

Исследования различных способов гидролитического процесса вторичного рыбного сырья консервного производства

Доктор А. ХЕЛИНГ¹, Т. ГРИММ²

¹a.hoehling@animox.de, ²grimm@animox.de

Биотехнологическая компания ANiMOX GmbH
12489 Германия, Берлин, ул. Макса Планка, 3

В. В. ВОЛКОВ³, Н. Ю. МЕЗЕНОВА⁴

³vladimir.volkov@klgtu.ru, ⁴lost_13@inbox.ru

Калининградский государственный технический университет
236022 Россия, Калининград, Советский пр., 1

На рыбоперерабатывающих предприятиях Калининградской области накапливается значительное количество рыбных отходов — недоиспользуемых источников природных пептидов с высокой биологической активностью. В настоящее время активизируются научные разработки по получению активных пептидных фракций из вторичного рыбного сырья. Экспериментальным исследованиям подвергались головы и чешуя сардины и сардинеллы, а так же хребтовая кость сардины. Изучен их общий химический состав, выявлено, что наибольшее количество белков содержится в чешуе (56,7–60,5% сухих веществ), в ней же минимально аккумулируется жир, при этом содержание минеральных веществ достаточно высокое (10,9–12,1% сухих веществ). Рассмотрены процессы расщепления белка вторичного рыбного сырья для получения продукции с низкой молекулярной массой под действием четырех различных типов гидролиза — термического, ферментативного, ферментативно-термического и ферментативно-термического с предварительным промыванием сырья. Установлена биологическая ценность полученных активных пептидов, исследована осадочная часть гидролизованной системы (соапсток). Выявлено, что при комбинированном способе гидролиза наблюдается значительный выход протеинов (до 91,7%) во всех видах сырья, однако наибольшее содержание активной пептидной фракции с молекулярной массой менее 10 кДа идентифицировано в образцах ферментативного гидролиза (до 98,1%). Пептиды, полученные таким образом, рекомендованы в качестве протеиновой составляющей в поликомпонентных биологически активных добавках для спортивного питания (выход протеина почти 100%, незначительное количество жира, положительная органолептическая оценка, легко сублимируются, хорошо хранятся). Наиболее предпочтительны по органолептическим свойствам сублимированные пептиды из чешуи.

Ключевые слова: сардина, сардинелла, головы, кости, чешуя, гидролиз, активные пептиды, спортивное питание.

Информация о статье

Поступила в редакцию 25.09.2015, принята к печати 29.01.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-16-1-3-8

Ссылка для цитирования

Хелинг А., Гримм Т., Волков В. В., Мезенова Н. Ю. Исследования различных способов гидролитического процесса вторичного рыбного сырья консервного производства // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 3–8.

Hydrolysis process of fish cannery by-products

Dr. A. HOELING¹, T. GRIMM²

¹a.hoehling@animox.de, ²grimm@animox.de

Innovation Company ANiMOX GmbH
12489 Germani, Berlin, Max-Planck-Straße, 3

V. V. VOLKOV³, N. Yu. MEZENOVA⁴

³vladimir.volkov@klgtu.ru, ⁴lost_13@inbox.ru

Kaliningrad State Technical University
236022 Russia, Kaliningrad, Sovietsky prospect 1

A significant amount of fish by-products is accumulated in Kaliningrad region fish processing plants during the year. This is underutilized source of natural peptides of high biological activity. One can see the intensification of researches to obtain active peptide fractions from fish by-products nowadays. Head and scales of sardines and sardinellas, and backbone of sardines have been analyzed experimentally. The general chemical composition of fish by-products has been studied. The

scales are shown to be the main source of protein (56.7–60.5% of dry matter), it containing only minimum amount of fat. The minerals content is rather high (10.9–12.1% of dry matter). Disintegration processes of raw material proteins to obtain low molecular weight products have been analyzed by four different types of hydrolysis: thermal, enzymatic, enzymatic-thermal and enzymatic-thermal ones with raw materials pre-washing. Biological value of the active peptides obtained has been established. Sediments of the hydrolyzed systems have been investigated. Significant protein yield (up 91.7%) in all raw materials types has been observed by combined type of hydrolysis. The highest concentration of the peptide fractions with molecular weight less than 10 kDa has been identified in enzymatic hydrolysis samples (up 98.1%). The peptides obtained by enzymatic and enzymatic-thermal hydrolysis are recommended as a protein component for multi component production of dietary supplements for sports nutrition. Scales peptides are the most preferred due to their organoleptic characteristics.

