

Ключевые слова:
вторичные продукты
разделки рыб,
ферментоллизаты,
электрофоретическая
подвижность,
аминокислотный состав,
переваримость, пищевая
и биологическая ценность

Keywords:
secondary products of fish
cutting, fermentolysates,
electrophoretic mobility,
amino acid composition,
digestibility, nutritional
and biological value

Ферментоллизаты из вторичных продуктов разделки рыб: состав, пищевая и биологическая ценность

DOI

Канд. техн. наук, доцент
Соколов А.В. – кафедра
управления качеством
и технологии водных
биоресурсов, заместитель
декана факультета
безотрывного образования;
д-р техн. наук, доцент
Дворянинова О.П. –
декан факультета
безотрывного образования,
зав. кафедрой управления
качеством и технологии
водных биоресурсов;
канд. техн. наук
Землянухина О.А. –
старший научный
сотрудник лаборатории
биотехнологии ботанического
сада им. проф.
Б. М. Козо-Полянского
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный университет
инженерных технологий»,

@ sokol993@yandex.ru

FERMENTOLYSATES OF SECONDARY PRODUCTS OF FISHES CUTTING: COMPOSITION, NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE

A. Sokolov, PhD, Associate Professor; O. Dvoryaninova, Doctor of Sciences, Professor;
O. Zemlyanukhina, PhD – Voronezh State University of Engineering Technologies,
sokol993@yandex.ru

Currently, the development of rational technologies for processing secondary resources of the fish processing industry is of considerable interest in order to obtain a range of food, fodders, technical, medical products, and biologically active additives on their basis. Of particular interest is the technology developed by the authors for obtaining dry food fermentolysates from secondary products of pink salmon and silver carp cutting. During the experiment, it was found that the protein zones for the samples are mainly represented by easily digestible low-molecular weight proteins with molecular mass from 13 to 33 kDa. The evaluation of amino acids ratio compared to the FAO standard showed that in the human body, the amino acids of fermentolysates are utilizable up to 68-80%, which proves their high biological value. The experimental data indicate a high availability and degree of destruction of fermentolysates' proteins by enzymes of the human gastrointestinal tract, which is up to 92,39-96,87%. Thus, fermentolysates from secondary cuts of fish are high-value protein products.

Рыбохозяйственный комплекс сегодня – динамично развивающаяся отрасль, входящая в число российских лидеров по динамике роста инвестиций, приоритетным направлением развития которой является повышение доли отечественной рыбной продукции на внутреннем рынке, ее разнообразия и доступности для потребителей,

а также – стимулирование производства рыбопродукции с высокой степенью переработки. Только при утилизации всего комплекса веществ, продуцируемых водными биоресурсами, можно существенно увеличить выпуск пищевых и кормовых продуктов, расширить их ассортимент, повысить рентабельность рыбообрабатывающих

предприятий, добиться оснащения их современным технологическим оборудованием, стимулировать развитие и дифференциацию рыбохозяйственной науки.

Преобразование любой, ранее существовавшей технологии переработки сырья водного происхождения в малоотходную и безотходную предполагает, наряду с производством основного вида продукции, комплексное и возможно более полное использование отходов при проведении различных технологических операций по выпуску пищевой, кормовой, технической, медицинской и другой продукции [9].

При переработке горбуши и толстолобика на перерабатывающих предприятиях формируется от 39 до 52% вторичных продуктов и отходов, содержащих большое количество ценных белков, которые в основном не востребованы, ввиду нерентабельности хранения и транспортировки (рис. 1) [1; 2].

Известно [2; 3], что вторичные ресурсы рыбоперерабатывающей отрасли представляют значительную биологическую ценность, поэтому усилия многих отечественных и зарубежных ученых направлены на разработку рациональных технологий их использования, с целью получения на их основе широкого ассортимента продуктов пищевого, кормового, технического, медицинского назначения и биологически активных добавок.

