeding and the state of Coregonidae stocks: materials of the 7th International Scientific and Production Meeting*. — Tjumen': Gosrybtsentr, 2010. — p. 245-250. [in Russian]

9. Ostroumova I.N. Biologicheskie osnovy kormlenija ryb [Biological basis of fish feeding] / I.N. Ostroumova — Sankt-Peterburg: GosNIORH, 2012. — 564 p. [in Russian]

10. Ostroumova I.N. Vključenje v startovye korma dlja sigovyh ryb (Coregonidae) bakterial'noj biomassy i belkovyh gidrolizatov [Inclusion of bacterial biomass and protein hydrolysates in starter feeds for Coregonidae] / I.N. Ostroumova, V.V. Kostjunichev, A.A. Ljutikov et al. // *Fisheries issues*. — 2018. — 1(19). — p. 82-98. [in Russian]