



## Оценка содержания незаменимых жирных кислот в тканях радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), выращенной в установках замкнутого водоснабжения

Е.А. Зыкина<sup>1</sup> и М.В. Гурин<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Пензенский государственный аграрный университет, ул. Ботаническая 30, 440014 Пенза, Россия; e-mail: len82@bk.ru

<sup>2</sup> ООО «Кардиоплант», ул. Центральная 1, 440004 Пенза, Россия; e-mail: gmv7981@mail.ru

Представлена 23 июня 2021; после доработки 21 июля 2021; принята 26 июля 2021.

### РЕЗЮМЕ

Последнее время все более актуально стоит задача искусственного выращивания в аквакультуре особо ценных пород рыб. Ценность лососевых рыб, и в частности, доступной для разведения радужной форели *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), определяется во многом большим содержанием биологически активных эссенциальных и полиненасыщенных жирных кислот группы  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, необходимых для жизнедеятельности и не синтезируемых организмом человека. Поскольку естественные запасы многих ценных в этом отношении рыб, уменьшились, культивируемая на фермах рыба может помочь удовлетворить возрастающий спрос на данный продукт. В нашей работе была проведена оценка содержания основных  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот в жире радужной форели, выращенной в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). Жир экстрагировали тепловым способом с дальнейшей перегонкой методом сверхкритической флюидной экстракции на установке SFT-150. Соотношение жирных кислот в пробе рыбьего жира определяли на аппаратно-программном комплексе «Хроматэк-Кристалл-5000 М». Полученные результаты сравнили со стандартом на лососевый рыбий жир «Продукция аквакультуры» и «Дикая рыба». Установлено, что форель, культивируемая в УЗВ в Пензенской области, по содержанию основных незаменимых жирных кислот не уступает показателям качества стандарта «Продукция аквакультуры» в части требований для лососевых рыб. В рыбе в достаточном количестве присутствуют все эссенциальные жирные кислоты; соотношение  $\omega$ -6 к  $\omega$ -3 составляет 2.6:1, что говорит о высокой пищевой ценности продукта и позволяет использовать его в пищу для обеспечения организма человека незаменимыми жирными кислотами, а также в качестве сырья для получения лечебно-профилактических продуктов.

**Ключевые слова:** радужная форель, рыбий жир, полиненасыщенные жирные кислоты,  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирные кислоты, *Oncorhynchus mykiss*, установки замкнутого водоснабжения

## Evaluation of the composition of essential fatty acids in the tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) grown in closed water supply units

E.A. Zykina<sup>1</sup> and M.V. Gurin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Penza State Agrarian University, Botanichestkaya str. 30, 440014 Penza, Russia; e-mail: len82@bk.ru

<sup>2</sup> LLC "Kardioplant", Tsentralnaya str. 1, 440004 Penza, Russia; e-mail: gmv7981@mail.ru

Submitted June 23, 2021; revised July 21, 2021; accepted July 26, 2021.

\* Автор-корреспондент / Corresponding author

## RESUME

Recently, the task of artificial cultivation of especially valuable fish species in aquaculture has become more and more urgent. The value of salmon fish, and in particular rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) available for breeding, is largely determined by the high content of biologically active essential and polyunsaturated fatty acids of the group  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3, necessary for vital activity and not synthesized by the human body. Since the natural stocks of many popular fatty fish have decreased, farmed fish can help meet consumer demand for this product. Based on this, the assessment of the content of the main  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3 fatty acids in the fat of rainbow trout grown in closed-loop water supply installations (USV) was made. The fat was extracted from the fish by thermal method with further distillation by supercritical fluid extraction on the SFT-150 unit. The ratio of fatty acids in the fish oil sample was determined using the Chromatek-Kristall-5000 M hardware and software complex. The results obtained were compared with the standard for salmon fish oil "Aquaculture products" and "Wild fish". It is established that trout cultivated in the UZV in the Penza region, in terms of the content of the main essential fatty acids, is not inferior to the quality indicators of the standard in terms of the requirements for salmon fish of "Aquaculture products". In fish, all essential fatty acids are present in sufficient quantities, the ratio of  $\omega$ -6 to  $\omega$ -3 is 2.6:1, which indicates a high nutritional value of the product and allows it to be used in human food to provide the body with essential fatty acids, as well as a raw material for obtaining therapeutic and preventive products.