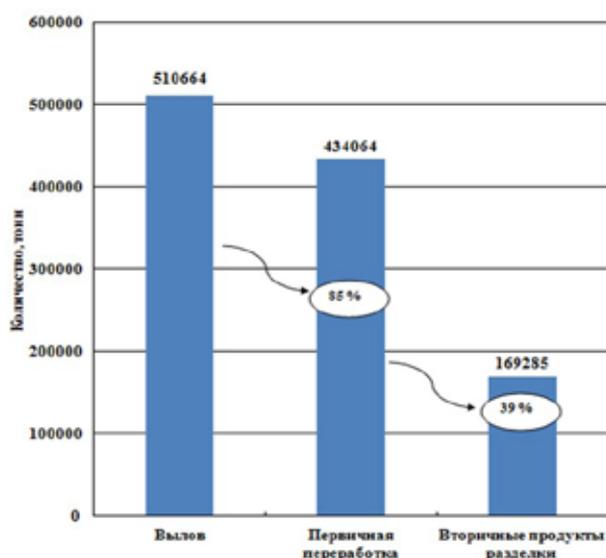
Одним из перспективных направлений научных исследований является использование в качестве сырьевых источников вторичных продуктов, полученных от разделки горбуши и толстолобика (рис. 2). Горбуша является важнейшим промысловым видом рыб, а толстолобик занимает одно из ведущих мест при выращивании в аквакультуре Воронежской области. Это свидетельствует о больших объемах рыбных отходов, образующихся при переработке [3; 5; 7].

Особый интерес представляет, разработанная авторами, технология получения сухих пищевых ферментоллизатов из вторичных продуктов раздел-

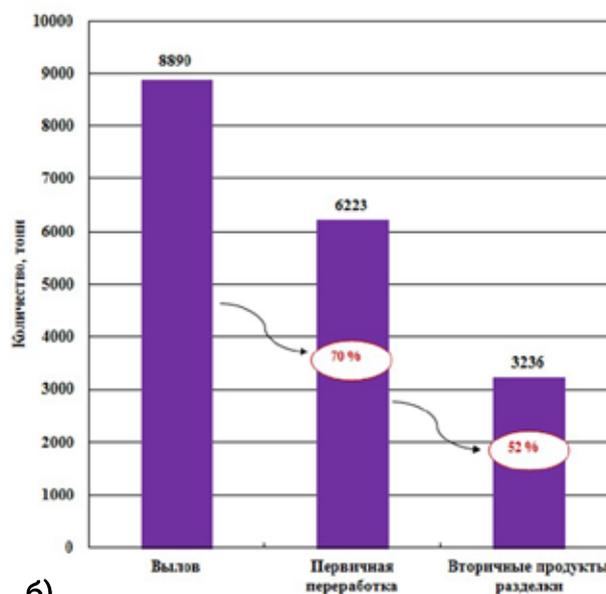
В настоящее время значительный интерес представляет разработка рациональных технологий переработки вторичных ресурсов рыбопереработки с целью получения на их основе широкого ассортимента продуктов пищевого, кормового, технического, медицинского назначения и биологически активных добавок. Авторами разработана технология получения сухих пищевых ферментоллизатов из вторичных продуктов разделки горбуши и толстолобика. В ходе эксперимента установлено, что белковые зоны для образцов представлены в основном низкомолекулярными легкоусвояемыми белками с м.м. от 13 до 33 кДа. Оценка соотношения аминокислот, по сравнению с эталоном ФАО, показала, что в организме человека аминокислоты ферментоллизатов способны утилизироваться на 68-80%, что доказывает их высокую биологическую ценность. Собственные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой доступности и степени деструкции белков ферментоллизатов ферментами желудочно-кишечного тракта человека, что составляет от 92,39 до 96,87%. Таким образом, ферментоллизаты из вторичных продуктов разделки рыб являются высокоценными белковыми продуктами.

ки исследуемых видов рыб (чешуя, шкурка, плавники) (рис. 3) [4; 6; 8].

Известно [5], что гидролизаты получают из сырья растительного, животного и водного происхождения, растворяя белки кислотами и используя ферменты сырья (автопротеолиз) или протеолитические ферментные препараты (ферментативный гидролиз). В результате в конечном продукте содержатся те же аминокислоты и в том же соотношении, что и в исходном сырье. Уникальные свойства гидролиза-



а)



б)

Рисунок 1. Объемы вторичных продуктов разделки рыб: а – горбуши; б – толстолобика

Figure 1. Volumes of secondary fish cutting products: a – pink salmon; b – silver carp

тов – высокая растворимость, термостабильность, низкая вязкость даже при высоких концентрациях, позволяют использовать их в производстве пищевых продуктов, а высокая биологическая ценность – и в медицинских целях.

