

Научная статья  
УДК 639.3.043.2  
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-90-96>  
EDN TJUBVB

## **Сравнительный анализ жирнокислотного состава мышечной ткани радужной форели различного происхождения**

***Анна Александровна Бахарева<sup>1</sup>, Ольга Дмитриевна Сергазиева<sup>2</sup>✉, Кристина Викторовна Колояниди<sup>3</sup>, Антон Алексеевич Кузов<sup>4</sup>***

<sup>1, 2</sup>*Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия, o.sergazieva@yandex.ru*✉

<sup>3</sup>*Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия*

<sup>4</sup>*Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, Россия*

**Аннотация.** Представлен сравнительный анализ жирнокислотного состава мышечной ткани радужной форели, выращенной в условиях рыбоводного хозяйства Турции и России (Республика Северная Осетия) с использованием российского комбикорма. Оценивалось общее содержание жира и профиль полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Анализ жирнокислотного состава мышечной ткани форели показал, что образец производства Турции содержит в 1,25 раза больше докозагексаеновой кислоты, в то время как российский образец – в 1,22 раза больше эйкозапентаеновой кислоты. По суммарному содержанию этих жирных кислот турецкая форель превосходит российскую незначительно. Таким образом, оба продукта являются сопоставимыми по общей пищевой ценности в контексте омега-3 ПНЖК, но имеют разную функциональную направленность. Результаты свидетельствуют о прямой зависимости пищевой ценности рыбы от состава кормов и указывают на необходимость оптимизации рецептур российских кормов для повышения их конкурентоспособности. Комбикорм для форели содержит смесь рыбьего жира и рапсового масла, которое отличается высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот – до 90 %, при этом доля линоленовой кислоты может достигать 12 %. Полиненасыщенные жирные кислоты семейства омега-6 в комбикорме представлены преимущественно линолевой и арахидоновой кислотами. Доля линолевой кислоты достигает 96,8 %. Суммарное содержание докозапентаеновой, докозагексаеновой и эйкозапентаеновой жирных кислот составило 16,8 %. Этот показатель несколько уступает рекомендованному уровню омега-3 ПНЖК в кормах для форели, который составляет 20 % от суммы всех жирных кислот. Для оптимизации жирнокислотного профиля рыбной продукции российским производителям кормов целесообразно рассмотреть возможность включения в рецептуры, кроме традиционных источников незаменимых ПНЖК, таких как рыбий жир и растительные масла, и современных высокоэффективных кормовых добавок из микроводорослей.

**Ключевые слова:** радужная форель, жирнокислотный состав, полиненасыщенные жирные кислоты, комбикорм, омега-3, омега-6

**Для цитирования:** Бахарева А. А., Сергазиева О. Д., Колояниди К. В., Кузов А. А. Сравнительный анализ жирнокислотного состава мышечной ткани радужной форели различного происхождения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2026. № 2. С. 90–96. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-90-96>. EDN TJUBVB.

Original article

## **Comparative analysis of fatty acid composition of rainbow trout muscle tissue of various origins**

***Anna A. Bakhareva<sup>1</sup>, Olga D. Sergazieva<sup>2</sup>✉, Kristina V. Koloyanidi<sup>3</sup>, Anton A. Kuzov<sup>4</sup>***

<sup>1, 2</sup>*K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University), Moscow, Russia, o.sergazieva@yandex.ru*✉

<sup>3</sup>*Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia*

<sup>4</sup>*Federal Research Center the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia*

**Abstract.** A comparative analysis of the fatty acid composition of the muscle tissue of rainbow trout grown in fish farming conditions in Turkey and Russia (Republic of North Ossetia) using Russian mixed feed is presented. The total fat content and polyunsaturated fatty acid (PUFA) profile were evaluated. Analysis of the fatty acid composition of trout muscle tissue showed that the Turkish sample contains 1.25 times more docosahexaenoic acid, while the Russian sample contains 1.22 times more eicosapentaenoic acid. In terms of the total content of these fatty acids, Turkish trout slightly surpasses Russian trout. Thus, both products are comparable in terms of total nutritional value in the context of omega-3 PUFA, but have different functional orientation. The results indicate a direct dependence of the nutritional value of fish on the composition of feed and indicate the need to optimize the formulations of Russian feed to increase their competitiveness. Mixed feed for trout contains a mixture of fish oil and rapeseed oil, which is characterized by a high content of unsaturated fatty acids – up to 90%, while the proportion of linolenic acid can reach 12%. Polyunsaturated fatty acids of the omega-6 family in animal feed are mainly represented by linoleic acid and arachidonic acid. The proportion of linoleic acid reaches 96.8%. The total content of docosapentaenoic, docosahexaenoic and eicosapentaenoic fatty acids was 16.8%. This indicator is slightly lower than the recommended level of omega-3 PUFA in trout feed, which is 20% of the total of all fatty acids. To optimize the fatty acid profile of fish products, it is advisable for Russian feed manufacturers to consider the possibility of including in their formulations, in addition to traditional sources of essential PUFA, such as fish oil and vegetable oils, and modern highly effective feed additives from microalgae.