**Keywords:** rainbow trout, fish oil, polyunsaturated fatty acids,  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3 fatty acids, *Oncorhynchus mykiss*, closed water supply installations

## ВВЕДЕНИЕ

Рыба, как ценный продукт питания, имеет большое экономическое значение. В современном мире потребление рыбы на душу населения с каждым годом увеличивается и составляет в России более 20 кг в год. Рыболовство и аквакультура занимают существенное место в обеспечении продовольственной безопасности, организации здорового питания и занятости населения. В России рыбное хозяйство является инвестиционно привлекательным, но при этом в отрасли остаются многие нерешенные проблемы. В связи с резким сокращением рыбных запасов мирового океана в последнее время стала стремительно развиваться аквакультура (Богачев [Bogachev] 2017; Рыжкова и Кручинина [Ryzhkova and Cruchinina] 2020).

Продукты из лососевых рыб пользуются на Российском рынке огромной популярностью. (Мелехина и Степаненко [Melekhina and Stepanenko] 2020). Основными объектами выращивания лососевых рыб бассейна Атлантического океана являются радужная форель *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), атлантический лосось *Salmo salar* Linnaeus, 1758 и озерная форель *Salmo trutta* Linnaeus, 1758. Благодаря активному развитию аквакультурных технологий, стало возможно выращивание рыбы не только в прудах и садках, но и в контролируемых условиях окружающей среды, например, в установках

замкнутого водоснабжения (УЗВ). Преимуществом последних являются компактность и возможность размещения в непосредственной близости от потребителей – крупных городов, где ощущается дефицит и дороговизна земельных и водных ресурсов. Благодаря инновационным техническим решениям по обеспечению работы УЗВ и контролю параметров среды (последовательная схема подачи воды, биологический фильтр по технологии кипящего слоя, система мониторинга аммонийного азота в режиме онлайн) можно получать экологически чистую продукцию высокого качества (Матишов и др, [Matishov et al.] 2016). По вкусу выращенная рыба практически не отличается от дикой, ее мясо такое же нежное и сочное.

Однако по мнению ряда авторов, культивируемые в аквакультуре лососевые рыбы, в отличие от обитающих в естественных условиях, живут в ограниченном пространстве и испытывают гиподинамию, что оказывает влияние на биохимический состав и качество получаемой продукции (Гребенюк и Базарова [Grebenuk and Bazarova] 2012).

Большое влияние на органолептические свойства продукции оказывает кормление. В форелевых хозяйствах рыбу культивируют на искусственных кормах, которые отличаются по биологической ценности от естественной пищи гидробионтов. Природная пища разных видов рыб, несмотря на биологическое разнообразие,

близка по химическому составу и содержит в сухом веществе 50–65% белка (зоопланктон, зообентос, рыба), поэтому основной компонент экструдированных полнорационных комбикормов для форели – рыбная мука (Кошак и др. [Koshak et al.] 2019). Активное развитие аквакультуры привело к резкому дефициту сырья для производства комбикормов, а именно липидной его составляющей – рыбьего жира. В качестве альтернативы рыбьего жира часто для производства комбикормов используются продукты растительного происхождения (масличные культуры, соевый и подсолнечный жмыхи, шроты и другие), которые не характерны для естественной пищи хищных рыб (Васильева и др. [Vasileva et al.] 2017). Состав пищи в первую очередь влияет на метаболизм рыб, который определяет интенсивность их роста и развития, а также качество реализуемой форелеводами продукции (Васильева и др. [Vasileva et al.] 2015).

