

Т.И. Фомичева, Е.В. Колужникова

МЕТОД ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЖИРОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Введение. Испокон веков люди использовали различные вещества, в том числе и природные жиры, для лечения болезней, заживления ран, уменьшения боли, улучшения пищеварения, в качестве релаксантов или стимуляторов. И сейчас, несмотря на обилие синтетических фармакологических препаратов, повсеместно и эффективно используют природные соединения, благотворно влияющие на здоровье человека, которые часто называют биологически активными добавками (БАД).

Биологически активные добавки служат для восполнения в организме человека недостатка веществ, которые необходимы для правильного функционирования всех органов [Орасмяз-Медер, Шатрова, 2016]. В результате становится возможным предотвратить некоторые заболевания и улучшить самочувствие человека без приема сильнодействующих лекарств.

Современные представления о потребностях человека в незаменимых пищевых продуктах основаны на исследованиях, проведенных еще в предыдущем веке. Это касается потребности в таких веществах, как жирные кислоты, аминокислоты, витамины, неорганические компоненты, включая некоторые металлы и неметаллы.

Химический состав организма поддерживается на основе сбалансированного питания, включающего соединения, которые сам организм не способен синтезировать. К их числу относятся полиненасыщенные жирные кислоты: ПНЖК- ω -3; ПНЖК- ω -6; ПНЖК- ω -9 – входящие в состав различных типов рыбьих жиров.

Рыбий жир является одним из наиболее стабильных, высоко концентрированных природных жиров. В его содержание, по литературным данным, входят следующие триглицериды: эфиры глицерина и жирных кислот – натуральная форма, прежде всего ПНЖК- ω -3 [Рудаков и др., 2005; Таганович, 2008], в меньшем, но достаточном количестве ПНЖК- ω -6 и ПНЖК- ω -9.

В рыбьем жире также много ценных аминокислот, он химически стабилен и не окисляется в течение длительного времени. Сильнейшим анти-

оксидантом, способствующим стабильности рыбьего жира, является олеиновая кислота (ПНЖК- ω -9).

Как правило, наибольшей массовой долей в составе полиненасыщенных жирных кислот, содержащихся в рыбьем жире, являются кислоты группы ПНЖК- ω -3, так называемые Омега-3 ПНЖК, которые находят применение в разных областях медицины: кардиологии, пульмонологии, гастроэнтерологии, – а также принимают участие в обмене веществ, облегчают усвоение жирорастворимых витаминов А, Е. Группа ПНЖК- ω -6 (Омега-6) полиненасыщенных жирных кислот действует на клеточные мембраны, способствует усвоению кальция и регулирует процесс пищеварения, обеспечивая здоровье кожи [Крецу и др., 1989; Патудин и др., 2011]. Пальмитиновая и стеариновая кислоты участвуют в регулировании уровня холестерина, снижают риск появления атеросклероза [Корнена, 2009; Патудин и др., 2011;], арахидоновая кислота защищает от бактерий и неблагоприятной микрофлоры; стеариновая кислота обладает смягчающим действием; линолевая кислота питает волосы и кожу; лауриновая и пальмитиновая кислоты увлажняют и заживляют ткани (ГОСТ 31663-2012. «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот»).

В составе рыбьих жиров различных пород рыбы имеются, по литературным данным, следующие полезные для человека компоненты:

- стеролы – 19 мг (Бета-ситостерол 12 мг) – уменьшают концентрацию холестерина в организме человека более чем на 15% [Нормы..., 2009]. Легко блокируют рецепторы, снижая поглощение холестерина и ускоряют его выведение из организма;
- полиненасыщенные жирные кислоты ПНЖК- ω -3 и ПНЖК- ω -6 оказывают наиболее эффективное позитивное воздействие на организм человека [Нормы..., 2009; Торшин и др., 2020]. Линолевая кислота и продукты ее метаболизма – одно из защитных средств организма в борьбе с преждевременным старением, сердечно-сосудистыми заболеваниями, артритом, аллергией, аутоиммунными заболеваниями. Исследования показали [Волгарёв и др., 2003], что повышенное потребление ω -3 ПНЖК достоверно (почти в 10 раз) снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний у здоровых людей, способствует выздоровлению и на 35% снижает смертность среди людей, перенесших эти заболевания.

Цель работы – сравнить исследуемые образцы рыбьего жира рыб различных пород и ареалов обитания путем изучения их состава по содержанию полиненасыщенных жирных кислот и оценить возможную эффектив-

ность их воздействия на работу различных систем жизнеобеспечения организма человека.

