



ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ТКАНЕЙ РЫБ

Т.К. Крупская, магистр, ст. преподаватель,
Л.П. Лосева, канд. хим. наук, вед. науч. сотрудник,
spirulina1945@gmail.com
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно, Беларусь,
Е.С. Землякова, канд. техн. наук, доцент,
Н.Ю. Мезенова, ассистент кафедры ПБТ,
mezenova@kigtu.ru
В.В. Волков, заместитель начальника Технопарка
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В представленных исследованиях изучено содержание макро- и микроэлементов во вторичном рыбном сырье предприятий промышленности Калининградской области и в пищевых технологических добавках из него методом рентгенофлуоресцентного анализа.

вторичное рыбное сырье, макро- и микроэлементы, рентгенофлуоресцентный анализ

Для предприятий рыбопромышленного комплекса проблема утилизации рыбных отходов всегда была и остается актуальной. В процессе разделывания рыбы образуется большое количество отходов в виде голов, костей, хрящей, плавников, чешуи, кожи, внутренностей, а также мышечной ткани в виде прирезей. Количество отходов зависит от вида рыбы, ее физиологического состояния, способа разделывания, вида используемых для этих операций машин. Значительным количественным колебаниям подвержены отходы плавников, чешуи, кожи: плавники составляют от 1 до 22 %, чешуя – от 0,5 до 5 %, кожа – от 2 до 15 % массы рыбы. Самой распространенной технологией для переработки рыбных отходов до сих пор остается производство кормовой рыбной муки, однако большое количество недоиспользуемого биологического сырья оказывается на свалках промышленного мусора. Необходимость решения проблемы комплексного использования водных ресурсов очевидна. Это позволит не только снизить затраты на производство традиционных видов рыбной продукции, но и заметно расширить ассортимент.

На сегодняшний день недостаточно теоретических знаний и фундаментального научного обоснования по использованию в функциональном специализированном питании эссенциальных биологически активных компонентов, содержащихся в активной форме в натуральном морском сырье (чешуе и коже). Наличие таких данных, полученных рентгенофлуоресцентным анализом (РФА) по методикам, зарегистрированным в Республике Беларусь, позволит создать банк данных по содержанию в данном сырье эссенциально значимых химических элементов. Это даст возможность обосновать получение из данного сырья целевых функциональных продуктов биотехнологическим методом. Он основан на сборе и последующем анализе спектра, возникающего при облучении исследуемого материала рентгеновским излучением. Для этого навеску предварительно спрессовывают в таблетку диаметром 10 мм при помощи гидравлического пресса из комплекта спектрометра [1].

Полученные методом РФА данные о составе эссенциальных элементов вторичного морского сырья будут использованы при разработке технологии функциональных специализированных пищевых продуктов геродиетического и спортивного назначения с привлечением программного обеспечения расчета состава данных продуктов.

Анализ современных публикаций по теме показывает ограниченность имеющихся данных по составу рыбных отходов основных промысловых рыб России и полное отсутствие данных по содержанию эссенциальных компонентов во вторичном морском сырье рыб Бал-

тийского моря. Как следствие, отсутствуют фундаментальные данные по закономерностям в распределении эссенциальных элементов в зависимости от вида сырья и других факторов, что тормозит развитие биотехнологии функциональных продуктов специализированного назначения на основе комплексного использования морского сырья. Последнее является приоритетным направлением развития страны в соответствии с «Комплексной программой развития биотехнологии в РФ на период до 2020 года».

В КГТУ кафедрой пищевой биотехнологии совместно с немецкой биотехнологической компанией ANiMOX на протяжении нескольких лет ведутся научно-исследовательские работы по пищевому использованию различных фракций гидролизатов вторичных тканей рыб. В результате из каждого вида сырья получают три фракции – водорастворимую (чистые протеины), жировую (преимущественно липиды) и осадочную (седименты), в виде эмульсионной смеси минеральных и белково-жировых веществ [2]. Как само сырье, так и седименты, представляют научный интерес в качестве источников, прежде всего, эссенциальных минералов, находящихся в природном биокомплексе.