Keywords: sardina, sardinella, heads, bones, scales, hydrolysis, active peptides, sports nutrition.

В производстве рыбных консервов из филе накапливается до 50% массы сырья отходов от разделки рыбы — голов, чешуи, костных хребтов, плавников, которые являются проблемой для предприятия. Основное их применение идет на кормовую муку, корм пушным зверям или утилизацию (чешуя). Однако данное сырье все чаще рассматривают в качестве источника биологически активных веществ (БАВ), прежде всего, протеинов, а также ихтиожелатина [1].

В этой связи представляет интерес процесс глубокого гидролиза вторичного рыбного сырья, который позволяет получить органические фракции натуральных протеинов, жиров и минеральных веществ [2–4]. Данные фракции могут быть использованы в составе БАД для специализированного питания — спортивного, геродиетического, экстремального и т. д. (протеины), а также направлены на получение биотоплива (липиды) или удобрений (минеральные вещества) [5]. Такой подход к комплексному использованию фракций вторичного сырья успешно применяется в Германии при переработке отходов мясного производства, при этом органические фракции гидролиза используются как компоненты кормов, в составе микробиологических сред, склеивающих строительных материалов, органических удобрений и т. д. [6].

Целью данных исследований являлось изучение процесса гидролиза вторичного рыбного сырья, остающегося при производстве консервов «Сардины в масле» из сардины и сардинеллы, и разработка рекомендаций по применению протеиновых фракций в БАДах для спортивного питания.

Исследования проводили в лаборатории биотехнологического предприятия «ANiMOX» (Берлин, Германия) на специализированном оборудовании. Гидролиз осуществляли тремя методами: термическим, ферментативным и комбинированным (ферментативно-термическим).

Вторичное рыбное сырье, остающееся после разделки на филе сардины и сардинеллы (чешуя, хребтовые кости, головы) поставляли с рыбоконсервного комплекса ОАО «РосКон» (г. Пионерский, Калининградская обл.). За сутки данных отходов накапливается около 3 т, они собираются в специальные емкости, хранятся при температуре около 0 °С, а затем дешево (~10–15 руб/кг) продаются различным потребителям, практически не принося прибыли предприятию.

Термический гидролиз измельченного сырья осуществляли при температуре 130 °С под давлением в течение 60 мин. При этом материал предварительно гомогенизировали с водой, вносимой при гидромодуле 1:1, после чего смесь разделяли на центрифуге при скорости вращения 3500 об/ч в течение 10 мин, далее систему охлаждали и разделяли на три фракции (жировую — верхнюю, протеиновую — среднюю водорастворимую и минерало-белково-жировую (соапсток) — нижнюю).

Ферментативный гидролиз проводили с применением протеолитического фермента микробиологического происхождения Alcalase 2,5L, при этом предварительно также готовили гомогенизованную смесь измельченного сырья с горячей водой при гидромодуле 1:1, выдерживали смесь при температуре 50 °С в течение 6 ч при постоянном перемешивании. Последующую обработку проводили идентично описанному выше способу.

Комбинированный или ферментативно-термический способ осуществляли сочетанием первоначально проводимого ферментативного способа с последующим термогидролизом при описанных выше параметрах.

В некоторых вариантах подготовку сырья осуществляли его предварительную мойку проточной водой для удаления низкомолекулярных легколетучих водорастворимых компонентов, обуславливающих рыбный запах.

Таблица 1

Общий химический состав вторичного рыбного сырья

Вид сырья	Содержание							
	Сухих веществ		Протеина		Минеральных веществ		Жиры	
	г/100 г сырья	В пересчете на сух. в-во	г/100 г сырья	В пересчете на сух. в-во	г/100 г сырья	В пересчете на сух. в-во	г/100 г сырья	В пересчете на сух. в-во
Головы сардины	34,6	100	16,0	46,2	8,62	25,5	9,80	28,3
Головы сардинеллы	37,4	100	15,6	41,7	6,96	18,6	14,8	39,7
Чешуя сардины	27,1	100	15,3	56,7	3,27	12,1	8,46	31,3
Чешуя сардинеллы	33,3	100	20,2	60,5	3,62	10,9	9,53	28,6
Кости сардины	41,0	100	17,2	42,0	3,80	9,28	20,0	48,7