**Keywords:** rainbow trout, fatty acid composition, polyunsaturated fatty acids, compound feed, omega-3, omega-6

**For citation:** Bakhareva A. A., Sergazieva O. D., Koloyanidi K. V., Kuzov A. A. Comparative analysis of fatty acid composition of rainbow trout muscle tissue of various origins. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. 2026;2:90-96.* (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-90-96>. EDN TJUBVB.

### Введение

Радужная форель является одним из ключевых объектов мировой аквакультуры. Ее ценность обусловлена высоким темпом роста, экологической пластичностью к условиям внешней среды и превосходными вкусовыми качествами, что обеспечивает стабильный потребительский спрос. Пищевая ценность форели, как и других лососевых рыб, во многом определяется содержанием и составом липидов в тканях, в частности полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейства омега-3. Отмечено их положительное влияние на функции мозга, сердечно-сосудистую систему, нейродегенеративные заболевания. Данная группа жирных кислот помогает организму бороться с инфекциями и оказывает профилактическое влияние на иммунодефицит, аутоиммунные заболевания, число которых в последнее время неуклонно растет.

Омега-6 жирные кислоты способствуют процессу снижения уровня холестерина, сужению сосудов, свертыванию крови. Если омега-3 жирные кислоты обладают противовоспалительным действием, то омега-6, наоборот, способствует воспалительным процессам. При насыщении организма омега-6 (арахионовая кислота) формируются тканевые гормоны с преобразованием в свободные радикалы, которые атакуют собственные клетки организма, и возникает воспаление.

Длинноцепочечные омега-3 ПНЖК признаны эссенциальными для человека. В отличие от рыбы, организм человека обладает крайне низкой эффективностью преобразования растительной альфа-линоленовой кислоты (АЛК, 18:3 ω3) в эйкозапентаеновую (ЭПК) и докозагексаеновую (ДГК). Соотношение ЭПК и ДГК в составе омега-3 ПНЖК имеет ключевое значение для достижения терапевтического эффекта в зависимости от цели приме-

нения, поэтому прямое потребление рыбы, богатой этими кислотами, является наиболее эффективным способом удовлетворения физиологических потребностей.

Основными тканями для запаса липидов у лососевых рыб являются мышцы и внутренний жир, в которых присутствуют насыщенные, мононенасыщенные и ПНЖК. Их распределение и накопление зависят от состава корма.

Организм рыбы не способен самостоятельно синтезировать длинноцепочечные ПНЖК, в том числе ЭПК, 20:5 ω3, и ДГК, 22:6 ω3, что обуславливает их обязательное наличие в составе комбикормов. Они критически важны при формировании клеточных мембран, развитии нервной системы и органов зрения, а также в регуляции иммунного ответа. Недостаток этих кислот в рационе приводит к замедлению роста, снижению выживаемости и повышению восприимчивости к заболеваниям [1].

Поскольку рыбы, выращиваемые в условиях аквакультуры, не имеют доступа к естественной кормовой базе, их жирнокислотный профиль почти полностью зависит от состава используемых кормов. Потребность лососевых рыб в омега-3 жирных кислотах составляет 0,5–1,0 % от суточного рациона [2].

Частичная или полная замена рыбьего жира растительным также неблагоприятно изменяет жирнокислотный состав мышечной ткани у многих видов рыб. Высокое процентное содержание растительных жиров в кормах аквакультуры изменяет жирнокислотный состав мышечных тканей рыб, в частности снижает содержание омега-3 [3].