Состав липидов определяет качество рыбы как пищевой продукции для человека, при этом высокую пищевую ценность имеет рыбная продукция с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК)  $n-3$  семейства, которое должно превалировать над ПНЖК  $n-6$  семейства (Фокина и др. [Fokina et al.] 2020). Полиненасыщенные жирные кислоты в организме человека не вырабатываются, поэтому их единственным источником является пища, особенно жирная рыба. К основным незаменимым жирным кислотам относятся линолевая, арахидоновая жирные кислоты ( $\omega-6$ ), альфа-линоленовая, эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты ( $\omega-3$ ). Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ДЦ-ПНЖК) – структурные и функциональные компоненты клеточных мембран. Согласно проведенным исследованиям (Колупаева и Беляева [Kolupaeva and Belyaeva] 2013), в процессе эволюции человека соотношение  $\omega-6$ -жирных кислот к  $\omega-3$  в пищевом рационе составляло примерно 1:1. Физиологическое состояние клетки оптимально при соотношении  $\omega-6$  и  $\omega-3$  жирных кислот 3:1. Организм человека не способен осуществлять конверсию  $\omega-6$ -жирных кислот в  $\omega-3$ -жирные кислоты и наоборот. Особый интерес вызывают свойства длинноцепочечных  $\omega-3$ -жирных кислот – эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой

(ДГК). В частности, были установлены сосудисто-протективные свойства длинноцепочечных  $\omega-3$ -жирных кислот. ЭПК и ДГК оказывают влияние на метаболизм липидов, сосудистый тонус и свертываемость крови. Благодаря своим противовоспалительным эффектам они оказывают позитивное влияние на течение воспалительного процесса при ряде системных заболеваний соединительной ткани, в том числе при ревматоидном артрите. Недостаток  $\omega-3$ -жирных кислот или дисбаланс между  $\omega-3$  и  $\omega-6$ -жирными кислотами ассоциированы с многочисленными поведенческими отклонениями (особенно у детей), в том числе и психическими расстройствами (Колупаева и Беляева [Kolupaeva and Belyaeva] 2013).

Влияние включения в рацион человека полиненасыщенных жирных кислот из рыбы и рыбьего жира широко исследовалось в последние три десятилетия. Поскольку естественные запасы многих популярных жирных рыб уменьшились, выращиваемая на фермах рыба может помочь удовлетворить потребительский спрос на данную продукцию в качестве источника  $\omega-3$ . Однако выращивание на фермах гидробионтов требует строго контроля качества как кормов, так и конечной продукции (Lall 2010).

В работах по анализу химического состава тканей рыбы в основном оценивается содержание белков и липидов (Бубырь [Bubir] 2015). Содержание в рыбьем жире полиненасыщенных жирных кислот, в особенности эйкозапентаеновой и докозагексаеновой, также является важным показателем, требующим определения. Для этого осуществляют экстракцию жира различными методами: тепловым, низкотемпературным, способом щелочного гидролиза, экстракционным, способом ферментативного гидролиза, гидромеханическим, электроимпульсным и ультразвуковым (Боева [Boeva] 2016). Одним из передовых методов экстракционной очистки жира, экологически чистым и сохраняющим свойства сырья, является метод сверхкритической флюидной экстракции (Sarker et al. 2012; Bonilla-Méndez and Hoyos-Concha 2018). Данный метод, использованный в нашей работе, предотвращает окисление жира и является наиболее безопасным для сохранения качества получаемого жира (Rubio-Rodríguez et al. 2012).

Целью данной работы было изучение жирно-кислотного состава липидов радужной форели, выращенной в установках замкнутого водоснабжения на искусственных кормах и сравнение полученных результатов с требованиями стандартов на лососевый рыбий жир «Продукция аквакультуры» и «Дикая рыба».

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в крестьянском фермерском хозяйстве (КФХ) Пензенской области, которое занимается выращиванием радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в установках замкнутого водоснабжения.