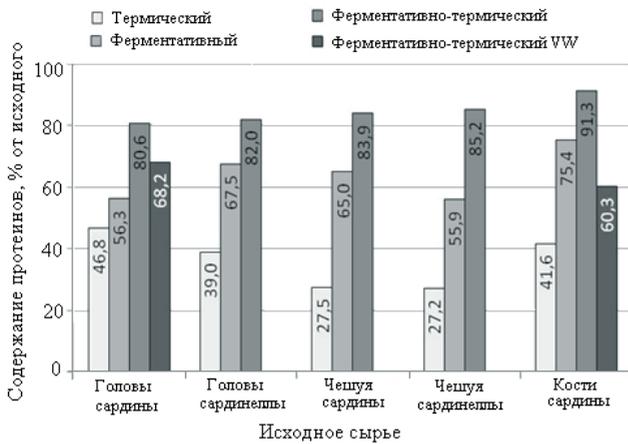


Рис. 1. Сравнительная оценка выхода протеинов относительно их исходного содержания в сырье при различных способах гидролиза различного вторичного рыбного сырья, % от исходного содержания протеинов

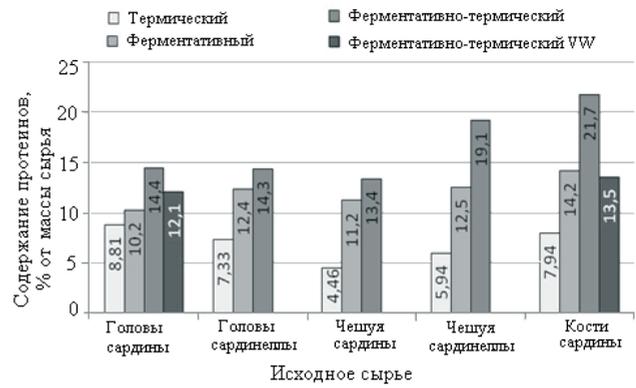


Рис. 2. Сравнительное содержание протеинов в гидролизатах различного способа изготовления из различного вторичного рыбного сырья, % от массы сырья

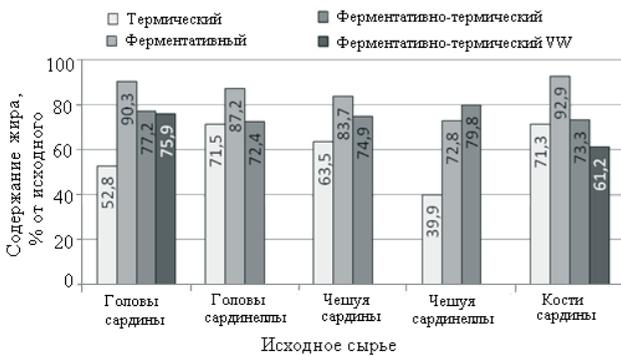


Рис. 3. Оценка выхода жира из различного вторичного рыбного сырья при различных способах гидролиза, % от исходного содержания жира в сырье

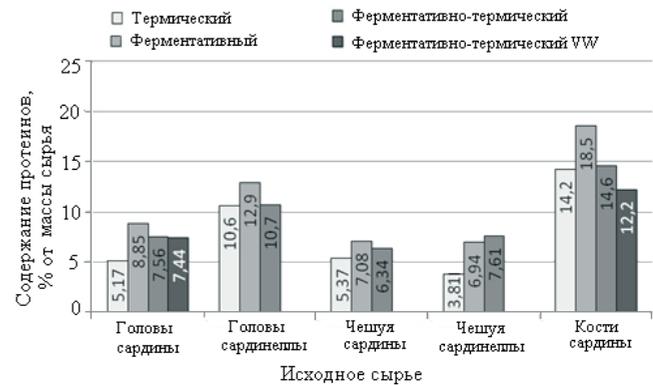


Рис. 4. Сравнительная оценка выхода жира из различного вторичного рыбного сырья при различных способах гидролиза, % от массы сырья

Полученные при гидролизе и последующем разделении фракции анализировали на содержание протеинов, липидов и минеральных веществ. В пептидных фракциях определяли молекулярную массу (ММ) и массовый процент низкомолекулярной фракции активных пептидов (ММ менее 10 кДа).