Ферментативный способ получения гидролизатов считается наиболее современным и перспективным для производства пищевой продукции, поскольку за счет регулирования дозы протеолитического фермента и параметров процесса, возможно получать продукты с различным сбалансированным составом азотистых веществ (смесь высокомолекулярных олигопептидов, смесь олигопептидов со средней молекулярной массой, смесь коротких пептидов, смесь аминокислот и низкомолекулярных пептидов, а в отдельных случаях – смесь свободных аминокислот) [10].

Цель работы – изучение электрофоретической подвижности белковых фракций в составе ферментолитатов для анализа их компонентов и оценка пищевой и биологической ценности.

Объектами исследований служили ферментолитаты, полученные из вторичных продуктов разделки горбуши и толстолобика (рис. 4).

Электрофорез проводили в вертикальных стеклянных пластинах в 7,5%-ном полиакриламидном геле (ПААГ) при токе 50 мА/гель. С целью определения молекулярных масс белковых зон проводили электрофорез (ЭФ) по методу Лэммли в присутствии додецилсульфата натрия (SDS) с белковыми метчиками известной молекулярной массы [11].

В качестве белков-метчиков использовали: 1. Бычий сывороточный альбумин (БСА) с молекулярной массой 67000 Да; 2. Трипсин – молекулярная масса 24000 Да; 3. Лизоцим – молекулярная масса 14600 Да.

Подготовку образцов проводили следующим образом: 20 мг белкового препарата растворяли в 0,1 мл дистиллированной воды и доводили водой до конеч-

ного объема 10 мл, после растворения добавляли равный объем солюбилизирующего раствора, и образцы кипятили на водяной бане 3 минуты. В карман концентрирующего геля наносили по 25 мкл образца. Далее проводили ЭФ [4; 6].

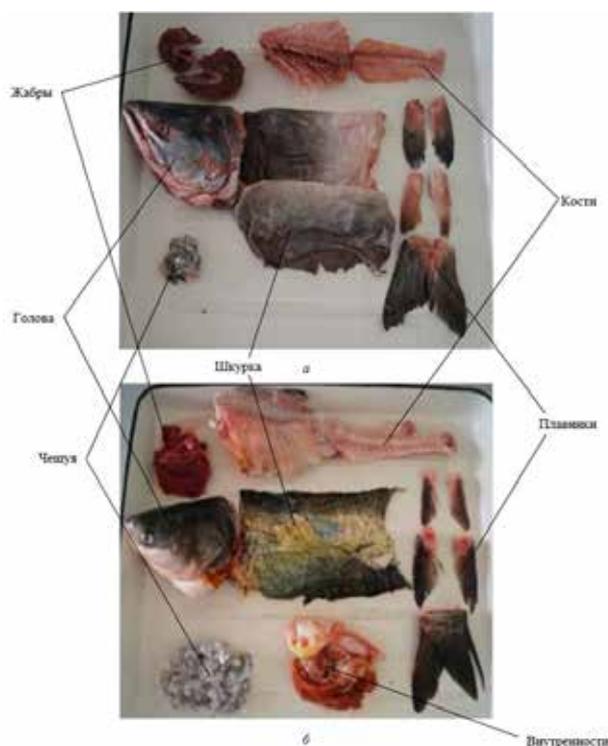


Рисунок 2. Вторичные продукты разделки рыб: а - горбуша; б - толстолобик

Figure 2. Secondary products of fish cutting: a - pink salmon; b - silver carp

Таблица 1. Молекулярные массы белков образцов ферментолитатов /

Table 1. Molecular masses of fermentolysates' proteins

Белковая зона	Rf, отн.ед.	Lg M _r	Молекулярная масса, Да	Но образца, наличие зоны
БСА	0.236	4.83	67000	
Трипсин	0.569	4.38	24000	
Лизоцим	0.888	4.16	14600	
№1	0.013		На старте	6,8
№2	0.028	4.95	89000	6,8
№3	0.097	4.88	76000	4,6,7
№4	0.111	4.87	74000	4,6,7
№5	0.139	4.82	66000	6
№6	0.167	4.81	64600	6
№7	0.208	4.79	61700	6
№8	0.236	4.76	57500	6
№9	0.333	4.68	47900	6
№10	0.465	4.56	36000	6
№11	0.507	4.52	33000	1,2,3,4,5,6
№12	0.542	4.42	26300	1,2,3,4,5,6
№13	0.604	4.37	23400	1,2,3,4,5,6
№14	0.625	4.34	21900	1,2,3,4,5,6
№15	0.653	4.31	20400	1,2,3,4,5,6
№16	0.792	4.21	16200	1,2
№17	0.806	4.18	15100	1,2,3
№18	0.854	4.16	14500	1,2,3
№19	0.875	4.13	13500	1,2,3
№20	0.889	4.11	13000	1,2,3