*Материал.* Малька радужной форели средним весом 40 г приобретали в специализированном форелевом хозяйстве Ростовской области. В КФХ малька выпускали в резервуары-бассейны УЗВ. Кормление рыбы осуществляли экструдированными продукционными кормами финского производства «BALTIC BLEND». В состав гранулированного корма входит рыбная мука, рапсовое масло, пшеница, конский боб, пшеничный глютен, соевый белок, птичий гидролизный протеин, рыбий жир, кукурузный глютен, подсолнечный шрот.

Размер гранул при кормлении соответствовал массе рыб. На первом этапе кормление проводили вручную 6 раз в сутки, с интервалом два часа, гранулами диаметром 3 мм. После достижения рыбами среднего веса 300 г осуществляли переход на кормление гранулами диаметром 5 мм, при весе форели 450 г – 8 мм. После достижения товарного веса в 550–600 г рыбу вылавливали. Для анализа жиров использовано 3 экземпляра массой  $500 \pm 50$  г.

*Экстракция жира.* Из рыбы убирали внутренности, голову, хвост и плавники, оставляя внутренний жир и печень; нарезали на поперечные куски толщиной 2–3 см. Измельченную рыбную массу подвергали тепловой обработке в металлической посуде при температуре 60–70°C в течение 30 мин. Полученный жир перегоняли методом сверхкритической флюидной экстракции на специальной установке SFT-150 до получения необходимого объема пробы – 50 г жидкого рыбьего жира.

*Определение жирных кислот.* Полученный в процессе экстракции жир анализировали на

содержание основных незаменимых жирных кислот: омега-6 ( $\omega$ -6) – арахидоновой и линолевой, и омега-3 ( $\omega$ -3) – линоленовой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой. Определение жирных кислот проведено в соответствии с ГОСТ 31665-2012 (получение метиловых эфиров согласно п. 5) и ГОСТ 31663-2012 (определение метиловых эфиров жирных кислот) на аппаратно-программном комплексе «Хроматэк-Кристалл-5000 М».

*Способ метилирования.* Использовали метилат натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/дм<sup>3</sup>. В качестве растворителя жировой фазы использован гексан (п. 5.3 ГОСТ 31665-2012). Условия хроматографирования: детектор ПИД, колонка RTX-2330, длина колонки 105 м. Время анализа: 72.08 мин. Термостат колонок: температура 140–250°C, ПИД-1 ( $t=260^\circ\text{C}$ ), расход водорода – 25 см<sup>3</sup>/мин, расход воздуха – 250 см<sup>3</sup>/мин. Испаритель:  $t=250^\circ\text{C}$ ; газ-носитель: азот (ОСЧ – 99.999%). Постоянное давление в колонке: 360 кПа. Идентификацию жирных кислот проводили по времени выхода пиков.

Для контроля использовали стандарты на лососевый рыбий жир «Продукция аквакультуры» и «Дикая рыба» (CODEX STAN 329-2017).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенных исследований был установлен состав 5 основных незаменимых жирных кислот в жире радужной форели, выращенной в УЗВ (Табл. 1). Уровень жирных кислот определяется в основном преобладающей у лососевых линолевой ( $\omega$ -6) кислотой –  $18.00 \pm 1.73\%$ .

Содержание  $\omega$ -3 жирных кислот находится несколько ниже стандарта на лососевый рыбий жир «Продукция аквакультуры» по линоленовой и эйкозапентаеновой кислотам и на его уровне по докозагексаеновой кислоте. По отношению к стандарту на лососевый рыбий жир «Дикая рыба», выращенная радужная форель превосходит стандарт по линоленовой кислоте на  $0.5 \pm 0.20\%$ , но уступает по содержанию эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислотам на  $5.4 \pm 0.26\%$  и  $2.6 \pm 0.25\%$ , соответственно.

