

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЖИРА ИЗ  
ВТОРИЧНОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ  
БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ**

*Мезенова Ольга Яковлевна*, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» e-mail: [mezenova@klgtu.ru](mailto:mezenova@klgtu.ru)

*Агафонова Светлана Викторовна*, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» e-mail: [svetlana.agafonova@klgtu.ru](mailto:svetlana.agafonova@klgtu.ru)

*Романенко Наталья Юрьевна*, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» e-mail: [nataliya.mezenova@klgtu.ru](mailto:nataliya.mezenova@klgtu.ru)

*Волков Владимир Владимирович*, директор Центра передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» e-mail: [vladimir.volkov@klgtu.ru](mailto:vladimir.volkov@klgtu.ru)

*Калинина Наталья Сергеевна*, заведующий лабораториями кафедры пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» e-mail: [natalya.kalinina@klgtu.ru](mailto:natalya.kalinina@klgtu.ru)

*Киселев Евгений Геннадьевич*, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Институт биофизики СО РАН e-mail: [evgeniygek@gmail.com](mailto:evgeniygek@gmail.com)

*Жила Наталья Олеговна*, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Институт биофизики СО РАН e-mail: [nzhila@mail.ru](mailto:nzhila@mail.ru)

*Дамбарович Леонид Васильевич*, аспирант, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» e-mail: [leodambarovich@yandex.ru](mailto:leodambarovich@yandex.ru)

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Россия, Калининград, e-mail: [rector@klgtu.ru](mailto:rector@klgtu.ru)

**Аннотация.** Представлены показатели качества и жирнокислотный состав жиров, выделенных из голов копченой кильки и скумбрии и внутренностей судака. Оценка жирнокислотного состава показала высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, в том числе эйкозапентаеновой 6,26 – 12,31 % и докозагексаеновой 6,67 – 25,02 %, что свидетельствует о высоком потенциале жиров для использования в биотехнологическом процессе культивирования микроорганизмов – продуцентов биопластиков.

**Ключевые слова:** рыбный жир, отходы рыбопереработки, качество, безопасность, жирнокислотный состав

Новым перспективным субстратом для биотехнологии в настоящее время

рассматриваются жиросодержащие рыбные отходы. Сегодня до 50 % органической массы в виде рыбных голов, внутренностей, костей идет в отходы и быстро теряет качество из-за гидролитических, окислительных, автолитических и микробиологических процессов [1, 2]. Такое сырье не подлежит использованию даже на кормовые цели. Рациональным представляется вовлечение рыбных жиросодержащих отходов в качестве сырья для микробиологического синтеза целевых продуктов с высокой добавленной стоимостью – биоразлагаемых пластиков – полигидроксиалканоатов [3,4].

Имеющиеся публикации свидетельствуют о возможности микробиологической биоконверсии жиров с помощью микроорганизмов. Так, показана возможность эффективного синтеза микробных биопластиков на растительных маслах (пальмовом, подсолнечном и рыжиковом маслах) [3] и отдельных жирных кислотах [4].

Цель настоящей работы – исследование качества и биологической ценности жира из наиболее массовых рыбных отходов предприятий Калининградской области и определение их потенциальной пригодности для микробного синтеза целевых продуктов.

При проведении экспериментов использовали жиросодержащие рыбные отходы рыбоконсервных заводов Калининградской области: головы копченой кильки, атлантической скумбрии и внутренности судака. В рыбных отходах определяли массовые доли воды, белка, жира и минеральных веществ по методикам, регламентированным ГОСТ 7636. Жир из рыбных отходов выделяли термическим способом в регулируемых условиях, в термостате, при рекомендованных температурах и продолжительности для каждого рыбного сырья [5].