В последнее время содержание ЭПК и ДГК в филе выращиваемых рыб значительно снизилось, что обусловлено увеличением концентрации растительных жиров в составе корма. Согласно исследованиям, содержание ПНЖК омега-3 в тканях лосося

снизилось более чем в 2 раза – с 1,9 до 3,9 г на 100 г массы. Данную тенденцию связывают с увеличением количества растительного белка и жира в составе применяемых в лососеводстве кормов [4].

Таким образом, определяющим условием для достижения высокого качества рыболовной продукции лососеводства является комплексная оптимизация кормовых рецептов не только по балансированию пула аминокислот, но и целенаправленная коррекция жирнокислотного состава с акцентом на ПНЖК семейства омега-3.

Целью исследования является сравнительная оценка жирнокислотного состава мышечной ткани радужной форели, выращенной в условиях рыболовных хозяйств Турции и России (Республика Северная Осетия). На основе выявленных различий и преимуществ предполагается определить направление корректировки рецептуры комбикормов для российской продукции с целью обогащения незаменимыми ПНЖК.

#### Материалы и методы

Для проведения исследований были отобраны образцы радужной форели производства Турции и форели, выращенной в Российской Федерации Республике Северная Осетия. При товарном выращивании форели на предприятии Северной Осетии использовали экструдированные корма отечественного производителя.

Объектом исследования послужили образцы мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*):

- форель радужная потрошенная охлажденная, производство Россия;
- форель радужная потрошенная охлажденная, производство Турция.

Для проведения анализа из средней части филе каждого образца были взяты пробы мышечной ткани. Перед экстракцией липидов образцы гомогенизировали.

Определение химического состава тканей рыб комбикорма:

– массовую долю сырого протеина определяли по ГОСТ 7636-85 с использованием метода Кьельдаля;

– определение массовой доли сырого жира проводили по ГОСТ 7636-85 с использованием метода Сокслета;

– определение общего содержания жира и жирнокислотного состава липидов проводили методом капиллярной газовой хроматографии. Подготовка проб для анализа, включая экстракцию липидов из исследуемых образцов и получение метиловых эфиров жирных кислот (метилование), осуществляли в соответствии с процедурами, описанными в ГОСТ 31754-2012 «Масла растительные, жиры животные и продукты их переработки. Определение состава жирных кислот методом газовой хроматографии»;

– газохроматографический анализ метиловых эфиров жирных кислот проводили на хроматографе Кристаллюкс-4000М с пламенно-ионизационным детектором с использованием капиллярной колонки Zebron ZB-WAX plus (60 м × 0,25 мм × 0,25 мкм). Идентификацию жирных кислот проводили путем сравнения времен удерживания пиков метиловых эфиров жирных кислот в исследуемых пробах со временами удерживания пиков в стандартных смесях. Расчет массовой доли жирных кислот проводили методом внутренней нормализации по площадям пиков.

Все измерения проводили в трехкратной повторности. Полученные данные были обработаны с использованием стандартных методов математической статистики.

#### Результаты исследования

Проведенное исследование выявило различия в содержании липидов и незначительные расхождения в содержании белка в образцах форели из Турции и России. В табл. 1 представлен химический состав мышечной ткани радужной форели.

Таблица 1

Table 1

#### Пищевая ценность мышечной ткани радужной форели разных производителей

##### Nutritional value of rainbow trout muscle tissue from different producers

Показатель питательности	Производитель	
	Турция	Россия (Северная Осетия)
Сырой протеин, %	19,96 ± 0,21	19,3 ± 0,18
Сырой жир, %	24,2 ± 0,35	21,7 ± 0,29

Образец турецкого происхождения продемонстрировал более высокое содержание жира (24,2 %) по сравнению с российским (21,7 %), в то время как содержание белка оставалось на сопоставимом уровне (19,96 и 19,3 % соответственно).

Повышенное содержание жира в турецкой форели делает ее более калорийным продуктом. Однако ключевым вопросом для исследования является не столько общее количество жира, сколько его качественный состав, а именно профиль жирных кис-

лот. Высокое содержание липидов потенциально означает и более высокое абсолютное содержание ценных омега-3 ПНЖК (ЭПК и ДГК). Был проведен

анализ жирнокислотного состава мышечной ткани образцов (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

**Жирнокислотный состав мышечных тканей радужной форели разных производителей**  
**Fatty acid composition of muscle tissues of rainbow trout from different manufacturers**