Материалы и методика исследования. Методом газовой хроматографии проанализировано содержание жирных кислот в различных образцах рыбьего жира лосося и форели естественной среды обитания и искусственно выращенной форели («Аквакультура»). Использован хроматограф газовой модели Кристалл 5000.2. Анализ осуществляли в соответствии с методикой ГОСТ 31663-2012, используя кислоты для сравнения в качестве стандартных образцов.

Результаты исследования. В табл. 1–3 приведен компонентный состав проанализированных жирных кислот рыбьего жира.

Таблица 1

Состав образцов рыбьего жира (лосось естественной среды обитания)

The composition of fish oil samples (salmon of natural habitat)

Полиненасыщенные жирные кислоты Омега – 3 (ПНЖК-ω-3)	
Кислота	Массовая доля, %
C18:3n3 α-Линоленовая	1,0
C18:4n3 Октадекатетраеновая	4,0
C20:3n3 Эйкозатриеновая	0,0
C20:4n3 Эйкозатетраеновая	1,0
C20:5n3 Эйкозапентаеновая	16,8
C22:5n3 Докозапентаеновая	1,8
C22:6n3 Докозагексаеновая	8,7
Суммарно:	33,7
Полиненасыщенные жирные кислоты Омега-6 (ПНЖК-ω-6)	
Кислота	Массовая доля, %
C18:2n6 Линолевая	1,5
C18:3n6 γ-Линоленовая	0,2
C20:2n6 Эйкозодиеновая	0,2
C20:3n6 Эйкозатриеновая	0,2
C20:4n6 Арахидоновая	0,8
C22:2n6 Докозодиеновая	0,0
Суммарно:	2,8

Окончание табл. 1

Полиненасыщенные жирные кислоты Омега-9 (ПНЖК-ω-9)	
Кислота	Массовая доля, %
C18:1n9 Олеиновая	10,2
C20:1n9 Гондоиновая	2,7
C22:1n9 Эруковая	0,7
C24:1n9 Нервоновая	0,6
Суммарно:	14,2

Таблица 2

Состав образцов рыбьего жира (форель «Аквакультура»)

The composition of fish oil samples (cultivated trout «Aquaculture»)

Полиненасыщенные жирные кислоты – Омега-3 (ПНЖК-ω-3)	
Кислота	Массовая доля, %
C18:3n3 α-Линоленовая	4,8
C18:4n3 Октадекатетраеновая	0,5
C20:3n3 Эйкозатриеновая	0,2
C20:4n3 Эйкозатетраеновая	0,3
C20:5n3 Эйкозапентаеновая	0,7
C22:5n3 Докозапентаеновая	0,4
C22:6n3 Докозагексаеновая	2,0
Суммарно:	8,9
Полиненасыщенные жирные кислоты – Омега-6 (ПНЖК-ω-6)	
Кислота	Массовая доля, %
C18:2n6 Линолевая	14,5
C18:3n6 γ-Линоленовая	0,2
C20:2n6 Эйкозодиеновая	0,7
C20:3n6 Эйкозатриеновая	0,3
C20:4n6 Арахидоновая	0,2
C22:2n6 Докозодиеновая	0,0
Суммарно:	15,9

Оконание табл. 2

Полиненасыщенные жирные кислоты – Омега-9 (ПНЖК-ω-9)	
Кислота	Массовая доля, %
C18:1n9 Олеиновая	45,0
C20:1n9 Гондоиновая	2,3
C22:1n9 Эруковая	0,2
C24:1n9 Нервоновая	0,2
Суммарно:	47,7

Таблица 3

Состав образцов рыбьего жира (форель естественной среды обитания)**The composition of fish oil samples (trout of natural habitat)**

Полиненасыщенные жирные кислоты – Омега-3 (ПНЖК-ω-3), %	
Кислота	Массовая доля, %
C18:3n3 α-Линоленовая	6,8
C18:4n3 Октадекатетраеновая	0,8
C20:3n3 Эйкозатриеновая	0,3
C20:4n3 Эйкозатетраеновая	0,6
C20:5n3 Эйкозапентаеновая	1,7
C22:5n3 Докозапентаеновая	0,4
C22:6n3 Докозагексаеновая	2,7
Суммарно:	13,3
Полиненасыщенные жирные кислоты – Омега-6 (ПНЖК-ω-6), %	
Кислота	Массовая доля, %
C18:2n6 Линолевая	17,5
C18:3n6 γ-Линоленовая	0,5
C20:2n6 Эйкозодиеновая	0,9
C20:3n6 Эйкозатриеновая	0,6
C20:4n6 Арахидоновая	0,4
C22:2n6 Докозодиеновая	0,0
Суммарно:	19,9