Характеристики жира определяли по следующим методикам: кислотное число, перекисное число, йодное число, число омыления, содержание неомыляемых веществ, содержание примесей нежирового характера – по ГОСТ 7636; анизидиновое число – по ГОСТ 31756; тиобарбитуровое число – по ГОСТ Р 55810-2013; содержание массовой доли влаги – по ГОСТ 11812. Определение жирнокислотного состава жира проводили общепринятыми методами липидологии. Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами статистического анализа.

Основные характеристики качества и безопасности жиров из рыбных отходов представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что в жирах уже начались процессы гидролиза (кислотные числа 7,6 – 12,3 мг КОН / г) и первичного перекисного окисления (перекисные числа 5,1 – 25,7 ммоль активного кислорода / кг), образовались некоторые продукты вторичного окисления (тиобарбитуровые числа 0,26 – 1,61 ед. опт. пл.; анизидиновые числа 2,8 – 15,4 у.е.). Но данные процессы не глубинные, о чем свидетельствуют достаточно высокие значения йодных чисел и чисел омыления. Содержание нежелательных примесей (воды, неомыляемых веществ, компонентов нежирового характера) невелико. Такие жиры могут быть использованы в синтезе продуктов в качестве источника углерода.

Состав жирных кислот (ЖК) жиров, полученных из рыбных отходов,

представлен в таблице 2.

Таблица 1

Показатели качества жира из рыбных отходов

Показатели	Головы копченой кильки	Внутренности судака	Головы скумбрии
Кислотное число, мг КОН / г	9,8	7,6	12,3
Перекисное число, ммоль активного кислорода / кг	5,1	8,6	25,7
Тиобарбитуровое число, ед. опт. плотности	0,26	0,48	1,61
Анизидиновое число, у.е.	12,3	2,8	15,4
Йодное число, г йода/ 100 г	148,7	129,2	181,6
Число омыления, мг КОН/г	185,1	201,3	197,1
Неомыляемые вещества, %	3,12	0,91	2,81
Содержание влаги, %	0,28	0,37	0,81
Содержание примесей нежирового характера, %	0,77	1,08	2,12

Все жиры содержат более 60 % ненасыщенных ЖК, в том числе основной олеиновой (11,4 – 28,8 %), при этом максимальное количество полиеновых ЖК приходится на жир из голов копченой кильки (73,69 %). Преобладающей насыщенной ЖК во всех жирах является пальмитиновая, что соответствует литературным данным [5]. Содержание пальмитиновой ЖК в килечном, судачном и скумбриевом жире соответственно составляет 18,23 %; 16,59 %; 19,04 %. Преобладающей моноеновой ЖК является пальмитолеиновая кислота (10,24 %; 21,50 %; 4,06 %), что характерно для жиров морских рыб. Во всех жирах установлено достаточно высокое содержание ПНЖК класса  $\omega 3$  (29,21%; 21,72%; 38,45%), что свидетельствует об их метаболической эффективности и выгодно отличает от жиров теплокровных животных и растений [5]. При этом во всех рыбных жирах присутствуют в достаточно высоком количестве две редкие длинноцепочечные ЖК – эйкозапентаеновая (20:5  $\omega 3$ ) и докозагексаеновая (22:6  $\omega 3$ ), в сумме дающие 13-27 % всех жирных кислот. Данные ЖК обуславливают специфичность и уникальность рыбных жиров [5].

Имеющиеся различия в жирнокислотном составе исследованных жиров свидетельствуют об их индивидуальной природе. Они обусловлены видом рыбы, средой обитания, характером питания, возрастом, местом аккумуляции в теле рыбы для выполнения соответствующих физиологических функций и другими факторами. Особенностью жиров рыб, предпочитающих пресноводные водоемы, является повышенное содержание в них линоленовой кислоты (18:3  $\omega 3$ ), содержащейся в жире кильки, судака и скумбрии соответственно 4,80%, 3,31% и 0,89%, и эйкозатетраеновой кислоты (20:4  $\omega 6$ ), количество которой составляет соответственно в жире кильки и судака 2,68% и 4,66% при отсутствии

в жире скумбрии.