После проведения ЭФ ПААГ-гель вынимали из стеклянных пластин и помещали на 30 мин в окрашивающий раствор, содержащий 0,05% Кумасси R-250, 8% CH_3COOH , 15% $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Отмывку геля проводили горячей 10% уксусной кислотой в течение нескольких дней с периодической сменой кислоты [4; 9].

Полученные гели помещали в раствор спирт: глицерин (1:1, v/v) с двукратной сменой раствора, после чего высушивали на стеклянных пластинах в целлофане (Балаково), а затем сканировали с разрешением 300 dpi на сканере HP Scanjet 3770 в окне для прозрачных материалов [4; 9].

В ходе проведения эксперимента доказано, что все белковые зоны, проявившиеся в геле в ходе ЭФ, можно разделить на 3 зоны: верхняя, катодная, с Rf от 0,013 до 0,465 (наиболее «тяжелые» белки с молекулярной массой от 36000 до 90000 Да); средняя часть геля – с Rf от 0,507 до 0,653 (белки с м.м. от 20000 до 33000 Да); нижняя часть, анодная, с Rf от 0,792 до 0,889 (низкомолекулярные белки от 13000 до 16000 Да) (рис. 5, табл. 1).



Рисунок 3. Модифицированная технологическая схема производства ферментолізатов из вторичных продуктов разделки рыб

Figure 3. A modified technological scheme of production of fermentolysates from secondary products of cutting of fishes



Рисунок 4. Ферментолізаты из вторичных продуктов разделки рыб:

- а - ферментолізат из плавников горбуши;
- б - ферментолізат из шкурки горбуши;
- в - ферментолізат из чешуи горбуши;
- г - ферментолізат из плавников толстолобика;
- д - ферментолізат из шкурки толстолобика;
- е - ферментолізат из чешуи толстолобика

Figure 4. Fermentolysates from secondary cuts of fish: a - fermentolysis of the fins of pink salmon; b - fermentolysis from the skin of the salmon; in - fermentolysis of scales pink; g - fermentolysis of the fins of carp; d - fermentolysis from the skin of a carp; e - fermentolysis from the scales of a carp

Образцы ферментолізатов из плавников горбуши и толстолобика имеют абсолютно сходные белковые спектры с зонами, расположенными в средней и нижней частях полиакриламидного геля. Спектр ферментолізата из чешуи горбуши сходен с таковым из плавников, за исключением того, что белковые зоны с Rf 0,653 (м.м. 20400 Да) присутствуют в образцах 3 и 4 в минорных количествах. Образец ферментолізата из чешуи толстолобика отличается наличием ярко выраженных зон с Rf 0,097 и 0,111 (м.м. 76000 и 74000 Да, соответственно), отсутствующих у первых трех образцов, но присутствующих у образца № 6 (ферментолізат из шкурки толстолобика).

Наибольшим количеством белковых зон обладает образец № 6 – ферментолізат из шкурки толстолобика. Хотя деление полос недостаточно четкое, тем не менее, в геле визуализируются 15 белковых зон в катодной и средней частях геля, однако в анодной части геля, как и у образца из шкурки горбуши, полос нет.

Таким образом, наибольшими белковыми спектрами обладают ферментолізаты из плавников, чешуи и шкурки рыб, причем, наиболее выраженные зоны отмечаются для горбуши. Белковые зоны для образцов № 1-6 представлены в основном низкомолекулярными легкоусвояемыми белками с м.м. от 13 до 33 кДа.

Понятие биологической ценности характеризует качество белкового компонента продукта, обусловленное степенью сбалансированности состава аминокислот белка.

Аминокислотный скор (С), коэффициент утилитарности (U), коэффициент сопоставимой избыточ-

ности (σ), коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС) и биологическая ценность ферментолитов (БЦ) позволяют оценить сбалансированность аминокислот в них, так как усвоение белка организмом определяется по минимальному из их скоров (по академику Н.Н. Липатову (мл.) с помощью пакета ПО MS Excel) (табл. 2) [1].

