

Выделение жира из печени минтая с помощью нового ферментного препарата на основе штамма *Aspergillus oryzae*

Алексей А. Голубев¹ alex.golubev@rgau-msha.ru  0000-0002-3847-6472
 Анна С. Серeda² as.sereda@gmail.com  0000-0001-9097-3946
 Нина И. Дунченко¹ dunchenko.nina@ya.ru  0000-0002-6158-9854

1 Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия

2 ВНИИПБТ – филиал ФИЦ питания и биотехнологии, ул. Самокатная, 46, г. Москва, 111033, Россия

Аннотация. Отличительной особенностью жиров рыб от жиров растений и наземных животных является наличие в их составе высоконенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот омега-3 (эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты), что обуславливает их высокую биологическую ценность. Типичным видом сырья для получения пищевого жира является печень трески, составляющая около 10% веса рыбы и содержащая в среднем около 50% липидов. Схожими характеристиками обладает печень минтая дальневосточного с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот. С технологической точки зрения сложность извлечения этих биологически ценных компонентов обусловлена высокой чувствительностью липидов рыбьего жира к окислению. В статье рассматривается применение опытного образца ферментного препарата Проторизин-LAP, полученного во Всероссийском научно-исследовательском институте пищевой биотехнологии на основе штамма *Aspergillus oryzae* - продуцента комплекса экзо- и эндопептидаз с увеличенной активностью лейцинаминопептидазы. В качестве критериев эффективности ферментации учитывался выход жира (%) и кислотное число (мг КОН/г жира). Представлены результаты оптимизации процесса ферментации печени минтая дальневосточного с применением полнофакторного эксперимента для двух факторов, установлены оптимальные значения факторов: дозировка ферментного препарата Проторизин-LAP (0,4 % к массе сырья) и продолжительность процесса ферментации (1 час). Исследование сравнительного ферментации печени минтая показало, что применение ферментного препарата «Проторизин LAP» в технологическом процессе переработки жиросодержащего рыбного. Лабораторный образец не уступает коммерческим аналогам по способности выделения жира из печени минтая и может быть перспективен в переработке другого сырья животного происхождения.

Ключевые слова: рыбий жир, ферментативный гидролиз, омега-3, жирные кислоты, минтай.

Pollock liver oil extraction using a new enzyme obtained from the *Aspergillus oryzae* strain

Alexey A. Golubev¹ alex.golubev@rgau-msha.ru  0000-0002-3847-6472
 Anna S. Sereda² as.sereda@gmail.com  0000-0001-9097-3946
 Nina I. Dunchenko¹ dunchenko.nina@ya.ru  0000-0002-6158-9854

1 Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya Str. 49, Moscow 127550, Russia

2 VNIIPBT – Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology branch, st. Samokatnaya 4b, Moscow, 111033, Russia

Abstract. A distinctive feature of fish fats from fats of plants and terrestrial animals is the presence in their composition of highly unsaturated and polyunsaturated omega-3 fatty acids (eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids), which causes their high biological value. A typical type of raw material for obtaining edible fat is cod liver, which makes up about 10% of the weight of fish and contains an average of about 50% lipids. The Far Eastern pollock liver with a high content of polyunsaturated fatty acids has similar characteristics. From a technological point of view, the complexity of extracting these biologically valuable components is due to the high sensitivity of fish oil lipids to oxidation. The article discusses the use of new enzyme Protorizin-LAP obtained at Russian scientific research institute of food biotechnology using *Aspergillus oryzae* strain - a producer of a complex of exo- and endopeptidases with an increased activity of leucine aminopeptidase. Oil yield (%) and acid value (mg KOH/g oil) are considered as efficiency criteria for enzymatic hydrolysis. Optimization results of enzymatic hydrolysis of the pollock liver using a full-factorial experiment for two factors are presented. The optimal values of the factors are established: the dosage of the enzyme preparation Protorizin-LAP (0.4% by weight of the raw material) and the duration of the enzymatic hydrolysis process (1 hour). The study of the comparative enzymatic analysis of pollock liver showed that the use of the enzyme preparation "Protorizin LAP" in the technological process of processing fat-containing fish. The laboratory sample is not inferior to commercial analogues in terms of the ability to extract fat from pollock liver and may be promising in the processing of other raw materials of animal origin.