Химический состав исходного материала, представлен в табл. 1. Видно, что наибольшее количество белков содержится в чешуе (56,7–60,5% сухих веществ), в ней же минимально аккумулируется жир, при этом содержание минеральных веществ достаточно высокое (10,9–12,1% сухих веществ). Это позволяет считать чешую хорошим потенциальным источником активных пептидов.

Всего было исследовано 17 различных фракций, продуктов гидролиза, прежде всего, образцов протеинов и минеральной фракции soapstocka.

Результаты качественного и количественного анализа полученных фракций различных способов гидролиза приведены на рис. 1–5.

Из рис. 1, 2 видно, что комбинированный способ гидролиза обеспечивает максимальный выход протеинов из всех видов рыбных отходов (80,6–91,3% массы их исходного содержания в сырье). При этом предварительное промывание способствует снижению выхода протеинов,

что объясняется их водной экстракцией и удалением водорастворимой фракции.

На рис. 3, 4 приведены результаты оценки содержания жира в жировых фракциях, полученных при различных способах гидролиза отходов.

Из данных рис. 3, 4 следует, что ферментативный способ обеспечивает наибольший выход жировой фракции

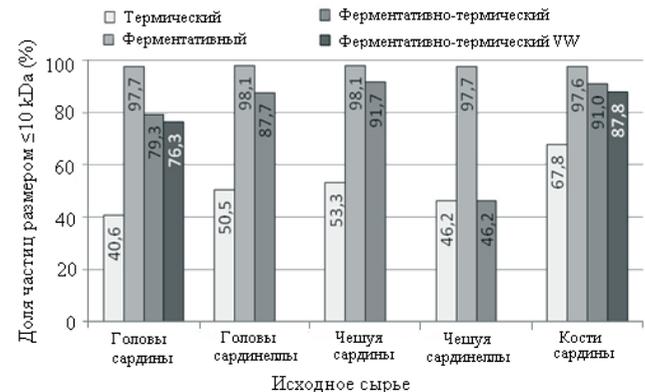


Рис. 5. Содержание в гидролизатах вторичного рыбного сырья различного способа гидролиза протеинов с молекулярной массой менее ≤ 10 kDa

**Количественная оценка фракционного состава гидролизатов
вторичного рыбного сырья различных способов гидролиза**

Способы гидролиза	Протеины, % массы белковой фракции сырья	Протеины, % массы всего сырья	Жир, % массы жировой фракции сырья	Жир, % массы всего сырья	Соапсток, % массы осадочно-фракции сырья	Соапсток, % массы всего сырья	Фракция протеинов с ММ ≤ 10 кДа, % массы протеиновой фракции
Головы сардины							
Т ¹	46,8	8,81	52,8	5,17	90,4	21,2	40,6
Ф ²	56,3	10,2	90,3	8,85	88,7	16,0	97,7
Ф-Т ³	80,6	14,4	77,2	7,56	88,4	13,1	79,3
Ф-Т, П ⁴	68,2	12,1	75,9	7,44	88,0	13,6	76,3
Головы сардинеллы							
Т	39,0	7,33	71,5	10,6	84,0	19,9	50,5
Ф	67,5	12,4	87,2	12,9	79,0	12,5	98,1
Ф-Т	82,0	14,3	72,4	10,7	81,9	12,8	87,7
Чешуя сардины							
Т	27,5	4,46	63,5	5,37	97,7	17,7	53,3
Ф	65,0	11,2	83,7	7,08	79,7	9,13	98,1
Ф-Т	83,9	13,4	74,9	6,34	96,4	7,71	91,7
Чешуя сардинеллы							
Т	27,2	5,94	39,9	3,81	92,2	24,2	46,2
Ф	55,9	12,5	72,8	6,94	92,4	14,4	97,7
Ф-Т	85,2	19,1	79,8	7,61	86,0	6,99	46,2
Хребтовые кости сардины							
Т	41,6	7,94	71,3	14,2	85,2	19,3	67,8
Ф	75,4	14,2	92,9	18,5	80,5	8,52	97,6
Ф-Т	91,3	21,7	73,3	14,6	74,9	5,10	91,0
Ф-Т-П	60,3	13,5	61,2	12,2	75,6	11,6	87,8

* Т¹ — термический гидролиз; Ф² — ферментативный гидролиз; Ф-Т³ — ферментативно-термический гидролиз; Ф-Т, П⁴ — ферментативно-термический гидролиз с промыванием сырья.