Оценка соотношения аминокислот, по сравнению с эталоном ФАО, показывает, что в организме человека аминокислоты ферментолитов способны утилизироваться на 68-80% ($U = 0,68$ и $0,80$) (табл. 2). Показатель сопоставимой избыточности σ_e , характеризующий суммарную массу не утилизируемых аминокислот в таком количестве, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию в 100 г белка-эталона, составляет 8,66-16,12%.

Коэффициент различия аминокислотного сора, указывающего на избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические цели, для ферментолитов из шкурки составляет – 11,20-11,71%, для ферментолитов из чешуи – 11,69-13,03%, а для ферментолитов из плавников – 23,09-27,24%. Биологическая ценность ферментолитов из шкурки составляет – 88,29-88,80%, ферментолитов из чешуи – 86,97-88,31%, а ферментолитов из плавников – 72,76-76,91%. Следовательно, лучше всего по составу аминокислот сбалансированы ферментолиты из шкурки и чешуи. Причем ферментолиты из вторичных продуктов разделки горбуши имеют большую биологическую ценность по отношению к таковым из толстолобика.

Знание аминокислотного состава и аналитический расчет показателей биологической ценности позволяют иметь представление лишь о потенциальной ценности белкового компонента, так как организм человека использует не все, что поступает в него с пищей, а только то, что после переваривания в пищеварительном тракте всасывается через стенки кишечника и попадает в кровь.

Одним из важных показателей качества пищевого продукта является степень расщепления его компонентов, в частности белков, пищеварительными ферментами. Оценку степени атакуемости белков, полученных ферментолитов системой пепсин-трипсин проводили *in vitro* (метод Покровского-Ертанова).

Показатели перевариваемости системой пищеварительных ферментов «пепсин-трипсин» (*in vitro*) позволяют оценить скорость ферментативного гидролиза опытных образцов. С ходом времени прослеживается накопление продуктов перевариваемости, причем для ферментолитов из плавников горбуши и толстолобика отмечается более высокая перевариваемость на стадии внесения трипсина.

В то же время видно, что ферментолиты из чешуи и шкурки горбуши и толстолобика также обладает высокой перевариваемостью. Экспериментальные данные свидетельствуют о высокой доступности и степени деструкции белков ферментами желудочно-кишечного тракта человека, что составляет для ферментолитов из шкурки – 92,39-94,22%, для ферментолитов из чешуи – 93,44-95,69%, а для ферментолитов из плавников – 96,61-96,87%. (табл. 3).

В заключение отметим, что ферментолиты из плавников, чешуи и шкурки рыб возможно реко-

мендовать при разработке специальной системы питания в качестве легкоусвояемых компонентов рецептур высокобелковых продуктов и напитков для лиц, занимающихся физической культурой и спортом, так как спортивные нагрузки сопровождаются большим расходом энергии, гипоксией, значительным нервнo-психологическим напряжением, что обуславливает повышенную потребность организма в энергии и отдельных пищевых веществах. И хотя в настоящее время пищевые продукты и напитки, предназначенные для спортсменов разных специализаций, широко представлены на российском рынке, к сожалению, в основном они импортного производства; доля отечественных специализированных пищевых продуктов и напитков относительно невелика. Следовательно, предлагаемый подход использования рыбных

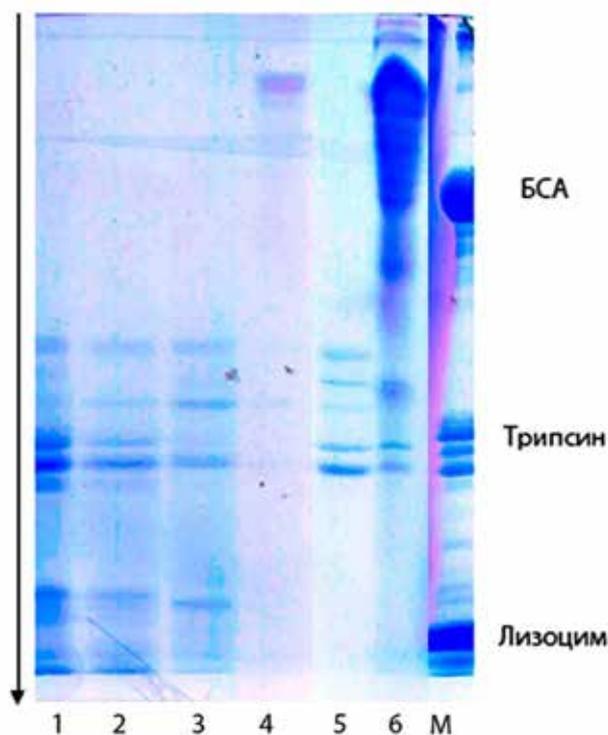


Рисунок 5. Белковый спектр ферментолитов:

1 - ферментолит из плавников горбуши;
2 - ферментолит из плавников толстолобика; 3 - ферментолит из чешуи горбуши; 4 - ферментолит из чешуи толстолобика; 5 - ферментолит из шкурки горбуши; 6 - ферментолит из шкурки толстолобика; М - белковые метчики: БСА - бычий сывороточный альбумин. Стрелкой показано направление тока.

Figure 5. Protein spectrum of fermentaiton:

1 - fermentolysis of the fins of pink salmon;
2 - fermentolysis of the fins of carp; 3 - fermentolysis of scales of pink salmon; 4 - fermentolysis from the scales of a carp; 5 - fermentolysis from the skin of the salmon; 6 - fermentolysis from the skin of a carp; M - protein taps: BSA - bovine serum albumin. The arrow shows the direction of the current.

Таблица 2. Биологическая ценность белков ферментоллизатов /
Table 2. Biological value of fermentolysates' proteins

Наименование показателя	Ферментоллизат из плавников		Ферментоллизат из чешуи		Ферментоллизат из шкурки	
	Горбуша	Толстолобик	Горбуша	Толстолобик	Горбуша	Толстолобик
Скор _{min} , %	58,80	53,73	44,20	38,97	36,27	43,60
КРАС, %	23,09	27,24	11,69	13,03	11,20	11,71
БЦ, %	76,91	72,76	88,31	86,97	88,80	88,29
U, ед	0,74	0,68	0,80	0,76	0,77	0,80
σ _c , %	12,44	16,12	8,66	10,76	10,24	8,66

Таблица 3. Расчет перевариваемости ферментоллизатов / **Table 3.** Digestibility of fermentolysates' proteins

Наименование продукта	Перевариваемость, мг тирозина/дм ³			Массовая доля тирозина в белке ферментоллизата, мг тирозина/г белка	Перевариваемость суммарная, % к тирозину
	пепсином	трипсином	суммарная		
Ферментоллизат из плавников горбуши	14,38	18,99	33,37	34,45	96,87
Ферментоллизат из плавников толстолобика	18,91	24,17	43,08	44,59	96,61
Ферментоллизат из чешуи горбуши	12,01	13,73	25,74	26,90	95,69
Ферментоллизат из чешуи толстолобика	4,97	5,86	10,83	11,59	93,44
Ферментоллизат из шкурки горбуши	3,23	3,94	7,17	7,61	94,22
Ферментоллизат из шкурки толстолобика	5,54	5,87	11,41	12,35	92,39

ферментоллизатов создает перспективу развития индустрии производства российских продуктов гарантированного качества для достижения высоких результатов в профессиональном и любительском спорте.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Дворянинова О.П. Биотехнологический потенциал вторичных продуктов разделки рыб как основа импортозамещения / О.П. Дворянинова, А.В. Соколов, Д.А. Сьянов, А.З. Черкесов // Известия Международной академии аграрного образования, 2015. № 23. С. 148-152.

1. Dvoryaninova O.P. Biotekhnologicheskij potencial vtorichnyh produktov razdelki ryb kak osnova importozameshcheniya / O.P. Dvoryaninova, A.V. Sokolov, D.A. S'yanov, A.Z. Cherkesov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya, 2015. № 23. Pp. 148-152.

2. Дворянинова О.П. Перспективы использования продуктов глубокой разделки прудовых рыб в технологии кормопроизводства / О.П. Дворянинова, А.В. Соколов, М.В. Спиридонова // Евразийский союз ученых, 2015. №8-2 (17). С. 76-79.

2. Dvoryaninova O.P. Perspektivy ispol'zovaniya produktov glubokoj razdelki prudovyh ryb v tekhnologii kormoproizvodstva / O.P. Dvoryaninova, A.V. Sokolov, M.V. Spiridonova // Evrazijskij sojuz uchenykh, 2015. №8-2 (17). Pp. 76-79.