Keywords: fish oil, enzymatic hydrolysis, omega-3, fatty acids, pollock.

Введение

Важнейшей отличительной особенностью жиров рыб от жиров растений и наземных животных является наличие в их составе высоконенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот омега-3 (эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты), что обуславливает их высокую биологическую ценность.

Для цитирования

Голубев А.А., Серeda А.С., Дунченко Н.И. Выделение жира из печени минтая с помощью нового ферментного препарата на основе штамма *Aspergillus oryzae* // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 2. С. 78–83. doi:10.20914/2310-1202-2022-2-78-83

Типичным видом сырья для получения пищевого жира является печень трески, составляющая около 10% веса рыбы и содержащая в среднем около 50% липидов [1]. Схожими характеристиками обладает печень минтая дальневосточного – популярное на Дальнем востоке России промысловое сырье с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК).

For citation

Golubev A.A., Sereda A.S., Dunchenko N.I. Pollock liver oil extraction using a new enzyme obtained from the *Aspergillus oryzae* strain. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 2. pp. 78–83. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-2-78-83

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

С технологической точки зрения сложность извлечения этих биологически ценных компонентов обусловлена высокой чувствительностью липидов рыбьего жира к окислению. Нагревание жиродержащего сырья при контакте с воздухом приводит к запуску механизма образования перекисных соединений, имеющих высокую токсичность. Поэтому получение жира при щадящих температурных режимах является актуальной задачей для пищевой отрасли, решить которую возможно, используя ферментативный гидролиз.

Для извлечения жира из рыбного сырья энзиматическим способом в основном используют доступные коммерческие ферментные препараты экзо- и эндопептидаз, полученные на основе различных продуцентов [2–4]. В сравнительных исследованиях было отмечено, что многокомпонентные грибные протеазы могут быть эффективнее прочих препаратов [5, 6]. Результаты этих исследований показывают перспективность применения комплекса грибных протеаз для ферментации рыбного сырья с целью выделения жира. Во ВНИИПБТ на основе штамма *Aspergillus oryzae* с увеличенной активностью лейцинаминопептидазы был получен комплексный препарат протеолитического действия «Проторизин LAP». Основными компонентами ферментного комплекса продуцента являются кислая и щелочная протеазы, лейцинаминопептидаза, α -амилаза и ксиланаза [7].

Цель работы – установление оптимальных параметров ферментации печени минтая дальневосточного, обеспечивающих высокий уровень извлечения жира без негативного влияния на его качество.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись замороженная печень минтая дальневосточного (*Theragra chalcogramma*) и жир, полученный из печени ферментативным способом.

Отбор средних проб замороженной печени и их подготовку к физико-химическим анализам проводили в соответствии с ГОСТ 31339–2006 [8]. Физико-химические показатели устанавливали согласно ГОСТ 7636–85 [9]: *массовую долю влаги* – методом высушивания при температуре +100 °С; *активную кислотность* – потенциометрическим методом; *массовую долю жира* – экстракционно-весовым методом ВНИИКОП (ускоренным) по ГОСТ 8756.21–89 [10].

Для определения качества рыбьего жира определяли *кислотное число* по ГОСТ 7636–85.