из тканей голов, чешуи и костей сардины и сардинеллы (83,7–92,9%). При этом из чешуи сардинеллы максимально извлечь жир можно при ферментативно-термическом способе гидролиза (79,8%), т. е. при сочетании предварительного ферментативного воздействия и последующей термообработки под давлением. Это объясняется особенностями гистологического строения ткани чешуи, в которой жир встроен внутрь клетки, а не в ее оболочку.

На рис. 5 показаны данные количественного содержания протеиновых гидролизатов с мелкими полипептидами (размером частиц менее 10 кДа) при различными способами гидролиза. Известно [3, 9, 12, 14], что пептиды данной размерной группы отличаются высокой биологической активностью (иммунной, антиоксидантной, анти-септической, антикоагулянтной, антистрессовой, гипохолестеринемической, гипотензивными и др.), а также эргогенностью повышенной усвояемостью. Поэтому важно было установить факт, свидетельствующий что, независимо от сырья, ферментативный и ферментативно-термический способы обеспечивают максимальные выходы мелких фракций белка, наиболее желательных в составе БАД для спортивного питания [7, 8]

В табл. 2 приведены обобщенные данные физико-химического анализа различных образцов гидролизованного вторичного рыбного сырья с оценкой выхода низкомолекулярных фракций, представляющих наибольший интерес для использования в спортивном питании [9].

Как видно из данных табл. 2, наибольший выход протеинов во всех видах сырья и наименьший выход осадочной части (соапстока) наблюдается при использовании ферментативно-термического способа гидролиза. Однако наибольшее содержание низкомолекулярной фракции протеинов с молекулярной массой менее 10 кДа идентифицировано во всех пробах, полученных путем ферментативного гидролиза. Таким образом, при получении активной фракции пептидов рационально использовать проводить предварительный протеолиз.

В табл. 3 показаны результаты итоговой оценки качества по содержанию функциональных веществ сублимационно высушенных протеиновых фракциях различного вторичного рыбного сырья.

Из данных табл. 3 следует, что во всех анализируемых сублимационно высушенных образцах протеиновых гидролизатов значительный процент от массы сухих веществ приходится непосредственно на протеины (88,2–100% массы сухих веществ), а содержание жира и минеральных веществ колеблется значительно, в зависимости от вида сырья и способа гидролиза (соответственно 0,46–8,58% и 0,14–14,9,8%). В осадочной части гидролизованной системы преобладающими фракциями являются белковая и минеральная (соответственно 22,4–70,0 и 11,4–57,8% массы сухих веществ), а содержание жира коррелирует с исходной жирностью сырья. Максимальное количество протеи-