Окончание табл. 3

Полиненасыщенные жирные кислоты - Омега-9 (ПНЖК-ω-9)	
Кислота	Массовая доля, %
C18:1n9 Олеиновая	53,2
C20:1n9 Гондоиновая	2,7
C22:1n9 Эруковая	0,4
C24:1n9 Нервоновая	0,4
Суммарно:	56,7

Обсуждение. Сравнительный анализ результатов хроматографических исследований позволяет сделать вывод, что состав образцов рыбьего жира лосося естественной среды обитания отличается высоким содержанием основных компонентов Омега-3 жирных кислот – эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК), которые играют особую роль в формировании всех отделов мозга, сетчатки глаза, способствуют трансмиссии нервных импульсов. Суммарное содержание ПНЖК-ω-3 составляет 33,7%. На долю Омега-6 и Омега-9 ПНЖК приходится, соответственно, 2,8% и 14,2%.

Состав образцов рыбьего жира форели различной среды обитания отличается от предыдущих результатов анализа лосося по качественным и количественным параметрам. Основной вклад ПНЖК в этих жирах приходится на кислоты Омега-6 и Омега-9. Также выявлены различия в количественном составе ПНЖК рыбьего жира форели в зависимости от естественной или искусственной среды обитания. Результаты анализа показывают, что массовая доля ПНЖК в составе «Аквакультуры» форели для Омега-3, Омега-6 и Омега-9 кислот составляет, соответственно, 8,9%, 15,9% и 47,7%. В образцах природной форели их массовая доля равна, соответственно, 13,3%, 19,9% и 56,7%, что указывает на более высокое содержание эссенциальных кислот в образцах форели природного происхождения.

В соответствии с «Нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [Нормы..., 2009] потребность в полиненасыщенных жирных кислотах составляет для взрослых 6–10%, а для детей – 5–10% от калорийности суточного рациона. Чтобы восполнить суточную потребность организма в этих веществах, достаточно использовать в своем рационе продукты или биологические активные добавки, в состав которых входят ПНЖК.

Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты: олеиновая, ленолевая, а также эйкозапентаеновая и докозагексаеновая – способствуют снижению

воспалительных процессов в организме, улучшению энергетического обмена в митохондриях, нормализации обмена холестерина. Помимо этого, такие кислоты стимулируют работоспособность желудочно-кишечного тракта, способствуют замедлению развития различных нарушений функций головного мозга, способствуют снижению свертываемости крови, повышению эластичности клеточных мембран и их проницаемости для необходимых компонентов, что способствует улучшению функционального состояния сердечно-сосудистой системы, снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. [Волгарёв и др., 2003; Швейнов, 2017; Торшин и др., 2020]. На долю этих ПНЖК в исследуемых образцах приходится около 83%.

Омега-6 кислоты (линолевая, арахидоновая) способствуют стабилизации обменных процессов в организме, потенцируют синтез гормоноподобных веществ, снижают психоэмоциональное напряжение, улучшают функционирование эпидермиса [Уколова и др., 2018]. Полиненасыщенные жирные кислоты группы омега-3 (α -линоленовая), обладают противовоспалительным эффектом, укрепляют суставы, снимают синдром хронической усталости, способствуют метаболизму эссенциальных веществ [Торшин и др., 2020].

С целью профилактики риска онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, укрепления иммунитета в пожилом возрасте целесообразно включать в состав рациона в основном мононенасыщенные кислоты, в частности, олеиновую, гондоиновую, эруковую и нервоновую (ω -9) кислоты [Торшин и др., 2020].

Заключение. Сравнительный анализ результатов хроматографических исследований позволяет сделать вывод, что состав образцов рыбьего жира лосося естественной среды обитания отличается высоким содержанием основных компонентов Омега-3 жирных кислот – эйкозапентаеновой и докозагексаеновой. Суммарное содержание ПНЖК- ω -3 составляет 33,7%. На долю Омега-6 и Омега-9 ПНЖК приходится, соответственно, 2,8% и 14,2%.

Установлено, что образцы рыбьего жира лосося и форели различаются по качественному и количественному составу ПНЖК. В образцах жира лосося преобладают ПНЖК Омега-3, их суммарное содержание составляет 33,7%. В образцах жира форели на долю Омега-3 ПНЖК приходится максимум 13,3%. Отличительной чертой жира форели является высокое содержание Омега-6 ПНЖК и Омега-9 ПНЖК. Что касается влияния среды обитания форели, то сравнительный анализ доказывает неоспоримое преимущество рыбьего жира природной форели, где массовая доля Омега-3,

Омега-6 и Омега-9 кислот составляет, соответственно, 13,3%, 19,9% и 56,7% (в «Аквакультуре» – 8,9%, 15,9% и 47,7% соответственно).