Уровень  $\omega$ -6 жирных кислот по линолевой кислоте превосходит стандарт «Продукция аквакультуры» на  $10 \pm 1.73\%$  и стандарт «Дикая

**Таблица 1.** Сравнительный анализ содержания основных незаменимых жирных кислот, % от общего количества жирных кислот**Table 1.** Comparative analysis of the content of the main essential fatty acids, % of the total fatty acids

Жирные кислоты <i>Fatty acids</i>	Форель, выращенная в УЗВ*, n=3 Trout grown in the UZV*, n=3	Стандарт на рыбий жир «Продукция аквакультуры» Standard for salmon fish oil "Aquaculture products"	Стандарт на рыбий жир «Дикая рыба» Standard for salmon fish oil "Wild fish"
$\omega$ -3			
Линоленовая C <sub>18:3</sub> Linolenic C <sub>18:3</sub>	2.50±0.20	3.00–6.00	2.00
Эйкозапентаеновая C <sub>20:5</sub> Eicosapentaenoic Acid C <sub>20:5</sub>	1.10±0.26	2.00–6.00	6.50–11.50
Докозагексаеновая C <sub>22:6</sub> Docosahexaenoic C <sub>22:6</sub>	3.40±0.25	3.00–10.00	6.00–14.00
$\omega$ -6			
Арахидоновая C <sub>20:</sub> Arachidonic C <sub>20:</sub>	0.30±0.10	0–1.20	0.50–2.50
Линолевая C <sub>18:2</sub> Linoleic C <sub>18:2</sub>	18.00±1.73	8.00–15.00	1.50–2.50

\* Среднее значение ± стандартное отклонение.

\* Mean value ± standard deviation.

рыба» на 6.5±1.73%. Содержание арахидоновой кислоты находится на уровне первого стандарта и несколько ниже второго. Несмотря на небольшой объем исследованной выборки, полученные различия статистически достоверны.

Соотношение  $\omega$ -6 к  $\omega$ -3 жирных кислот в жире форели, выращенной в УЗВ, составило 2.6:1, что соответствует оптимальному показателю 3:1 (Колупаева и Беляева [Kolupaeva and Belyaeva] 2013).

Более наглядно содержание жирных кислот форели, выращенной в УЗВ по сравнению со стандартными показателями качества лососевого жира представлено на Рис. 1.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ жирнокислотного состава радужной форели, выращенной на искусственных комбикормах, показал, что исследуемые образцы обладают высокой пищевой ценностью. В радужной форели, культивируемой в УЗВ, содержатся все основные  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирные кислоты. Их оптимальное соотношение также подтверждает, что продукт обладает хорошим качеством.

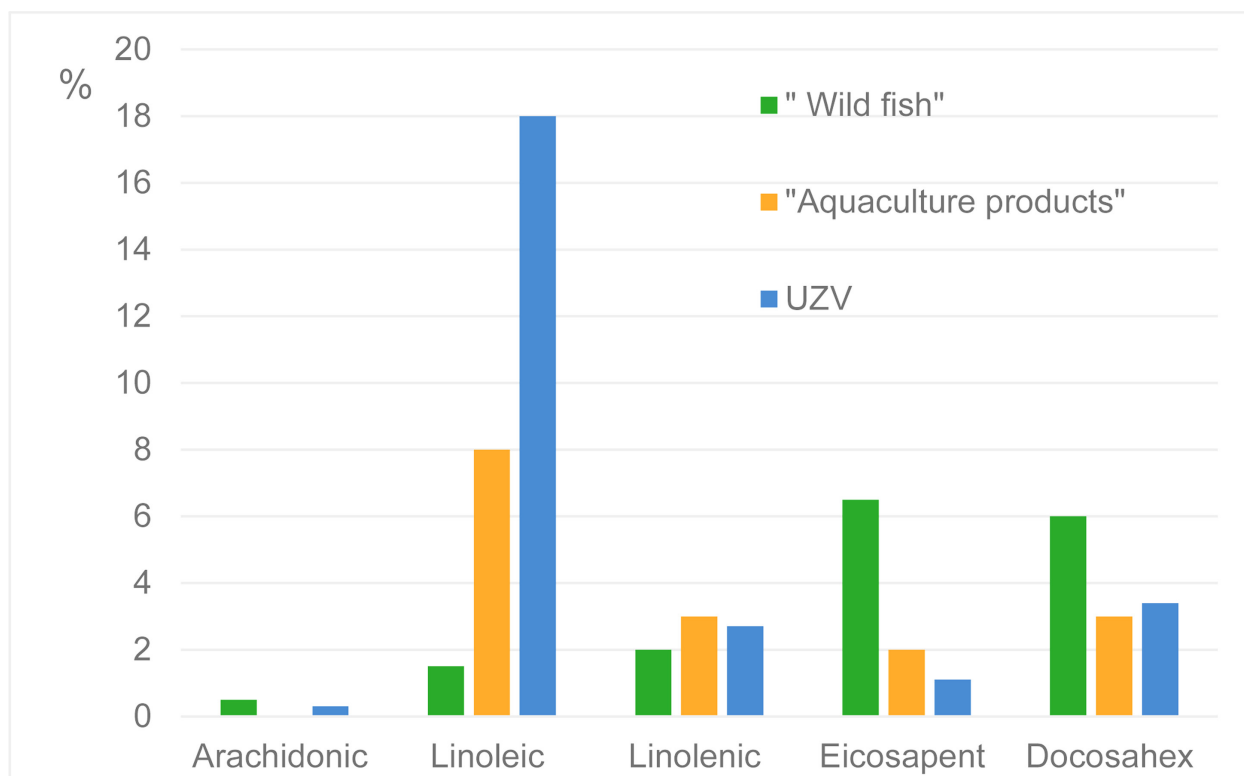
Содержание  $\omega$ -6 жирных кислот (линолевой кислоты) превышает оба стандарта содержания жирных кислот в тканях рыб.