Для обоснования целесообразности использования лабораторного ферментного препарата Проторизин LAP был проведен сравнительный ферментолит при оптимальном диапазоне температур и рН для каждого из 3 коммерческих ферментных препаратов: Alcalase® 2,5 L (Novozymes, Дания); Neutrase 0,8 L (Novozymes, Дания); АцидоЛюкс-А (Сиббиофарм, Россия)

При проведении эксперимента в заранее измельченное до однородной консистенции сырье вносили воду в соотношении 1 : 1. Ферменты добавляли в количестве 0,2% к массе сырья, предварительно устанавливали оптимальное значение рН для каждого препарата (6,7 для образцов с Alcalase и Проторизин LAP; 5,05 для АцидоЛюкс-А, без изменения для Neutrase и контрольного образца). Контрольный образец выдерживался в тех же условиях для оценки действия нативных протеолитических ферментов печени. После ферментации в течение 2 часов полученные ферментолиты нагревались до температуры 90 °С для инактивации ферментов и направлялись на центрифугирование (15 мин, 3000g). Выход жира, жидкой и твердой фракции гидролизата определялись методом взвешивания. Опыты проводились с двукратной повторностью.

Для моделирования ферментации на основании предварительных экспериментов и анализа литературных данных были выделены два основных фактора, определяющие выход жира и его качество: массовая доля ферментного препарата (% к массе сырья) и продолжительность гидролиза (ч).

Для определения оптимальной дозировки ФП и продолжительности было использовано математическое моделирование на основе полнофакторного эксперимента. Дозировку (ω , %) варьировали от 0,1 до 0,3% к массе обрабатываемого сырья; продолжительность процесса (Т, ч) – от 0,5 до 1,5 ч при температуре 40–45 °С. В качестве показателей эффективности ферментации выбраны выход жира (ω_j) и КЧ, обобщенные в единый параметр оптимизации (у) при 100% выходе и КЧ = 3,85 в качестве «идеалов» [11–20].

$$y = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_o - y_i}{y_i} \right)^2$$

План эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Матрица и план эксперимента при моделировании процесса

Table 1.

Matrix and experiment design for process modeling

Опыт Experiment	План эксперимента Experiment design			
	Массовая доля ФП Enzyme mass fraction		Продолжительность Duration	
	по матрице, a_1 matrix, a_1	натурально, ω , % naturally, ω , %	по матрице, a_2 matrix, a_2	натурально, T, ч naturally, T, h
1	1	0,3	1	1,5
2	-1	0,1	1	1,5
3	1	0,3	-1	0,5
4	-1	0,1	-1	0,5

Связь кодированных и физических переменных определяется по формуле:

$$x_i = \left(\frac{x_n - x_o}{\Delta x} \right)$$

где x_i и x_n – соответственно кодированное и натуральное значения; x_o – значение фактора на нулевом уровне; Δx – значение интервала варьирования фактора.

Реализация опытов по матрице полнофакторного эксперимента позволяет получить линейную модель вида:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_1x_1 a_2x_2$$

где y – обобщенный параметр оптимизации; a_0 , a_1 , a_2 – неизвестные коэффициенты линейной модели; x_1 , x_2 – изменяемые факторы процесса.

Проверку адекватности полученной в кодированном виде модели проводилась по тесту Фишера (F-критерий) при 95% доверительном интервале.

Математическое моделирование для определения оптимальных значений факторов процесса проводилось в программном пакете Excel.

Результаты и обсуждения

Результаты сравнительного ферментализа печени мятая с применением разных ферментных препаратов представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2.

Результаты ферментализа с разными ферментными препаратами

Table 2.