Таким образом, результаты сравнительного хроматографического анализа показали, что в исследуемых образцах рыбьего жира содержится значительная концентрация триглицеридов – натуральной формы Омега-кислот, являющихся основным видом энергии для организма.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Волгарёв М.Н., Мустафина О.К., Трушина Э.Н. О механизмах действия полиненасыщенных жирных кислот на иммунную систему // Вопросы питания. 2003. № 3. С. 35–40.

Корнена Е.П. Экспертиза масел, жиров и продуктов их переработки. Качество и безопасность: учеб.-справ. пособ. 3-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2009. 384 с.

Крецу Л.Г., Домашенко Л.Г., Соколов М.Д. Мир пищевых растений. Кишинев: Тимпул, 1989. 324 с.

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: метод. рек. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

Орасмяз-Медер Т., Шатрова О. Наука красоты: из чего на самом деле состоит косметика. М: Альпина Пабlishер, 2016. 255 с.

Патудин А.В., Мищенко В.С., Ильенко Л.И. Гомеопатические лекарственные средства, разрешенные в Российской Федерации для применения в здравоохранении и ветеринарии. М.: Знак, 2011. 352 с.

Рудаков О.Б., Пономарев А.Н., Полянский К.К., Любарь А.В. Жиры. Химический состав и экспертиза качества. М.: ДеЛи Принт, 2005. 312 с.

Таганович А.Д. Биологическая химия. Минск: БИНОМ, 2008. 688 с.

Торшин И.Ю., Громова О.А., Зайчик Б.Ц., Ружицкий А.О. Комплексное исследование состава экстрактов жира рыб и количественные критерии для различения стандартизированных экстрактов омега-3 полиненасыщенных жирных кислот // Кардиология. 2020. Т. 60, вып. 5. С. 1–10.

Уколова Н., Исаев А., Амбросов И., Дириш А., Косткина Е. Биоактиваторы нового поколения в омолаживающих процедурах // Kosmetik international. 2018. №1. С. 16–19.

Швейнов А.И. Профилактика аритмических осложнений у пациентов с острым инфарктом миокарда: перспективы применения ω -3-полиненасыщенных жирных кислот // Молодежный инновационный вестник: матер. XI межд. науч.-пр. конф. молодых ученых-медиков, посвящ. 100-летию ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. 2017. Т. 6, № 1. С. 49–151.

References

Kornena E.P. Examination of oils, fats and products of their processing. Quality and safety: Textbook. 3rd ed., rev. and add. Novosibirsk: Siberian University Publishing House, 2009. 384 p. (In Russ.)

Kretsu L.G., Domashenko L.G., Sokolov M.D. The World of Food Plants. Kishinev: Timpul, 1989. 324 p. (In Russ.)

Norms of physiological needs in energy and food substances for different population groups of the Russian Federation: methodological recommendations. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009. 36 p. (In Russ.)

Orasmyae-Meder T., Shatrova O. The science of beauty: what cosmetics really consists of. Moscow: Alpina Publisher, 2016. 255 p. (In Russ.)

Patudin A.V., Mishchenko V.S., Ilyenko L.I. Homeopathic medicines authorized in the Russian Federation for use in public health and veterinary medicine. Moscow: Znak, 2011. 352 p. (In Russ.)

Rudakov O.B., Ponomarev A.N., Polyansky K.K., Lyubar A.V. Fats. Chemical composition and quality examination. Moscow: DeLi Print, 2005. 312 p. (In Russ.)

Shveinov A.I. Prevention of arrhythmic complications in patients with acute myocardial infarction: prospects for the use of ω -3-polyunsaturated fatty acids. *Youth Innovation Bulletin: Proceedings of the XI int. sci.-pract. conf. of young medical scientists, dedicated to the 100th anniversary of N.N. Burdenko VSMU*, 2017, vol. 6, iss. 1, pp. 49–151. (In Russ.)

Taganovich A.D. Biological chemistry. Minsk: BINOM, 2008. 688 p. (In Russ.)

Torshin I.Y., Gromova O.A., Zaichik B.C., Ruzhitsky A.O. A comprehensive study of the composition of fish fat extracts and quantitative criteria for distinguishing standardized extracts of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Cardiology*, 2020, vol. 60, iss. 5, pp. 1–10. (In Russ.)