Жирные кислоты	Производитель	
	Турция	Россия
Семейство ω-3 (основные кислоты)		
C18:3 ω3 Альфа-линоленовая, % от суммы жирных кислот	4,47 ± 0,21	4,26 ± 0,18
C20:5 ω3 Эйкозапентаеновая (ЭПК), % от суммы жирных кислот	1,91 ± 0,12	2,34 ± 0,15
C22:6 ω3 Докозагексаеновая (ДГК), % от суммы жирных кислот	6,29 ± 0,33	5,04 ± 0,25
C22:5 ω3 Докозапентаеновая, % от суммы жирных кислот	1,27 ± 0,11	1,07 ± 0,09
Семейство ω-6 (основные кислоты)		
C18:2 ω6 Линолевая, % от суммы жирных кислот	14,53 ± 0,76	15,57 ± 0,81
C20:4 ω6 Арахидоновая, % от суммы жирных кислот АРК	0,62 ± 0,05	0,3 ± 0,03
ПНЖК, % от суммы жирных кислот	31,71 ± 1,15	30,19 ± 1,05
Суммарное содержание ЭПК и ДГК, % от суммы жирных кислот	8,2 ± 0,45	7,39 ± 0,38

Результаты исследования показали различия как в общем содержании жира, так и в профиле ПНЖК между двумя группами образцов.

Повышенный уровень линолевой кислоты (15,57 %) в форели российского производства может свидетельствовать о более широком использовании растительных масел в составе комбикормов, что позволяет снизить их себестоимость. При этом избыток омега-6 кислот может конкурировать с омега-3 за метаболические ферменты в организме человека, снижая их общую пользу [5]. В свою очередь, более высокое содержание арахидоновой кислоты (0,62 %) в образце производства Турции является дополнительным маркером активного включения в рацион компонентов морского происхождения, что обеспечивает более сбалансированный жирнокислотный профиль, близкий к природному [6].

Форель турецкого производства демонстрирует более высокое содержание ДГК 22:6 ω3 – 6,29 %, по сравнению с 5,04 % у российской. В то же время рыба производства России содержит больше ЭПК 20:5 ω3 – 2,34 против 1,91 % у турецкой.

По показателю пищевой ценности для человека, суммарному содержанию ЭПК и ДГК турецкая форель несколько превосходит российскую (8,2 против 7,39 %), т. е. рацион турецкой форели более обогащен источниками с высоким содержанием ДГК.

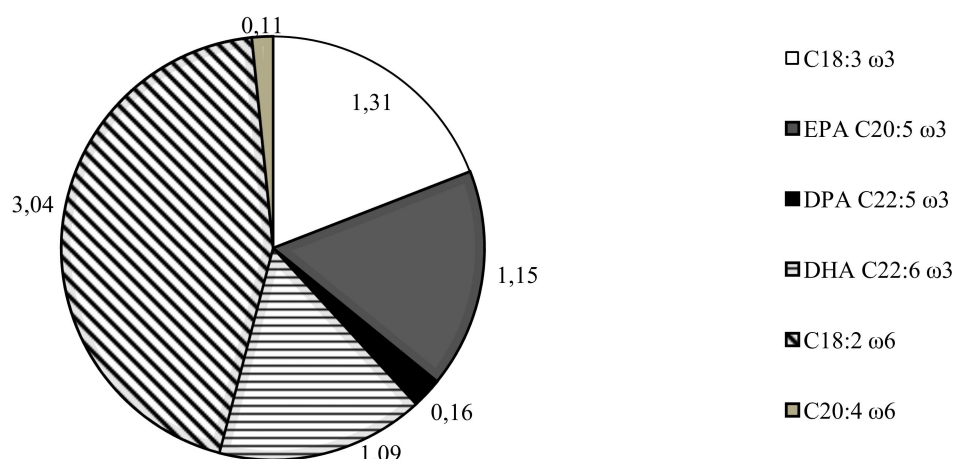
Таким образом, анализ жирнокислотного состава показал, что образец форели производства Турции содержит в 1,25 раза больше ДГК, в то время как российский образец – в 1,22 раза больше ЭПК. Несмотря на эти различия, по суммарному содер-

жанию ЭПК и ДГК турецкая форель превосходит российскую незначительно. Оба продукта являются сопоставимыми по общей пищевой ценности в контексте омега-3 ПНЖК, но имеют разную функциональную направленность из-за смещения баланса [7]. Образец производства Турции предлагает профиль, более близкий к составу дикой рыбы, с акцентом на ДГК, в то время как российский – с преобладанием ЭПК и повышенным уровнем омега-6.