Данное направление недостаточно развито в мировой практике для функционального питания. Поэтому целью исследований стало обоснование теоретических основ создания функциональных продуктов специализированного назначения на основе данных по содержанию эссенциальных компонентов во вторичном рыбном сырье.

Объектами исследования служили отходы рыбоперерабатывающих предприятий промышленности Калининградской области и пищевые технологические добавки из чешуи сардины и сардинеллы.

Измерения концентрации биоэлементов в рыбном сырье проводили методом РФА по методике МВИ. МН 3272-2009 «Определение массовой доли химических элементов в пробах растительного и животного происхождения методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе «ElvX CEP-01» с программным обеспечением». Полученные результаты исследования представлены в табл. 1–3.

Таблица 1 – Количественное содержание биоэлементов в рыбном сырье (отходы), мкг/г

Наименование	K	Ca	S	Mn	Fe	Cu	Zn
Седименты чешуи сардины	363	16662	4756	2,5	47,8	5,0	57,0
Седименты чешуи сардинеллы	377	17966	3073	3,9	58,6	7,2	61,0
Чешуя леща	547	48873	3428	9,7	18,0	1,5	35,0
Кожа трески	1969	13288	3181	6,4	17,6	4,6	44,0
Кожа судака	912	34620	3407	3,2	22,6	8,6	50,0
Кожа + чешуя судака	1351	36916	2897	–	21,2	–	43,0

Как видно из полученных данных, вторичное рыбное сырье является потенциальным источником микро- и макроэлементов. Источником калия можно рассматривать: кожу трески, кожу и чешую судака. Источником кальция являются чешуя леща, кожа и чешуя судака, чешую сардинеллы. Белковая составляющая наибольшая у седиментов чешуи сардины (4756 мкг/г). Высокое содержание железа, меди, цинка отмечено в седиментах чешуи сардины и сардинеллы, а также коже трески и судака.

Примером готовой продукции, разработанной кафедрой пищевой биотехнологии КГТУ и компанией ANiMOX, являются пищевые технологические добавки для спортивного питания из вторичного рыбного сырья, накапливающегося в условиях ООО «РосКон» (г. Пионерский) – крупнейшего рыбоперерабатывающего предприятия Калининградской области. Добавки получены различными способами гидролиза – термическим (Т), ферментативным (Ф) и ферментативно-термическим (ФТ). Они представляют собой концентраты протеинов и минералов, содержащихся в чешуе сардины и сардинеллы, которые получили название «Ихтиоколлагеновый ферментоллизат» и «Белково-минеральный ихтиокомплекс» соответственно [3]. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа элементного состава пищевых технологи-

ческих добавок демонстрируют присутствие ценных микро- и макроэлементов, приведенных в табл. 2 и 3 соответственно.

Таблица 2 – Элементный состав чешуи сардины и полученных из нее различными способами гидролиза пищевых технологических добавок «Ихтиоколлагеновый ферментоллизат» и «Белково-минеральный ихтиокомплекс» [3]