**Результаты анализа химического состава протеиновых гидролизатов
различного вторичного рыбного сырья и соапстока**

№ пробы	Сухие вещества (СВ), % массы фракции	Содержание азота (N), % СВ, (N/СВ), % сухих веществ	Содержание протеина, % СВ, (N/СВ*6,25), % сухих веществ	Содержание жира (Ж), % СВ, (Ж/СВ), % сухих веществ	Минеральные вещества (МВ), (МВ/СВ), % сухих веществ	Сырье/ способ обработки
Протеиновые гидролизаты (водорастворимая сублимационно высушенная фракция)						
1	94,7	15,8	98,6	0,80	6,57	Кости сардины/ Т
2	95,9	15,0	93,9	2,93	9,48	Головы сардины / Т
3	95,9	14,1	88,2	5,15	4,54	Кости сардины / Ф-Т
4	96,4	14,2	88,8	2,35	6,74	Головы сардины / Ф-Т
5	96,5	14,4	90,1	8,58	3,35	Кости сардины / Ф-Т, П
6	95,6	15,6	97,2	3,31	5,02	Головы сардины / Ф-Т, П
7	95,4	14,7	92,1	0,46	7,02	Головы сардинеллы / Ф-Т
8	95,0	15,7	97,9	1,74	0,14	Чешуя сардинеллы / Ф-Т
9	94,5	15,8	98,8	1,16	11,9	Головы сардинеллы / Т
10	94,7	17,0	100,0	1,15	2,56	Чешуя сардины / Т
11	96,9	14,4	90,3	7,7	1,49	Чешуя сардинеллы / Ф-Т
12	95,2	17,5	99,4	0,85	3,66	Чешуя сардинеллы /Т
13	93,1	14,5	90,7	2,77	5,14	Кости сардины / Ф
14	92,3	14,2	88,7	0,96	9,33	Головы сардины / Ф
15	96,9	14,6	91,3	6,20	2,93	Чешуя сардинеллы / Ф
16	94,4	13,6	84,7	1,78	14,9	Головы сардинеллы / Ф
17	96,1	15,1	94,5	4,07	4,80	Чешуя сардины / Ф
Осадочная часть гидролизованной системы (соапсток)						
1	—	8,39	52,4	28,6	15,2	Кости сардины / Т
2	—	6,62	41,4	16,5	37,1	Головы сардины / Т
3	96,1	5,07	31,7	12,8	53,9	Кости сардины / Ф-Т
4	98,2	3,58	22,4	14,9	57,8	Головы сардины / Ф-Т
5	98,5	5,74	35,9	24,2	31,6	Кости сардины / Ф-Т, П
6	98,9	3,70	23,2	14,7	50,4	Головы сардины / Ф-Т, П
7	98,9	3,89	24,3	33,6	40,0	Головы сардинеллы / Ф-Т
8	98,3	5,65	35,3	33,0	20,3	Чешуя сардины / Ф-Т
9	97,7	7,78	48,6	21,8	23,9	Головы сардинеллы / Т
10	97,5	10,2	63,9	13,0	28,6	Чешуя сардины / Т
11	98,5	6,98	43,6	13,4	31,6	Чешуя сардинеллы / Ф-Т
12	96,3	10,6	66,0	19,3	11,4	Чешуя сардинеллы / Т
13	98,5	7,15	44,7	12,5	39,2	Кости сардины / Ф
14	97,3	7,40	46,2	5,72	52,3	Головы сардины / Ф
15	97,7	8,87	55,5	11,6	31,3	Чешуя сардинеллы / Ф
16	97,8	5,53	34,5	11,5	51,7	Головы сардинеллы / Ф
17	97,8	11,2	70,0	13,9	30,6	Чешуя сардины / Ф

нов в гидролизате чешуи сардины и сардинеллы (около 100% массы сухих веществ) достигнуто соответственно при гидролизе чешуи термическим способом под давлением.

Все образцы гидролизованной продукции представляют собой мелкодисперсный сыпучий материал песочного цвета с различными оттенками. Органолептическая оценка запахов в большинстве образцов не выявила порочащих оттенков, за исключением порошков из голов (отмечено наличие небольшого запаха окислившегося жира). Наилучшие органолептические ароматы были установлены в протеиновых гидролизатах из чешуи сардины и сардинеллы, которые практически не имели рыбных оттенков.

С учетом аминокислотного состава белковой фракции из чешуи [10], а также наличия в ней в преобладающем количестве аминокислоты глицина, протеиновые гидролизаты, полученные как ферментативным, так и ферментативно-термическим способами, рационально рекомендовать в качестве белковой составляющей в составе поликомпонентных БАД для спортивного питания (выход протеина почти 100%, незначительное количество жира, положительная органолептическая оценка, легко сублимируются, хорошо хранятся).

Исследования по комбинированию данной протеиновой фракции с продуктами пчеловодства при последующем включении композиции в желатиновую основу, проведенные с учетом принципов пищевой комбинаторики расчет-

но-биотехнологическими методами [11], позволили обогатить композицию белково-углеводных БАД, предназначенных для спортсменов скоростно-силовых видов спорта и разработать рекомендации по их применению [13, 14].