По данным статистики, население в большей степени с пищей получают омега-6 жирные кислоты при недостатке кислот омега-3, что приводит к их дисбалансу в организме. Повышение пищевой ценности мяса радужной форели российского производства возможно при более тщательной балансировке рецептов комбикормов по составу жирных кислот. При этом дефицит эссенциальных жирных кислот возможно восполнить за счет увеличения содержания АЛК C18:3 ω3 в составе корма. Данная кислота в организме форели преобразуется в ПНЖК омега-3, такие как ЭПК и ДГК [8].

Комбикорм для форели содержит смесь рыбьего жира и рапсового масла. Последнее отличается высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот – до 90 % [9], при этом доля линоленовой кислоты может достигать 12 %. Линоленовая кислота, в свою очередь, является предшественником ЭПК и ДГК. Учитывая это, замена части рыбьего жира в кормах для форели на рапсовое масло является вполне обоснованной.

Результаты анализа состава ПНЖК комбикорма для форели представлен на рис.



Содержание ПНЖК в комбикорме для форели, %  
 PUFA content in compound mixed feed for trout, %

При замене рыбьего жира на 12 % рапсового масла в жирнокислотном профиле комбикорма содержание насыщенных жирных кислот (НЖК) составило 2,98 %. Уровень ненасыщенных жирных кислот достиг 19,71 %, из которых на долю мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) пришлось 12,75 %. Среди МНЖК доминировала олеиновая кислота (9,65 % от суммы МНЖК). Участвуя в энергетическом обмене, олеиновая кислота компенсирует недостаток ПНЖК [10]. Полиненасыщенные жирные кислоты в комбикорме представлены преимущественно линолевой (C18:2 ω6) и арахидоновой (C20:4 ω6) кислотами. Доля линолевой кислоты достигает 96,8 % среди всех ПНЖК семейства омега-6. Суммарное содержание жирных кислот омега-3 – докозапентаеновой C22:5 ω3, ДГК C22:6 ω3 и ЭПК C20:5 ω3 – составило 16,8 %. Этот показатель несколько уступает рекомендованному уровню омега-3 ПНЖК в кормах для форели, который составляет 20 % от суммы всех жирных кислот [2, 11].

Растительные масла, как правило, содержат омега-6 незаменимые ПНЖК, а омега-3 – либо в крайне малых количествах, либо не содержатся вовсе. Это обуславливает необходимость корректировки жирнокислотного профиля за счет компонентов с высоким содержанием этих кислот. Для оптимизации жирнокислотного профиля российским производителям кормов целесообразно рассмотреть возможность включения в рецептуры не только рыбьего жира и растительного масла, но и современных высокоэффективных источников незаменимых ПНЖК из микроводорослей [12]. Такой подход позволит

не только увеличить содержание этих жирных кислот в кормах, но и обеспечить высокую пищевую ценность продукции аквакультуры.

#### Заключение

В ходе исследования установлено, что образцы мяса радужной форели турецкого и российского производства различаются по содержанию жира и профилю жирных кислот при сопоставимом уровне белка. Турецкий образец характеризуется более высоким содержанием жира (24,2 %) и повышенным содержанием докозагексаеновой кислоты, что приближает его жирнокислотный состав к дикой рыбе. Российский образец (21,7 % жира) отличается более высоким уровнем эйкозапентаеновой кислоты и повышенным содержанием линолевой кислоты.

По содержанию ПНЖК оба образца демонстрируют сопоставимые показатели, что позволяет считать их равноценными с точки зрения общей пищевой ценности. Однако различия в балансе жирных кислот обуславливают разную функциональную направленность: в российском образце более высокое содержание омега-6. Учитывая сложившийся в питании населения дисбаланс в пользу омега-6 жирных кислот, актуальной задачей является оптимизация жирнокислотного состава мяса российской форели. Перспективным направлением представляется коррекция рецептуры комбикормов, а именно частичная замена рыбьего жира рапсовым и дополнительное обогащение кормов современными источниками незаменимых ПНЖК, в том числе из микроводорослей.

#### Список источников

1. Махутова О. Н., Гладышев М. И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты в физиологии и метаболизме рыб и человека: значение, потребности, источники // Рос. физиолог. журн. им. И. М. Сеченова. 2020. Т. 106.