Элемент	Концентрация микроэлементов в пробе (мкг / г)						
	Чешуя сардины нативная	«Ихтиоколлагеновый ферментоллизат»			«Белково-минеральный ихтиокомплекс»		
		Т	Ф	ФТ	Т	Ф	ФТ
Bi	0,12	0,43	0,32	0,27	0,55	0,88	1,04
Br	4,93	96,98	38,96	20,70	3,42	6,22	27,99
Ca	48398,20	457,87	1199,82	433,13	273320,78	528628,90	626980
Cd	0,51	0,45	0,55	0,29	2,78	4,94	6,14
Cl	778,98	2891,64	1200,24	763,74	3672,40	7059,74	8776,10
Co	0,94	–	0,14	0,48	5,33	10,16	5,88
Cr	1,02	4,73	1,50	0,42	4,59	9,39	12,56
Cu	2,03	2,35	5,88	5,09	10,87	15,02	19,07
Fe	40,93	244,39	46,32	52,62	169,68	391,52	405,68
Hg	1,03	0,90	0,41	0,78	5,60	10,79	12,025
K	618,63	1877,99	845,17	571,87	3021,86	5738,99	7029,80
Mn	4,07	1,81	1,43	1,01	22,54	42,83	51,04
Mo	2,31	1,11	0,52	1,48	12,80	24,72	27,45
Ni	2,37	1,66	0,84	0,46	13,10	24,91	29,92
Pb	1,46	3,90	3,67	2,83	7,29	11,54	14,07
Rb	2,69	0,93	–	0,88	14,95	29,45	33,34
S	2471,07	4156,69	3784,49	3448,16	12913,46	22422,87	26057,30
Sb	1,00	0,76	0,85	0,75	5,46	9,92	11,68
Se	0,02	0,30	0,29	0,26	0,07	0,08	–
Sn	0,74	0,23	0,87	0,75	4,09	6,98	8,24
Sr	99,44	3,76	8,19	2,35	560,82	1079,09	1285,60
Zn	39,77	7,31	16,92	5,55	222,82	414,80	506,14
Zr	2,53	0,43	0,38	0,18	14,19	27,27	32,53
∑	52474,81	9757,62	7157,75	5314,03	294009,44	565971,01	671333,59

Таблица 3 – Элементный состав чешуи сардинеллы и полученных из нее различными способами гидролиза пищевых технологических добавок «Ихтиоколлагеновый ферментоллизат» и «Белково-минеральный ихтиокомплекс» [3]

Элемент	Концентрация микроэлементов в пробе чешуи (мкг / г)						
	Чешуя сардинеллы нативная	«Ихтиоколлагеновый ферментоллизат»			«Белково-минеральный ихтио-комплекс»		
		Т	Ф	ФТ	Т	Ф	ФТ
1	2	3	4	5	6	7	8
Bi	0,22	0,29	0,37	0,62	0,82	1,15	1,40
1	2	3	4	5	6	7	8
Br	5,65	110,87	20,78	27,64	3,84	21,17	5,26
Ca	49371,84	323,68	1169,84	600,21	203936,41	341844,51	704680,96
Cd	0,48	0,28	0,17	0,46	1,89	3,16	5,56

Элемент	Концентрация микроэлементов в пробе чешуи (мкг / г)						
	Чешуя сардинеллы нативная	«Ихтиоколлагеновый ферментолитат»			«Белково-минеральный ихтио-комплекс»		
		Т	Ф	ФТ	Т	Ф	ФТ
Cl	1258,18	2022,74	999,45	1040,60	4702,60	7869,78	15156,33
Co	0,22	0,53	0,67	–	0,78	0,95	3,17
Cr	1,26	3,46	3,14	4,20	4,34	5,99	6,49
Cu	1,52	0,90	4,38	4,94	6,04	6,73	8,18
Fe	14,96	25,32	43,41	35,32	55,62	66,24	117,58
Hg	1,47	0,73	0,56	1,14	5,88	9,70	17,88
K	147,77	1512,96	647,77	896,81	239,24	463,85	336,56
Mn	2,78	0,96	0,85	0,92	11,26	18,58	37,3
Mo	0,99	1,45	1,07	0,63	3,76	5,98	12,51
Ni	1,32	0,82	1,47	1,15	5,25	7,89	15,73
Pb	1,66	2,05	3,45	4,66	6,35	8,72	11,02
Rb	5,82	3,58	0,68	0,27	23,19	39,85	82,57
S	3197,23	4108,98	3087,40	4413,98	12203,14	19522,97	33679,02
Sb	0,14	0,51	0,35	0,48	0,44	0,65	0,64
Se	0,05	0,19	0,34	0,40	0,44	0,03	–
Sn	0,51	0,36	1,04	1,05	2,03	0,86	4,46
Sr	71,51	2,23	4,56	2,21	294,97	492,68	1017,07
Zn	45,00	4,72	14,14	4,13	184,82	300,28	632,60
Zr	5,88	0,52	0,14	0,49	24,18	40,73	82,80
∑	54136,47	8128,13	6006,03	7024,31	221717,29	370732,45	755915,09