Таблица 2

Состав жирных кислот рыбных жиров, % от суммы жирных кислот

Жирная кислота	Головы копченой кильки	Внутренности судака	Головы скумбрии
12:0	0,02	0,04	0,06
13:0	0,02	0,03	0,06
i-13:0	0,03	0,07	-
14:0	2,35	3,18	4,53
i-14:0	0,23	0,45	-
ai-14:0	-	0,20	-
15:0	0,27	0,57	0,71
15:0-i	-	0,20	0,11
16:0	18,23	16,59	19,04
i-16:0	0,19	0,34	0,27
ai-16:0	0,28	0,37	-
16:1 $\omega$ 7	10,24	21,50	4,06
16:2 $\omega$ 6	0,48	0,68	-
17:0	0,36	0,78	0,82
18:0	4,26	4,49	5,88
i-18:0	-	-	0,22
18:1 $\omega$ 9	28,83	25,28	11,42
18:1 $\omega$ 7	4,95	3,88	3,71
18:3 $\omega$ 3	4,80	3,31	0,89
20:0	-	-	0,78
20:1 $\omega$ 9	-	-	4,54
20:2 $\omega$ 6	-	-	0,23
20:3 $\omega$ 3	0,14	0,14	-
20:4 $\omega$ 6	2,68	4,66	-
20:5 $\omega$ 3	7,27	6,26	12,31
22:0	0,07	-	0,32
22:1 $\omega$ 9	-	-	3,75
22:6 $\omega$ 3	13,84	6,67	25,02
24:1 $\omega$ 9	0,46	0,14	0,32
Неидентифицированные ЖК	-	0,17	0,95
$\Sigma$ насыщенных ЖК	26,31	27,31	32,8
$\Sigma$ ненасыщенных ЖК	73,69	72,52	66,25
$\Sigma$ насыщенных ЖК / $\Sigma$ ненасыщенных ЖК	0,36	0,38	0,50
$\Sigma$ моноеновые ЖК	44,48	50,8	27,8
$\Sigma$ полиеновые ЖК	29,21	21,72	38,45
$\Sigma$ длинноцепочечных ЖК (свыше 18 атомов С)	24,46	17,87	47,27

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что рыбные жиры, несмотря на присутствие нежелательных веществ (табл.1), представляют собой концентраты ценных жирных кислот, в том числе ненасыщенных ЖК (66,25 – 73,69%), полиненасыщенных ЖК (21,72 – 38,45%), длинноцепочечных ПНЖК (17,87 – 47,27%) и уникальных длинноцепочечных ПНЖК класса омега 3 (ЭПК 6,26 – 12,31% и ДГК 6,67 – 25,02%). Полученные данные свидетельствуют о высоком метаболическом биопотенциале данных жиров.

Установленный качественный и количественный состав жирных кислот исследованных отходов рыбопереработки позволяет сделать вывод об их потенциальной пригодности для микробиологического синтеза в качестве углеродного субстрата [6,7].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-64-10007.

### Библиографический список

1. Jamshidi A., Cao H., Xiao J., Simal-Gandara J. Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. *Food Research International*, 2020, vol. 137: p. 109353. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109353.

2. Мезенова О.Я. Биотехнологические способы получения протеиновых и белково-минеральных добавок из вторичного рыбного сырья копильных производств // *Известия вузов. Пищевая технология*. -2019. -№ 2-3. -С. 68-71.

3. Volova T., Sapozhnikova K., Zhila N. *Cupriavidus necator* B-10646 growth and polyhydroxyalkanoates production on different plant oils // *Int. Journal Biol Macromol* - 2020. - Vol. 164. – P.121-130 DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2020.07.095](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.095)

4. Synthesis of polyhydroxyalkanoates from oleic acid by *Cupriavidus necator* B-10646 / N.O. Zhila, G.S. Kalacheva, E.G. Kiselev and T.G. Volova // *Journal of Siberian Federal University. Biology* - 2020 - Vol. 13(2): 208-217. DOI: 10.17516/1997-1389-0321.