Ukolova N., Isaev A., Ambrosov I., Dirsch A., Kostkina E. New generation bioactivators in anti-aging treatments. *Kosmetik international*, 2018, no. 1, pp. 16–19. (In Russ.)

Volgarev M.N., Mustafina O.K., Trushina E.N. About the mechanisms of action of polyunsaturated fatty acids on the immune system. *Nutritional issues*, 2003, no. 3, pp. 35–40. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 27.11.2024

Фомичева Т.И., Колужникова Е.В. Метод газовой хроматографии для сравнительного анализа жиров природного происхождения на содержание полиненасыщенных жирных кислот // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 255. С. 521–531. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.521-531

Рыбий жир природного лосося и форели разной среды обитания может значительно различаться по качественному и количественному составу полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Целью исследования является сравнение состава исследуемых образцов жира рыбы различных пород и ареалов обитания путем изучения их состава по массовому содержанию ПНЖК как факторов воздействия на функционирование различных систем жизнеобеспечения организма человека. Результаты эксперимента доказывают, что образцы рыбьего жира лосося и форели имеют значительные различия в качественном и количественном составе ПНЖК. В образцах жира лосося преобладают ПНЖК Омега-3, их суммарное содержание составляет 33,7%. В образцах жира форели на долю Омега-3 ПНЖК приходится только 13,3%. Отличительной чертой жира форели является высокое содержание Омега-6 ПНЖК и значительно большее – Омега-9 ПНЖК. Что касается влияния среды обитания форели, то сравнительный анализ доказывает неоспоримое преимущество рыбьего жира природной форели, где массовая доля Омега-3, Омега-6 и Омега-9 кислот составляет, соответственно, 13,3%, 19,9% и 56,7% (в «Аквакультуре» – 8,9%, 15,9% и 47,7%). Таким образом, результаты сравнительного хроматографического анализа доказывают, что исследуемые образцы рыбьего жира имеют высокое содержание триглицеридов – натуральной формы Омега-кислот, являющихся основным видом энергии для обеспечения эффективной жизнедеятельности организма человека.

Ключевые слова: рыбий жир лосося и форели, полиненасыщенные жирные кислоты, хроматографический анализ.

Fomicheva T.I., Koluzhnikova E.V. Gas chromatography method for different natural origin oils analysis for the polyunsaturated fatty acids content. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2025, iss. 255, pp. 521–531 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.521-531

Fish oil from natural salmon and trout of different habitats can differ significantly in the qualitative and quantitative composition of polyunsaturated fatty acids (PUFA). The aim of the study is to compare the composition of the investigated fish fat samples of different breeds and habitat by studying their composition by mass content of PUFA as factors of influence on the functioning of various life-support systems of the human body. The experimental results prove that salmon and trout fish oil samples have significant differences in the qualitative and quantitative composition of PUFAs. Omega-3 PUFAs predominate in salmon fat samples, their total content being 33,7%. In trout fat samples, omega-3 PUFAs account for only 13,3%. A distinctive feature of trout fat is its high content of omega-6 PUFAs and much higher content of omega-9 PUFAs. As for the influence of trout habitat, comparative analysis proves the undeniable advantage of fish oil from natural trout, where the mass fraction of Omega-3, Omega-6 and Omega-9 acids is 13,3%, 19,9% and 56,7%, respectively (in «Aquaculture» – 8,9%, 15,9% and 47,7%, respectively). Thus, the results of

comparative chromatographic analysis prove that the studied fish oil samples have a high content of triglycerides – the natural form of Omega-acids, which are the main type of energy to ensure the effective vital activity of the human body.

Keywords: salmon and trout fish oil, polyunsaturated fatty acids, chromatographic analysis.

ФОМИЧЕВА Татьяна Ивановна – доцент Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, кандидат технических наук. SPIN-код: 9615-1171.

190000, ул. Большая Морская, д. 67, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: mukhlenova@mail.ru

FOMICHEVA Tatiana I. – PhD (Technical), Associate Professor, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation. SPIN-code: 9615-1171.

190000. Bolshaya Morskaya str. 67. St. Petersburg. Russia. E-mail: mukhlenova@mail.ru

КОЛУЖНИКОВА Елена Вениаминовна – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат химических наук. SPIN-код: 1402-0263.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: elenakoluznikova@gmail.com

KOLUZHNIKOVA Elena V. – PhD (Chemical), Associate Professor, St. Petersburg State Forestry University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: elenakoluznikova@gmail.com