Данные табл. 2 и 3 подтверждают богатый элементный состав минеральной фракции чешуи по макроэлементам (кальций, хлор, сера, калий). Они также свидетельствуют о наличии в ней таких редких микроэлементов, как Sr, Zn, В, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Zr и других, являющихся минорными компонентами для организма. В обеих добавках Ф-способа получения отмечено наибольшее содержание кальция (1199–1169 мкг / г), что подтверждает рациональность использования добавки «Белково-минеральный ихтиокомплекс» в качестве богатого источника биокальция. В 1 г данной добавки из чешуи сардины содержание кальция составляет: 0,273 г (Т-гидролиз), 0,529 г (Ф-гидролиз) и 0,627 г (ФТ-гидролиз) при выходе данных фракций 65,5, 33,78 и 28,53 % соответственно от массы абсолютно сухого вещества чешуи. Полученные из чешуи сардинеллы добавки «Белково-минеральный ихтиокомплекс» содержат в 1 г в зависимости от вида гидролиза кальция: 0,204 г (Т-гидролиз), 0,342 г (Ф-гидролиз) и 0,705 г (ФТ-гидролиз) при выходе данных фракций 72,87, 43,36 и 21,05 % соответственно от массы сухих веществ. Существенно преобладающими по массе в данных добавках являются макроэлементы хлор и сера, играющие важные физиологические функции в организме.

Таким образом, показано, что рыбные отходы, исследованные на содержание биоэлементов (калий, кальций, сера, марганец, железа, меди, цинка) рентгенофлуоресцентным методом, являются перспективным сырьем для создания функциональных продуктов питания специального назначения, источников макро- и микроэлементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка эссенциально значимых сырьевых источников с использованием метода рентгенофлуоресцентного анализа / Л.П. Лосева [и др.] // Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: VIII международная Биогеохимическая Школа, посвященная 150-летию со дня рождения академика В.И. Вернадского: материалы; Гродненский государственный университет, 11–14 сентября 2013 г. / Отв. ред. В.В. Ермаков. – Москва: ГЕОХИ РАН, 2013. – С. 466–469.
2. Вторичное рыбное сырье: состав, свойства, биотехнологии переработки: монография / О.Я. Мезенова [и др.]. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. – 317 с.
3. Мезенова, Н.Ю. Разработка технологии биопродукта для спортивного питания с использованием биомодифицированного коллагенсодержащего рыбного сырья: дис. ...канд. техн. наук. – Калининград, 2017. – 223 с.

STUDY OF THE ELEMENTARY COMPOSITION OF RAW MATERIAL (WASTE) OF FISH INDUSTRY

L.P. Loseva, PhD, Leading Researcher
T.K. Krupskaya, Master of Pedagogical Sciences, art. Teacher
spirulina1945@gmail.com
Yanky Kupala Grodno State University, Grodno, Belarus
E.S. Zemlyakova, PhD, Associate Professor of Food Biotechnology Department
N.Yu. Mezenova, Leading Engineer of Food Biotechnology Department
mezenova@kltu.ru
V.V. Volkov, Deputy Chief of the Technopark
Kaliningrad State Technical University

In these research the content of macro- and microelements of the Kaliningrad region fish by-products of the industry enterprises and in food additives from it are studied by the X-ray fluorescence analysis.

secondary fish raw materials, macro and microelements, X-ray fluorescence analysis