Results of fermentolysis with different enzyme preparations

ФП Enzyme	темп., °C temp., °C	ω жидкой фракции, % ω liquid fraction, %	ω твердой фракции, % ω solid fraction, %	ω жира, % ω oil, %	КЧ AV
Alcalase	45	50,1	32,1	17,8	4,09
	60	46,5	33,7	19,8	4,25
Проторизин LAP Protozine LAP	45	47,8	29	23,2	4,35
	60	50,6	31,2	18,2	4,68
Neutrase	45	50,2	41,1	8,7	3,87
АцидоЛюкс-А AcidoLux-A	45	45,4	42	12,6	5,03
Контроль	45	49,7	44,7	5,6	3,91

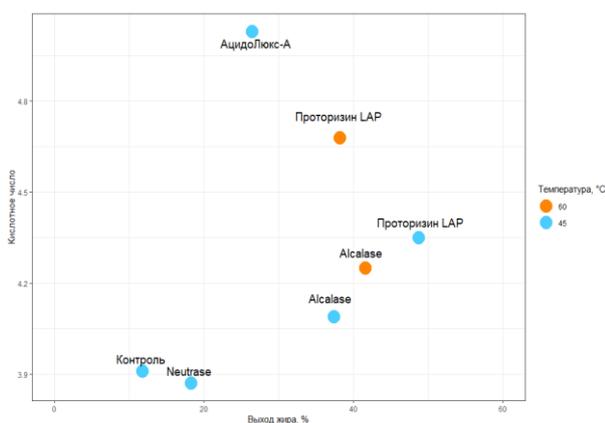


Рисунок 1. Точечная диаграмма по результатам ферментализа с разными ФП (x – выход жира, y – кислотное число)

Figure 1. Scatter plot of enzymatic hydrolysis results with different enzymes (x – fat yield, y – acid number)

Исследуемый лабораторный ферментный комплекс показал самый высокий выход жира по сравнению с остальными ферментализатами (23,2% при содержании жира в исходном сырье 47,64%). Как и ожидалось, наибольший выход жира при использовании коммерческих ФП показал вариант с Alcalase (19,8%). Разница между массовой долей жира, выделенного из ферментализата с Проторизином LAP и Alcalase статистически значима ($t = 5,94$; $p < 0,05$).

По кислотному числу жир, выделенный с помощью Проторизина LAP, незначительно уступает образцам с Alcalase.

Таким образом, данный ферментный препарат целесообразно использовать при ферментировании печени мятая дальневосточного, но необходимо установить оптимальные условия проведения процесса для более эффективного использования сырья.

Таблица 3.

План эксперимента и результаты его реализации

Table 3.

Experiment design and the results

Опыт Experiment	План эксперимента experiment design			Частные отклики			Параметр оптимизации Optimization parameter
	Массовая доля ФП Enzyme mass fraction		Продолжительность Duration	Responses			
	по матрице, a1 matrix, a1	натурально, ω, % naturally, ω, %		натурально, T, ч naturally, T, h	ωж(ср) ωoil(mean)	КЧ(ср) AV(mean)	
1	1	0,3	1	1,5	66,77	5,10	0,2226
2	-1	0,1	1	1,5	39,22	4,95	0,4579
3	1	0,3	-1	0,5	51,23	4,68	0,2914
4	-1	0,1	-1	0,5	25,19	4,61	0,6057

В таблице 3 представлен план и результаты полнофакторного 3 эксперимента с различными концентрациями ферментного препарата *Aspergillus oryzae* и продолжительностью ферментализации.

По итогам выполнения эксперимента были рассчитаны коэффициенты модели процесса ферментализации в кодированном виде (1) и в физических единицах измерения (2).

$$y = 0,3944 - 0,1374x_1 - 0,0541x_2 \quad (1)$$

$$y = 0,774 - 1,374\omega - 0,1082T \quad (2)$$

Проверка адекватности полученной математической модели показала, что расчетный критерий Фишера ($F = 2,77$) меньше его табличного значения ($F = 7,71$). Следовательно, модель адекватна, то есть применима для анализа и оптимизации процесса.