5. Обоснование рациональных режимов термического выделения липидов из жиросодержащих рыбных отходов / О.Я. Мезенова, С.В. Агафонов, Н.Ю. Романенко, Н.С. Калинина, В.В. Волков // *Рыбное хозяйство*, 2023. - № 4. - С. 103 - 110.

6. Properties of degradable polyhydroxyalkanoates synthesized from newwaster fish oils (WFO) / N.O. Zhila, E.G. Kiselev, V.V. Volkov, O.Ya. Mezenova, K.Yu. Sapozhnikova, E.I. Shishatskaya, and T.G. Volova // *Int. J. Mol. Sci.* 2023-Vol. 24(16) – pp. 1-18.

7. Waste fish oil is a promising substrate for the synthesis of target products of biotechnology / Zhila N.O., Volkov V.V., Mezenova O.Ya., Kiselev E.G. and Volova T.G. // *Journal of Siberian Federal University. Biology* 2023 16(3): 386–397.

8. Патент № 2743796 С1 Российская Федерация, МПК А23С 1/06, А23L 3/00, F25С 1/12. Криоконцентратор пищевых жидких сред карусельного типа : № 2020100760 : заявл. 09.01.2020 : опубл. 26.02.2021 / И. А. Короткий, И. Б. Плотников, Л. В. Плотникова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кемеровский

государственный университет"

9. Использование современных ростостимулирующих экопрепаратов при микроклональном размножении брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) / А. И. Чудецкий, А. В. Заушинцена, С. А. Родин [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 2. – С. 56-66. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05

## THE STUDY OF OIL QUALITY INDICATORS FROM FISH WASTE FOR ITS USE IN THE BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION PROCESS BIODEGRADABLE POLYMER

*Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Head of the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, e-mail: [mezenova@klgtu.ru](mailto:mezenova@klgtu.ru)*

*Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, e-mail: [svetlana.agafonova@klgtu.ru](mailto:svetlana.agafonova@klgtu.ru)*

*Romanenko Natalya Yurievna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, e-mail: [nataliya.mezenova@klgtu.ru](mailto:nataliya.mezenova@klgtu.ru)*

*Volkov Vladimir Vladimirovich, Director of the Center for Advanced Technologies for the Use of Proteins, Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, e-mail: [vladimir.volkov@klgtu.ru](mailto:vladimir.volkov@klgtu.ru)*

*Kalinina Natalya Sergeevna, head of laboratories of the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, e-mail: [natalya.kalinina@klgtu.ru](mailto:natalya.kalinina@klgtu.ru)*

*Kiselev Evgeniy Gennadievich, Ph.D. tech. Sciences, senior researcher, Institute of Biophysics SB RAS, e-mail: [evgeniygek@gmail.com](mailto:evgeniygek@gmail.com)*

*Zhila Natalya Olegovna, Ph.D. biol. Sciences, senior researcher, Institute of Biophysics SB RAS e-mail: [nzhila@mail.ru](mailto:nzhila@mail.ru)*

*Dambarovich Leonid Vasilievich, graduate student, Kaliningrad State Technical University e-mail: [leodambarovich@yandex.ru](mailto:leodambarovich@yandex.ru)*

Kaliningrad State Technical University,  
Russia, Kaliningrad, e-mail: [rector@klgtu.ru](mailto:rector@klgtu.ru)

**Abstract.** *The quality indicators and fatty acid composition of oils isolated from the heads of smoked sprat and mackerel and the insides of walleye are presented. The assessment of the fatty acid composition showed a high content of polyunsaturated fatty acids, including eicosapentaenoic 6.26 – 12.31% and docosahexaenoic 6.67 – 25.02%, which indicates a high potential of fats for use in the biotechnological process of cultivation of micro-organisms - producers of bioplastics.*

**Key words:** *fish oil, fish processing waste, quality, safety, fatty acid composition*