Список литературы

1. Якубова О. С., Котенко А. Л. Чешуя как источник получения икhtiожелатина. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2004. № 2 (21). С. 130–134.
2. Кучина Ю. А. Ферментативные гидролизаты из гидробионтов, полученные электро-химическим методом, как основа микробиологических питательных сред / Ю. А. Кучина, И. Н. Коновалова, А. Ю. Широнова, Т. И. Молчановская // Рыбное хозяйство. 2011. № 3. С. 114–116.
3. Bioactive Marine Peptides: edited by S. K. Kim / Academic Publishers Tokio University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan, 2010. 132 p.
4. Maximising the value of marine by-products: edited by Fereidoon Shahidi. — Woodhead Publishing Limited. — Cambridge England, 2010. 213 p.
5. Mezenova O. Ya., Matkovskaia M. V. Development of new functional food for old people from fish-by-products. // Australian Journal of Science Research. 2014. № 1. P. 421–426.
6. Хёлинг А., Волков В. В. Протеины из вторичного сырья — инновационные компоненты в экологичном промышленном производстве. // Известия Калининградского государственного технического университета. 2015. № 38. С. 83–92.
7. Kim S. K. Marine proteins and peptides: biological activities and applications / Se-Kwon Kim. — Pukyong National University, South Korea. 2013. 785 p.
8. Cheung I. W. Y. Bioactive peptides derived from marine fish. // Food chemie. № 122. 2010. p. 1003–1012.
9. Волков Н. И., Олейников В. И. Эргогенные эффекты спортивного питания. — М.: Советский спорт, 2012. 99 с.
10. Мезенова Н. Ю. Активные пептиды рыбной чешуи в гейнерах для спортивного питания / Н. Ю. Мезенова, Л. С. Байдалинова, J.-T. Moersel, A. Hoeling, O. Ya. Мезенова // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2. 2014. С. 48–53.
11. Мезенова О. Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учебное пособие. — СПб.: Проспект науки, 2015. 224 с.
12. Антипова Л. В., Сторублевцев С. А., Болгова С. Б. Создание коллагеновых продуктов из рыбного сырья // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 1 (63). С. 130–133.
13. Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мезенова О. Я. Гидролизаты рыбной чешуи в составе базового специализированного питания спортсменов. // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 4. С. 62–65.
14. Мезенова Н. Ю. Биотехнология гейнеров для спортивного питания на основе активных пептидов рыбной чешуи // Н. Ю. Мезенова, О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова,

J.-T. Moersel, A. Hoeling // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. 2014. № 1. С. 20–24.

References

1. Yakubova O. S., Kotenko A. L. Scales as source of receiving ikhtiозhelatin. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaistvo*. 2004. No 2 (21). p. 130–134. (in Russian)
2. Kuchina Yu. A. The Fermentativny hydrolyzates from hydrobionts received by an electrochemical method as a basis of microbiological nutrient mediums./ Yu. A. Kuchina, I. N. Konovalova, A. Yu. Shironina, T. I Molchanovskaya, *Rybnoe khozyaistvo*. 2011. No 3. p. 114–116. (in Russian)
3. Bioactive Marine Peptides: edited by S. K. Kim / Academic Publishers Tokio University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan, 2010. 132 p.
4. Maximising the value of marine by-products: edited by Fereidoon Shahidi. — Woodhead Publishing Limited. — Cambridge England, 2010. 213 p.
5. Mezenova O. Ya., Matkovskaia M. V. Development of new functional food for old people from fish-by-products. *Australian Journal of Science Research*. 2014. No 1. P. 421–426.
6. Hoeling A., Volkov V. V. Proteins from secondary raw materials — innovative components in eco-friendly industrial production. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015. No 38. p. 83–92. (in Russian)
7. Kim S. K. Marine proteins and peptides: biological activities and applications. — Pukyong National University, South Korea. 2013. 785 p.
8. Cheung I. W. Y. Bioactive peptides derived from marine fish. *Food chemie*. No 122. 2010. p. 1003–1012.
9. Volkov N. I., Oleinikov V. I. Ergogenny effects of sports food. — М.: Sovetskii sport, 2012. 99 p. (in Russian)
10. Mezenova N. Yu. Active peptides of fish scale in gainers for sports nutrition / N. Yu. Mezenova, L. S. Baidalinova, J.-T. Moersel, A. Hoeling, O. Ya. Mezenova. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. No 2. 2014. p. 48–53. (in Russian)
11. Mezenova O. Ya. Design of multicomponent foodstuff: manual. — SPb.: Prospekt nauki, 2015. 224 p. (in Russian)
12. Antipova L. V., Storublevtsev S. A., Bolgova S. B. Creation of collagenic products from fish raw materials. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*. 2015. No 1 (63). p. 130–133. (in Russian)
13. Mezenova N. Yu., Baidalinova L. S., Mezenova O. Ya. Hydrolyzates of fish scales as a part of basic specialized food of athletes. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2014. No 4. p. 62–65. (in Russian)
14. Mezenova N. Yu. Biotechnology of geyner for sports food on the basis of active peptides of fish scales. // N. Yu. Mezenova, O. Ya. Mezenova, L. S. Baidalinova, J.-T. Moersel, A. Hoeling, *Vestnik biotekhnologii i fiziko-khimicheskoi biologii im. Yu. A. Ovchinnikova*. 2014. No 1. p. 20–24. (in Russian)