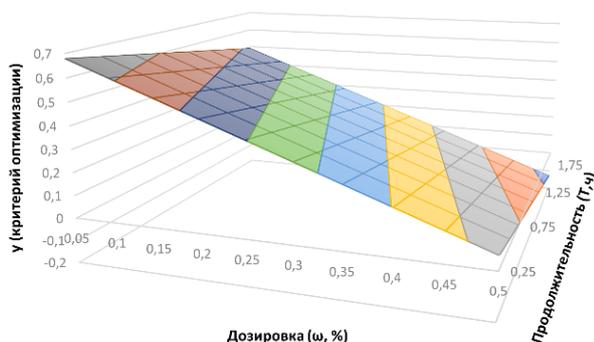


Рисунок 2. Геометрическая интерпретация модели

Figure 2. Surface response of the model

Расчетные оптимальные значения дозировки ФП и времени ферментализации составили 0,4% и 1 ч

соответственно. Апробация расчётных параметров ферментализации показала высокий выход жира (65,42% от его содержания в сырье) при достаточно небольшом изменении кислотного числа (4,11 мг КОН/г при 3,85 мг КОН/г в исходном сырье).

Заключение

Исследование сравнительного ферментализации печени минтая показало, что применение ферментного препарата «Проторизин LAP» в технологическом процессе переработки жиромодержащего рыбного. Лабораторный образец не уступает коммерческим аналогам по способности выделения жира из печени минтая и может быть перспективен в переработке другого сырья животного происхождения.

Наиболее важные факторы, влияющие на выход и качество жира печени минтая при ферментализации – температура, дозировка ферментного препарата и продолжительность процесса. На основании полнофакторного эксперимента предложена модель, адекватно описывающая процесс ферментализации печени минтая. Данная модель позволила рассчитать оптимальные параметры процесса ферментализации: температура – 40...45 °С, массовая доля ферментного препарата – 0,4% и продолжительность – 1 час.

Благодарности

Научно-исследовательская работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2022–2024 годы (тема № № 0410–2022–0006)

Литература

- 1 Bimbo A.P. Sources of omega-3 fatty acids //Food enrichment with omega-3 fatty acids. Woodhead Publishing, 2013. P. 27–107. doi: 10.1533/9780857098863.1.27
- 2 Hu Z., Chin Y., Liu J., Zhou J. et al. Optimization of fish oil extraction from *Lophius litulon* liver and fatty acid composition analysis // Fisheries and Aquatic Sciences. 2022. V. 25. №. 2. P. 76–89. doi: 10.47853/FAS.2022.e8
- 3 Aitta E., Marsol-Vall A., Damerou A., Yang B. Enzyme-assisted extraction of fish oil from whole fish and by-products of Baltic herring (*Clupea harengus membras*) // Foods. 2021. V. 10. №. 8. P. 1811. doi: 10.3390/foods10081811
- 4 Qi-Yuan L., Jun-Qing Q., Xiao-Ge W. Optimization of enzymatic fish oil extraction from mackerel viscera by response surface methodology // International Food Research Journal. 2016. V. 23. №. 3. P. 992.