У выращенной форели количественное содержание 4 из 5 жирных кислот находится на уровне стандарта на лососевый рыбий жир «Продукция аквакультуры». В сравнении со стандартом на лососевый рыбий жир «Дикая рыба» наблюдается некоторое снижение количества  $\omega$ -3 жирных кислот. Данная специфика, может объясняться тем, что радужная форель в УЗВ выращивается на искусственных комбикормах, в состав которых входят продукты растительного происхождения, а они не соответствуют кормовой базе хищных рыб из природных водоемов.

## ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что радужная форель, выращенная в установках замкнутого водоснабжения на искусственных кормах, обладает высокими пищевыми достоинствами и вполне соответствует стандартам на лососевый рыбий





**Рис. 1.** Содержание основных незаменимых кислот в жире радужной форели *Oncorhynchus mykiss*, выращенной в установках замкнутого водоснабжения (UZV), в сравнении с требованиями стандартов «Дикая рыба» («Wild fish») и «Продукция аквакультуры» («Aquaculture products»), % от общего количества жирных кислот.

**Fig. 1.** The content of the main essential acids in the fat of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* grown in the closed water supply units (UZV), in comparison with the requirements of the standards "Wild fish" and "Aquaculture products", % of the total fatty acids.

жир «Продукция аквакультуры», что позволяет использовать её в пищу человека для обеспечения организма незаменимыми жирными кислотами, а также в качестве сырья для получения лечебно-профилактических продуктов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Bogachev S.A.** 2017. The role of fisheries and aquaculture in ensuring food security: a global aspect. *Bulletin of rural development and social policy*, **6**(16): 2–4. [In Russian].
- Bubir I.V.** 2015. Nutritional value of freshwater fish in Belarus. *Actual problems of the humanities and natural sciences*, **1**(1): 57–64. [In Russian].
- Bonilla-Mendez J.R. and Hoyos-Concha J.L.** 2018. Methods of extraction refining and concentration of fish oil as a source of omega-3 fatty acids. *Corpoica Ciencia y Tecnologia Agropecuaria*, **19**(3): 621–644. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num2\\_art:684](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:684)
- Boeva N.P., Bredikhina O.V., Petrova M.S. and Baskakova Yu.A.** 2016. Technology of fats from aquatic biological resources. VNIRO, Moscow, 170 p. [In Russian].
- CODEX STAN 329-2017.** CODEX ALLIMENTARIUS COMMISSION, STANDARD FOR FISH OIL CODEX STAN 329-2017, Adopted in 2017. FAO. [https://www.iffco.com/system/files/downloads/Codex%20Standard%20for%20Fish%20Oils%20CXS\\_329e\\_Nov%202017.pdf](https://www.iffco.com/system/files/downloads/Codex%20Standard%20for%20Fish%20Oils%20CXS_329e_Nov%202017.pdf)
- Fokina N.N., Lysenko L.A., Rukolainen T.R., Sukhovskaya I.V., Kanzerova N.P. and Nemova N.N.** 2020. Dependence of the content of lipids and unsaturated fatty acids in the skeletal muscles of rainbow trout on the growing conditions and the physiological state of fish. *Applied Biochemistry and Microbiology*, **3**(56):305–312. [In Russian]. <https://doi.org/10.1134/S0003683820030035>
- Grebenuk A.A. and Bazarova U.G.** 2012. Features of the chemical composition and indicators of freshness of salmon fish from aquaculture in Norway and Karelia. *Processes and apparatuses for food production*, **2**(14): 12–20. [In Russian].