3. Дворянинова О.П. Перспективы развития отечественного рыбохозяйственного комплекса в обеспечении продовольственной безопасности страны // Материалы Межд. науч.-технич. конф. «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение». Воронеж, 2014. С. 175-179.

3. Dvoryaninova O.P. Perspektivy razvitiya otechestvennogo rybohozyajstvennogo kompleksa v obespechenii prodovol'stvennoj bezopasnosti strany // Materialy Mezhd. nauch.-tekhnich. konf. «Prodovol'stvennaya bezopasnost': nauchnoe, kadrovoe i informacionnoe obespechenie». Voronezh, 2014. Pp. 175-179.

4. Соколов А.В. Получение и свойства сухих пищевых гидролизатов из вторичных продуктов разделки рыб // В книге: Материалы LVII отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2018 год в 3 частях. Воронеж, 2019. С. 52-54.

4. Sokolov A.V. Poluchenie i svoystva suhih pishchevyh gidrolizатов iz vtorichnyh produktov razdelki ryb // V knige: Materialy LVII otchetnoj

nauchnoj konferencii преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2018 год в 3 частях. Воронеж, 2019. Pp. 52-54.

5. Слущкая Т.Н. Максимова С.Н., Суrowцева Е.В. Теоретические основы и научные проблемы современных биотехнологий обработки водных биологических ресурсов, Владивосток, 2017. 31 с.

5. Sluckaya T.N. Maksimova S.N., Surowceva E.V. Teoreticheskie osnovy i nauchnye problemy sovremennyh biotekhnologij obrabotki vodnyh biologicheskikh resursov, Vladivostok, 2017. 31 p.

6. Дворянинова О.П. Исследование форм связи влаги в спецсмесях для рыбных кормов методом неизотермического анализа / О.П. Дворянинова, А.В. Соколов, А.В. Журавлев // Рыбное хозяйство, 2019. №1. С. 99-101.

6. Dvoryaninova O.P. Issledovanie form svyazi vlagi v spetsmesyah dlya rybnnyh kormov metodom neizotermicheskogo analiza / O.P. Dvoryaninova, A.V. Sokolov, A.V. Zhuravlev // Rybnoe hozyajstvo, 2019. №1. Pp. 99-101.

7. Дворянинова О.П. Аквакультурные биоресурсы: научные основы и инновационные решения // Воронеж: ВГУИТ, 2012. 420 с.

7. Dvoryaninova O.P. Akvakulturnye bioresursy: nauchnye osnovy i innovacionnye resheniya // Voronezh: VGUIT, 2012. 420 p.

8. Рыбоводство. Основы вылова, разведения и переработки рыб в искусственных водоемах / Л.В. Антипова, О.П. Дворянинова, О.А. Василенко и др. // С.-Петербург. - Изд-во Гиорд, 2009. 427 с.

8. Rybovodstvo. Osnovy vylova, razvedeniya i pererabotki ryb v iskusstvennykh vodoemah / L.V. Antipova, O.P. Dvoryaninova, O.A. Vasilenko i dr. // S.-Peterburg. - Izd-vo Giord, 2009. 427 p.

9. Боева Н.П. Научное обоснование технологических параметров процесса ферментации отходов рыбоперерабатывающих предприятий / Н.П. Боева, М.М. Дяченко, А.Г. Артемова // Труды ВНИРО, 2016. Том 163. С. 137-148.

9. Boeva N.P. Nauchnoe obosnovanie tekhnologicheskikh parametrov processa fermentatsii othodov rybopererabatyvayushchih predpriyatij / N.P. Boeva, M.M. Dyachenko, A.G. Artemova // Trudy VNIRO, 2016. Vol. 163. Pp. 137-148.

10. Пономарев С.В. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в промышленных условиях / С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарева // Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003. - 188 с.

10. Ponomarev S.V. Tekhnologicheskie osnovy razvedeniya i kormleniya lososovyh ryb v industrial'nykh usloviyah / S.V. Ponomarev, E.N. Ponomareva // Astrahan': Izd-vo AGTU, 2003. - 188 p.

11. Laemmli U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T 4 // Nature. 1970. V. 227. P. 680-685.

11. Laemmli U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T 4 // Nature. 1970. V. 227. P. 680-685.