№ 5. С. 601–621.

2. Остроумова И. Н. Биологические основы кормления рыб. СПб.: ГосНИОРХ, 2012. 564 с.

3. Dernekbaşı S., Akyüz A. P., Karayücel İ. Effects of

total replacement of dietary fish oil by vegetable oils on growth performance, nutritional quality and fatty acid profiles of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at optimum and high temperature conditions // *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. 2021. V. 38. N. 2. P. 237–246.

4. Гладышев М. И. Наземные источники полиненасыщенных жирных кислот для аквакультуры // *Вопр. ихтиологии*. 2021. Т. 61. № 4. С. 471–485.

5. Плотникова Е. Ю., Синькова М. Н., Исаков Л. К. Роль омега-3 ненасыщенных кислот в профилактике и лечении различных заболеваний // *Лечащий врач*. 2018. № 8. С. 56.

6. Leyton T. P., Marin S., Castillo S., Sanchez R., Collipal R., Madrid J., Farias A. Long-term substitution of fish oil with alternative sources in atlantic salmon (*Salmo salar*): performance, health, and consumer appeal. URL: <https://www.researchgate.net/> (дата обращения: 10.03.2026).

7. Koskela J., Heidi Leskinen. The effect of gradual addition of camelina seeds in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on growth, feed efficiency and meat quality // *Aquaculture Research*. 2021. V. 52. N. 10. P. 4681–4692.

8. Биндюков С. В., Бурлаченко И. В., Артемов Р. В., Гершунская В. В., Арнаутков М. В., Терпугова Н. Ю.

Особенности липидного обмена радужной форели при выращивании на комбикормах с различным соотношением полиненасыщенных жирных кислот // *Тр. ВНИРО*. 2025. Т. 200. С. 117–130.

9. Тютюнников Б. Н., Бухштаб З. И., Гладких Ф. Ф., Мельник А. П. *Химия жиров*. М.: Колос, 1992. 448 с.

10. Остроумова И. Н., Лукина Ю. Н., Лютиков А. А., Шумилина А. К. Изменения в спектре жирнокислотного состава при перекисном окислении липидов сиговых рыб (Coregonidae) из естественных водоемов и аквакультуры // *Вопр. рыболовства*. 2024. Т. 25. № 2. С. 89–104.

11. Назарова М. А. Липидный состав ткани радужной форели *Parasalmo mykiss* (Valbaum, 1992), выращенной на различных комбикормах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2014. 23 с.

12. Di Peng, Xinyao Zhang, Fengyue Zhu, Hua Wen, Lixue Dong, Juan Tian, Jianmin Zhang, Changgeng Yang, Jiangrong Xiao, Xinbin Duan, Ming Jiang. Schizochytrium sp. can improve feed utilization, fillet DHA content, and non-specific immunity of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed fish oil free diet // *Journal of Applied Phycology*. 2024. V. 36. N. 6. P. 3341–3352.

## References

1. Mahutova O. N., Gladyshev M. I. Nezamenimye polinenasyshchennyye zhirnyye kisloty v fiziologii i metabolizme ryb i cheloveka: znachenie, potrebnosti, istochniki [Essential polyunsaturated fatty acids in the physiology and metabolism of fish and humans: significance, needs, sources]. *Rossiyskiy fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova*, 2020, vol. 106, no. 5, pp. 601–621.

2. Ostroumova I. N. *Biologicheskie osnovy kormleniya ryb* [Biological basis of fish feeding]. Saint Petersburg, GosNIORH, 2012. 564 p.

3. Dernekbaşı S., Akyüz A. P., Karayücel İ. Effects of total replacement of dietary fish oil by vegetable oils on growth performance, nutritional quality and fatty acid profiles of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at optimum and high temperature conditions. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 2021, vol. 38, no. 2, pp. 237–246.

4. Gladyshev M. I. Nazemnyye istochniki polinenasyshchennykh zhirnykh kislot dlya akvakul'tury [Terrestrial sources of polyunsaturated fatty acids for aquaculture]. *Voprosy ihtologii*, 2021, vol. 61, no. 4, pp. 471–485.

5. Plotnikova E. Yr., Sin'kova M. N., Isakov L. K. Rol' omega-3 nenasasyshchennykh kislot v profilaktike i lechenii razlichnykh zabozevanij [The role of omega-3 unsaturated acids in the prevention and treatment of various diseases]. *Lechashchij vrach*, 2018, no. 8, p. 56.