- 5 Šližyte R., Daukšas E., Falch E., Storø I. et al. Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products // *Process Biochemistry*. 2005. V. 40. № 3–4. P. 1415–1424. doi: 10.1016/j.procbio.2004.06.033
- 6 Hathwar S.C., Bijinu B., Rai A.K., Narayan B. Simultaneous recovery of lipids and proteins by enzymatic hydrolysis of fish industry waste using different commercial proteases // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2011. V. 164. №. 1. P. 115–124. doi:10.1007/s12010-010-9119-5
- 7 Пат. № 2315098, RU, C12N 1/14, 9/62, C12R 1/69. Штамм гриба *Aspergillus oryzae* – продуцент кислых и слабокислых протеаз / Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Морозова К.А., Синицын А.П. №2006123547/13; Заявл. 04.07.2006; Оpubл. 20.01.2008, Бюл. № 2.
- 8 ГОСТ 31339–2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. М., 2010. 12 с.
- 9 ГОСТ 7636–85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М., 2010. 123 с.
- 10 ГОСТ 8756.21–89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения жира М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.
- 11 Агафонова С.В., Байдалинова Л.С. Оптимизация биотехнологического процесса выделения из рыбного сырья жира с повышенным содержанием ПНЖК // IV Международный балтийский морской форум. 2016. С. 1261–1264.
- 12 Shahidi F., Ambigaipalan P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits // *Annual review of food science and technology*. 2018. V. 9. P. 345–381. doi: 10.1146/annurev-food-111317-095850
- 13 Gutiérrez S., Svahn S.L., Johansson M.E. Effects of omega-3 fatty acids on immune cells // *International journal of molecular sciences*. 2019. V. 20. №. 20. P. 5028. doi: 10.3390/ijms20205028
- 14 Laviano A. Rianda S., Molfino A., Fanelli F.R. Omega-3 fatty acids in cancer // *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2013. V. 16. №. 2. P. 156–161. doi: 10.1097/MCO.0b013e32835d2d99
- 15 Calder P. C. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: from molecules to man // *Biochemical Society Transactions*. 2017. V. 45. №. 5. P. 1105–1115. doi: 10.1042/BST20160474
- 16 Endo J., Arita M. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids // *Journal of cardiology*. 2016. V. 67. №. 1. P. 22–27. doi: 10.1016/j.jcc.2015.08.002
- 17 Adarme-Vega T.C., Thomas-Hall S.R., Schenk P.M. Towards sustainable sources for omega-3 fatty acids production // *Current opinion in biotechnology*. 2014. V. 26. P. 14–18. doi: 10.1016/j.copbio.2013.08.003
- 18 Bowen K.J., Harris W.S., Kris-Etherton P.M. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: are there benefits? // *Current treatment options in cardiovascular medicine*. 2016. V. 18. №. 11. P. 1–16. doi: 10.1007/s11936-016-0487-1
- 19 Jain A.P., Aggarwal K.K., Zhang P.Y. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease // *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015. V. 19. №. 3. P. 441–5.
- 20 Simopoulos A.P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity // *Nutrients*. 2016. V. 8. №. 3. P. 128. doi: 10.3390/nu8030128

References

- 1 Bimbo A.P. Sources of omega 3 fatty acids. Food enrichment with omega 3 fatty acids. Woodhead Publishing, 2013. pp. 27–107. doi: 10.1533/9780857098863.1.27
- 2 Hu Z., Chin Y., Liu J., Zhou J. et al. Optimization of fish oil extraction from *Lophius litulon* liver and fatty acid composition analysis. *Fisheries and Aquatic Sciences*. 2022. vol. 25. no. 2. pp. 76–89. doi: 10.47853/FAS.2022.e8
- 3 Aitta E., Marsol-Vall A., Damerou A., Yang B. Enzyme-assisted extraction of fish oil from whole fish and by-products of Baltic herring (*Clupea harengus membras*). *Foods*. 2021. vol. 10. no. 8. pp. 1811. doi: 10.3390/foods10081811
- 4 Qi-Yuan L., Jun-Qing Q., Xiao-Ge W. Optimization of enzymatic fish oil extraction from mackerel viscera by response surface methodology. *International Food Research Journal*. 2016. vol. 23. no. 3. pp. 992.
- 5 Šližyte R., Daukšas E., Falch E., Storø I. et al. Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry*. 2005. vol. 40. no. 3–4. pp. 1415–1424. doi: 10.1016/j.procbio.2004.06.033
- 6 Hathwar S.C., Bijinu B., Rai A.K., Narayan B. Simultaneous recovery of lipids and proteins by enzymatic hydrolysis of fish industry waste using different commercial proteases. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2011. vol. 164. no. 1. pp. 115–124. doi:10.1007/s12010-010-9119-5
- 7 Rimareva L.V., Overchenko M.B., Morozova K.A., Sinitsyn A.P. The strain of the fungus *Aspergillus oryzae* is a producer of acidic and weakly acidic proteases. Patent RF, no. 2315098, 2008.
- 8 8. GOST 31339–2006 Fish, non-fish objects and products from them. Acceptance rules and sampling methods. Moscow, 2010. 12 p. (in Russian).
- 9 GOST 7636–85 Fish, marine mammals, marine invertebrates and products of their processing. Analysis methods. Moscow, 2010. 123 p. (in Russian).
- 10 GOST 8756.21–89 Processed products of fruits and vegetables. Fat determination methods Moscow, Standartinform, 2010. 12 p. (in Russian).
- 11 Agafonova S.V., Baydalinova L.S. Optimization of the biotechnological process of extracting fat from fish raw materials with a high content of polyunsaturated fatty acids. IV International Baltic Marine Forum. 2016. pp. 1261–1264. (in Russian).
- 12 Shahidi F., Ambigaipalan P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual review of food science and technology*. 2018. vol. 9. pp. 345–381. doi: 10.1146/annurev-food-111317-095850
- 13 Gutiérrez S., Svahn S.L., Johansson M.E. Effects of omega-3 fatty acids on immune cells. *International journal of molecular sciences*. 2019. vol. 20. no. 20. pp. 5028. doi: 10.3390/ijms20205028
- 14 Laviano A. Rianda S., Molfino A., Fanelli F.R. Omega-3 fatty acids in cancer. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2013. vol. 16. no. 2. pp. 156–161. doi: 10.1097/MCO.0b013e32835d2d99
- 15 Calder P. C. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: from molecules to man. *Biochemical Society Transactions*. 2017. vol. 45. no. 5. pp. 1105–1115. doi: 10.1042/BST20160474
- 16 Endo J., Arita M. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of cardiology*. 2016. vol. 67. no. 1. pp. 22–27. doi: 10.1016/j.jcc.2015.08.002