- Koshak Zh., Koshak A., Dolgaya D., Kochovich A. and Rukshan L. 2019.** Mixed feed for rainbow trout with various types of protein. *Kombikorma*, 7–8: 32–36. [In Russian].
- Kolupaeva E.A. and Belyaeva L.M.** Modern view of fish oil. 2013. *International reviews, clinical practice and health*, 5: 100–106. [In Russian].
- Lall S.P. 2010.** The health benefits of farmed salmon: fish oil decontamination processing removes persistent organic pollutants. *British Journal of Nutrition*, 103(10): 1391–1392. <https://doi.org/10.1017/S0007114510000140>
- Melekhina M.D. and Stepanenko E.I. 2020.** Research of the consumer market of salmon fish products. The relevance of replacing traditional preservatives in salted fish. *Bulletin of Youth Science*, 3(25): 7–12. [In Russian].
- Matishov G.G., Ponomareva E.N., Cazarnikova A.V., Ilyina L.P., Grigoriev V.A., Sokolova T.A., Polshina T.N., Covalenko M.V., Cuzov A.A. and Corchunov A.A. 2016.** Innovative biotechnology for obtaining biologically pure aquatic culture products in a modular closed water supply system. *Natural sciences*, 3: 41–48. [In Russian]. <https://doi.org/10.18522/0321-3005-2016-3-41-48>
- Ryzhkova S.M. and Cruchinina V.M. 2020.** Trends in the consumption of fish and products of its processing in Russia. *Bulletin of the Voronezh State University*, 82(2): 181–189. [In Russian]. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-181-189>
- Sarker M.Z.I., Selamat J. and Jaffri J.M. 2012.** Optimization of supercritical CO<sub>2</sub> extraction of fish oil from viscera of African catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Molecular Sciences*, 13(9): 11312–11322. <https://doi.org/10.3390/ijms130911312>
- Vasilyeva O.B., Nazarova M.A. and Nemova N.N. 2017.** Seasonal dynamics of the composition of fatty acids in the tissues of the *Parasalmo mykiss* rainbow trout cultivated on various feeds. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo universita*, 6(167): 12–20. [In Russian].
- Rubio-Rodríguez N. Diego S.M. de, Beltrán S., Jaime I., Sanz M.T. and Rovira J. 2012.** Supercritical fluid extraction of fish oil from fish by-products. A comparison with other extraction methods. *Journal of Food Engineering*, 109: 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.011>
- Tsuladze V.L. 1990.** Basin method of salmon fish cultivation: on the example of rainbow trout. Agropromizdat, Moscow, 156 p. [In Russian].
- Vasilyeva O.B., Nazarova M.A., Ripatti P.O., and Nemova N.N. 2015.** The effect of compound feeds of various compositions on the growth processes of rainbow trout *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792). *Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 11: 99–108. [In Russian]. <https://doi.org/10.17076/eb245>