6. Leyton T. P., Marin S., Castillo S., Sanchez R., Collipal R., Madrid J., Farias A. Long-term substitution of fish oil with alternative sources in atlantic salmon (*Salmo salar*): performance, health, and consumer appeal. Available at: <https://www.researchgate.net/> (accessed: 10.03.2026).

7. Koskela J., Heidi Leskinen. The effect of gradual addition of camelina seeds in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on growth, feed efficiency and meat quality. *Aquaculture Research*, 2021, vol. 52, no. 10, pp. 4681–4692.

8. Bindyukov S. V., Burlachenko I. V., Artemov R. V., Gershunskaya V. V., Arnautov M. V., Terpugova N. Yu. Osobennosti lipidnogo obmena raduzhnoj foreli pri vyrashchivanii na kombikormah s razlichnym sootnosheniem polinenasyshchennykh zhirnykh kislot [Features of lipid metabolism in rainbow trout when grown on compound feeds with different ratios of polyunsaturated fatty acids]. *Trudy VNIRO*, 2025, vol. 200, pp. 117–130.

9. Tyutyunnikov B. N., Buhstah Z. I., Gladkih F. F., Mel'nik A. P. *Himiya zhirov* [Fat Chemistry]. Moscow, Kolos Publ., 1992. 448 p.

10. Ostroumova I. N., Lukina Yu. N., Lyutikov A. A., Shumilina A. K. Izmeneniya v spektre zhirnokislотного sostava pri perekisnom okislenii lipidov sigovykh ryb (Coregonidae) iz estestvennykh vodoemov i akvakul'tury [Changes in the spectrum of fatty acid composition during lipid peroxidation of whitefish (Coregonidae) from natural reservoirs and aquaculture]. *Voprosy rybolovstva*, 2024, vol. 25, no. 2, pp. 89–104.

11. Nazarova M. A. *Lipidnyj sostav tkani raduzhnoj foreli Parasalmo mykiss* (Valbaum, 1992), vyrashchennoj na razlichnykh kombikormah. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk [Lipid composition of the tissue of rainbow trout *Parasalmo mykiss* (Valbaum, 1992), grown on various combination feeds. Abstract of the dissertation. ... kand. biol. sciences]. Petrozavodsk, 2014. 23 p.

12. Di Peng, Xinyao Zhang, Fengyue Zhu, Hua Wen, Lixue Dong, Juan Tian, Jianmin Zhang, Changgeng Yang, Jiangrong Xiao, Xinbin Duan, Ming Jiang. Schizochytrium sp. can improve feed utilization, fillet DHA content, and non-specific immunity of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed fish oil free diet. *Journal of Applied Phycology*, 2024, vol. 36, no. 6, pp. 3341–3352.

Статья поступила в редакцию 18.03.2026; одобрена после рецензирования 06.05.2026; принята к публикации 29.05.2026  
The article was submitted 18.03.2026; approved after reviewing 06.05.2026; accepted for publication 29.05.2026

**Информация об авторах / Information about the authors**

**Анна Александровна Бахарева** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент; профессор факультета биотехнологии и рыбного хозяйства; Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); bahareva.anya@yandex.ru

**Ольга Дмитриевна Сергазиева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; доцент факультета биотехнологии и рыбного хозяйства; Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); o.sergazieva@yandex.ru

**Кристина Викторовна Коляниди** – аспирант кафедры аквакультуры и водных биоресурсов; Астраханский государственный технический университет; voatiK@yandex.ru

**Антон Алексеевич Кузов** – младший научный сотрудник отдела водных биологических ресурсов бассейнов южных морей; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; anton-kuzov@yandex.ru

**Anna A. Bakhareva** – Doctor of Agricultural Sciences, Assistant Professor; Professor of the Faculty of Biotechnology and Fisheries; K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University); bahareva.anya@yandex.ru

**Olga D. Sergazieva** – Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Faculty of Biotechnology and Fisheries; K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University); o.sergazieva@yandex.ru

**Kristina V. Koloyanidi** – Postgraduate Student of the Department of Aquaculture and Water Bioresources; Astrakhan State Technical University; voatiK@yandex.ru

**Anton A. Kuzov** – Junior Researcher of the Department of Aquatic Biological Resources of the South Seas Basins; Federal Research Center The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; anton-kuzov@yandex.ru