- 17 Adarme-Vega T.C., Thomas-Hall S.R., Schenk P.M. Towards sustainable sources for omega-3 fatty acids production. *Current opinion in biotechnology*. 2014. vol. 26. pp. 14-18. doi: 10.1016/j.copbio.2013.08.003
- 18 Bowen K.J., Harris W.S., Kris-Etherton P.M. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: are there benefits? *Current treatment options in cardiovascular medicine*. 2016. vol. 18. no. 11. pp. 1-16. doi: 10.1007/s11936-016-0487-1
- 19 Jain A.P., Aggarwal K.K., Zhang P.Y. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015. vol. 19. no. 3. pp. 441-5.
- 20 Simopoulos A.P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*. 2016. vol. 8. no. 3. pp. 128. doi: 10.3390/nu8030128

Сведения об авторах

Алексей А. Голубев магистрант, Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, alex.golubev@rgau-msha.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3847-6472>

Анна С. Середина к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория биотехнологии новых продуцентов гидролитических ферментов, ВНИИПБТ – филиал ФИЦ питания и биотехнологии, Самокатная ул., 4б, г. Москва, 111033, Россия, as.sereda@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9097-3946>

Нина И. Дунченко д.т.н., зав. кафедрой, профессор, кафедра управление качеством и товароведение продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им.К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, dunchenko.nina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6158-9854>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Alexey A. Golubev master student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, st. Timiryazevskaya, 49, Moscow, 127550 Russia, alex.golubev@rgau-msha.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3847-6472>

Anna S. Sereda Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory of biotechnology of new producers of hydrolytic enzymes, VNIIPBT – Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology branch, st. Samokatnaya, 4b, Moscow, 111033, Russia, as.sereda@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9097-3946>

Nina I. Dunchenko Dr. Sci. (Engin.), head of department, commodity quality management and merchandizing department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, st. Timiryazevskaya, 49, Moscow, 127550 Russia, dunchenko.nina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6158-9854>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/04/2022	После редакции 27/04/2022	Принята в печать 19/05/2022
Received 04/04/2022	Accepted in revised 27/04/2022	Accepted 19/05/2022